

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

**DICAM - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA,
AMBIENTALE E DEI MATERIALI**

TESI DI LAUREA

in

Tecnica delle Costruzioni

**ANALISI DI VULNERABILITA' SISMICA DI UN
EDIFICIO SCOLASTICO NELLA PROVINCIA DI
BOLOGNA**

**CANDIDATO
Tommaso Remo**

**RELATORE
Prof. Claudio Mazzotti**

**CORRELATORE
Ing. Marco Bovo**

Anno Accademico 2012/2013

Sessione di Laurea: II

INDICE

INDICE	2
1 INTRODUZIONE.....	6
2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	7
3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	8
3.1. Le caratteristiche geometriche e meccaniche delle membrature strutturali	9
3.2. Elementi di vulnerabilità sismica	10
4 LA CONOSCENZA DELL'EDIFICIO	12
4.1. Sopralluoghi e rilievo geometrico di massima	13
4.2. Reperimento della documentazione disponibile.....	18
4.3. Analisi della relazione di calcolo del fabbricato "Aule Normali".....	18
4.3.1. Solai.....	19
4.3.2. Travi	20
4.3.3. Pilastri	21
4.4. Analisi delle tavole delle opere di fondazione	23
4.5. Commenti alla documentazione disponibile	27
4.5.1. Travi	27
4.5.2. Solai.....	28
4.5.3. Pilastri	29
4.6. Determinazione dei fattori di confidenza	30
4.7. Caratterizzazione meccanica dei materiali	31
4.7.1. Ferro da armatura	32
4.7.2. Calcestruzzo	35
5 VALUTAZIONE DEI CARICHI GRAVITAZIONALI	38
6 VALUTAZIONE DELLA DOMANDA SISMICA	40
6.1. Pericolosità sismica del sito	40
6.2. Spettri di riferimento	43
6.2.1. Spettro per le verifiche dei meccanismi duttili.....	44
6.2.2. Spettro per le verifiche dei meccanismi fragili.....	44
7 COMBINAZIONI DI CARICO.....	45
7.1. Combinazione statiche alle tensioni ammissibili	45
7.2. Combinazione statiche agli SLE	45
7.3. Combinazione statiche agli SLU.....	46
7.4. Combinazione per la valutazione delle masse sismiche.....	46
8 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	47
8.1. Implementazione dei carichi statici.....	50
8.2. Implementazione degli spettri	50
8.3. Implementazione dei coefficienti parziali	51

8.4.	Modalità di analisi statica.....	52
8.5.	Modalità di analisi sismica.....	53
8.5.1.	Analisi del tipo “Natural Frequency”.....	53
8.5.2.	Analisi del tipo “Spectral Response”.....	54
9	PROCEDURA PER LA STIMA DELL’ACCELERAZIONE DI COLLASSO.....	55
9.1.	Considerazioni sulle scelte fatte e sugli obiettivi.....	55
9.2.	Procedura di calcolo.....	55
9.3.	Formule di verifica adottate.....	57
9.3.1.	Verifiche a pressoflessione semplice.....	57
9.3.2.	Verifiche a pressoflessione deviata.....	58
9.3.3.	Verifiche a taglio.....	59
9.5.	Comportamento dinamico della struttura.....	62
9.5.1.	Primo modo di vibrare (1,43 Hz).....	64
9.5.2.	Secondo modo di vibrare (1,50 Hz).....	65
9.5.3.	Terzo modo di vibrare (1,75 Hz).....	66
9.5.4.	Quarto modo di vibrare (4,22 Hz).....	67
9.5.5.	Quinto modo di vibrare (4,49 Hz).....	67
10	RISULTATI DELL’ANALISI DI VULNERABILITA’.....	68
10.1.	Vulnerabilità sismica: meccanismi duttili.....	68
10.1.1.	Verifiche a pressoflessione deviata: Spettro non ridotto ($\alpha = 1$).....	69
10.1.2.	Verifiche a pressoflessione deviata: Spettro ridotto ($\alpha = 0,3$).....	71
10.1.3.	Verifiche a pressoflessione deviata: Spettro ridotto ($\alpha = 0,2$).....	73
10.2.	Vulnerabilità sismica: meccanismi fragili.....	75
10.2.1.	Verifiche a taglio: Spettro non ridotto ($\alpha = 1$).....	75
10.2.2.	Verifiche a taglio: Spettro ridotto ($\alpha = 0,3$).....	79
10.2.3.	Verifiche a taglio: Spettro ridotto ($\alpha = 0,16$).....	82
10.3.	Stima delle accelerazioni di collasso.....	86
11	CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI COL METODO SPEDITIVO “RESISTO”.....	87
11.1.1.	Materiali e geometrie.....	87
11.1.2.	Masse considerate nel calcolo.....	88
11.1.3.	Spettri utilizzati.....	89
12	CONCLUSIONI.....	90
13	BIBLIOGRAFIA.....	91
14	Allegato A: Verifiche Sismiche.....	92
14.1.	Verifiche a pressoflessione deviata: $\alpha = 1$	92
14.1.1.	Piano Interrato.....	92
14.1.2.	Piano Terra.....	93
14.1.3.	Piano Primo.....	94
14.2.	Verifiche a pressoflessione deviata: $\alpha = 0,2$	95

14.2.1.	Piano Interrato	95
14.2.2.	Piano Terra	96
14.2.3.	Piano Primo	97
14.3.	Verifiche a Taglio: $\alpha = 1$	98
14.3.1.	Piano Interrato	98
14.3.2.	Piano Terra	99
14.3.3.	Piano Primo	100
14.4.	Verifiche a Taglio: $\alpha = 0,16$	101
14.4.1.	Piano Interrato	101
14.4.2.	Piano Terra	102
14.4.3.	Piano Primo	103
15	Allegato B: Calcoli statici delle principali strutture	104
15.1.	Calcolo dei solai	104
15.2.	Calcolo delle travi e dei pilastri	112
15.2.1.	Trave 12-13-14-15-16-17-18	112
15.2.2.	Pilastro n.14	113
15.2.3.	Trave 52-49-46-43	120
15.2.4.	Pilastro n.46	122
15.2.5.	Trave 43-40-38	127
15.2.6.	Pilastro n. 40	129
15.3.	Calcolo delle fondazioni dei pali	135
15.3.1.	Plinto del Pilastro n. 21	136
15.3.2.	Plinto del Pilastro n. 14	138
15.3.3.	Plinto del Pilastro n. 2	140
15.3.4.	Plinto del Pilastro n. 9	142
15.3.5.	Plinto del Pilastro n. 5 (Scala Nord)	144
15.3.6.	Plinto del Pilastro n. 18	145
15.3.7.	Plinto del Pilastro n. 40	147
15.3.8.	Plinto del Pilastro n. 41	149
15.3.9.	Plinto del Pilastro n. 46	151
15.3.10.	Plinto del Pilastro n. 45	153
16	Allegato C: Tavola Planimetria Fondazioni	157
16.1.	Planimetria Generale	161
16.2.	Particolare: Gruppo 27-33, 32-37	162
16.3.	Particolare: Plinti Accoppiati 14'-15'	162
16.4.	Particolare: Plinti Accoppiati 14-15	163
16.5.	Particolare: Plinti Accoppiati 13-16	164
16.6.	Particolare: Plinti Accoppiati 12-17	165
16.7.	Particolare: Pilastro 17	166

16.8.	Particolare: Plinti Accoppiati 8-25	167
16.9.	Particolare: Gruppo 9-10-19-20-21-22-23-24	168
16.10.	Particolare: Travata 20-24	169
16.11.	Particolare: Gruppo 28-29-30-31-32-37	170
16.12.	Particolare: Travata 54-57	171
16.13.	Particolare: Gruppo 58-61-62-62'	172

1 INTRODUZIONE

Formano oggetto della presente relazione la descrizione della metodologia e dei principali calcoli svolti per la valutazione della vulnerabilità sismica del Liceo Scientifico Statale “Albert Bruce Sabin” situato in Via Matteotti, 7 a Bologna.

A seguito degli eventi sismici che hanno coinvolto l’Emilia Romagna nel maggio del 2012, tutti i complessi scolastici nell’ambito della provincia di Bologna sono stati indagati tramite una metodologia di valutazione semplificata (metodo RESISTO) in grado di definire delle priorità di intervento per quanto riguarda la sicurezza sismica degli edifici. Questa tesi è finalizzata ad ottenere, tramite una modellazione agli elementi finiti dell’edificio in oggetto, una stima più precisa della vulnerabilità sismica ed in particolare dell’accelerazione di collasso dell’edificio.



Figura 1: Complesso del Liceo Scientifico Statale “Bruce Sabin”.

2 **NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

Le analisi sono state effettuate in conformità alle seguenti normative/documenti tecnici:

- Regio Decreto-Legge 16 novembre 1939 “Norme per l’esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato”.
- Circolare n. 1472 del 23 maggio 1957 “Armatura delle strutture in cemento armato”.
- OPCM 3274/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- DPCM 12/10/2007 “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circolare Ministeriale 02/02/2009 n. 617 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 febbraio 2011 sulla valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008.
- Legge Regione Emilia Romagna del 30 ottobre 2008 n.19 e delibera di Giunta n. 1661/09.

3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il lotto è a forma rettangolare allungata e si sviluppa lungo l'asse est-ovest, adiacente a sud all'area ferroviaria, in particolare il "Passante stradale di via Serlio" e il "Camerone Salesiani". A nord il confine è in parte con proprietà condominiali private e in parte con l'Istituto Salesiano "B.V. di San Luca". Il confine con l'istituto è delimitato da un muro al di là del quale si sviluppa il fabbricato ad aule, con aperture finestrate in direzione del Liceo. Il confine ovest è interessato dal fronte principale della scuola su via Matteotti, mentre quello est è in adiacenza all'area principale destinata a sede del Museo dei Trasporti e affidata in concessione ad A.T.C.

Il complesso scolastico, costruito con Concessione n.25246/6 del 19 ottobre 1960 e oggetto di condono nel 1985, è costituito da più fabbricati disposti in sequenza lungo l'allineamento est-ovest e collegati da percorsi ora interni ora esterni coperti.

Si riporta nel seguito la descrizione dei corpi di fabbrica secondo l'ordine da ovest (via Matteotti) a est:

- un edificio principale destinato prevalentemente ad aule ed uffici amministrativi. L'edificio si articola su un totale di cinque piani di cui uno seminterrato e quattro completamente fuori terra. Il fronte sud, immediatamente adiacente all'ampliamento, presenta costoloni verticali in cls, travi intonacate e tinteggiate di color giallo, tamponamenti con blocchi uni faccia a vista, finestre a nastro con infissi in alluminio di colore nero e tapparelle color grigio-azzurro.
- un edificio a due piani fuori terra che ospita i laboratori, il corpo di collegamento ed il volume della centrale termica, tutti oggetto di demolizione in quanto caratterizzati da uno stato fessurativo diffuso e una disposizione non ottimale degli spazi.
- i fabbricati che ospitano le palestre realizzati con grandi portali in calcestruzzo a vista e tamponamenti in muratura a vista.

La presente relazione è relativa al blocco A, tale struttura è caratterizzata da forti irregolarità sia in pianta che in altezza. Essa presenta una pianta a "T" non simmetrica e si estende per 4 piani fuori terra (piano terra, piano primo, piano secondo, piano terzo). Il piano seminterrato è solidale al terreno essendo assente l'intercapedine tra la struttura ed i muri di sostegno del terreno. Il sistema resistente alle azioni verticali ed orizzontali è costituito da telai in calcestruzzo armato. Non sono presenti elementi di controventamento, come ad esempio setti di calcestruzzo armato, atti ad assorbire le azioni orizzontali: i vani scala sono costituiti da sistemi di travi e pilastri.

3.1. Le caratteristiche geometriche e meccaniche delle membrature strutturali

La valutazione della sicurezza dell'edificio in esame nei confronti dei carichi sismici è stata condotta sulla base delle prescrizioni fornite dal D.M 14/01/2008, dalla Circolare Ministeriale di applicazione del D.M 14/01/2008 n. 617 del 02/02/2009 e dalla OPCM 3274 in merito al caso di edifici esistenti in cemento armato.

La valutazione della sicurezza degli interventi per edifici esistenti comporta valutazioni necessariamente differenziate rispetto a quanto previsto per edifici di nuova progettazione. Ciò comporta necessariamente lo sviluppo di una apposita campagna conoscitiva in relazione alle caratteristiche geometriche e meccaniche della costruzione e l'utilizzo di adeguati fattori di confidenza nelle verifiche di sicurezza e nei metodi di analisi dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità delle informazioni disponibili.

Nel caso in esame, la mancanza di dati relativi alle caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali e la concorrono a definire un livello di conoscenza dell'opera classificato come LC1 (Conoscenza Limitata).

La maglia strutturale composta da travi e pilastri è stata ricavata a seguito di una campagna di rilievi atta a verificare l'attinenza tra la documentazione in possesso e lo stato di fatto dell'edificio. Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche dei materiali che caratterizzano le membrature portanti, in assenza di specifiche indagini, si è fatto riferimento alla documentazione disponibile ed alla letteratura tecnica risalente all'epoca della costruzione. Più in dettaglio le resistenze di progetto sono state valutate considerando i valori medi per i materiali identificati in situ adottando un fattore di confidenza pari a 1,35 (corrispondente al livello di conoscenza LC1) e i seguenti coefficienti di sicurezza sui materiali: $\gamma_m = 1,5$ per il calcestruzzo e $\gamma_m = 1,15$ per l'acciaio.

3.2. Elementi di vulnerabilità sismica

Nell'edificio sono presenti alcune criticità, in particolare:

- Presenza di considerevoli irregolarità in pianta e in elevazione, in seguito a restringimenti e allargamenti diffusi, con presenza di sbalzi;



- Presenza di elementi pilastri di altezza ridotta per la presenza di travi intermedie a sostegno scala e per presenza di travi rialzate dal solaio;



- Presenza al piano terra di zone a pilotis alternate a zone tamponate, questa specifica conformazione sappiamo che può essere la causa delle cosiddette “crisi di piano”.



4 LA CONOSCENZA DELL'EDIFICIO

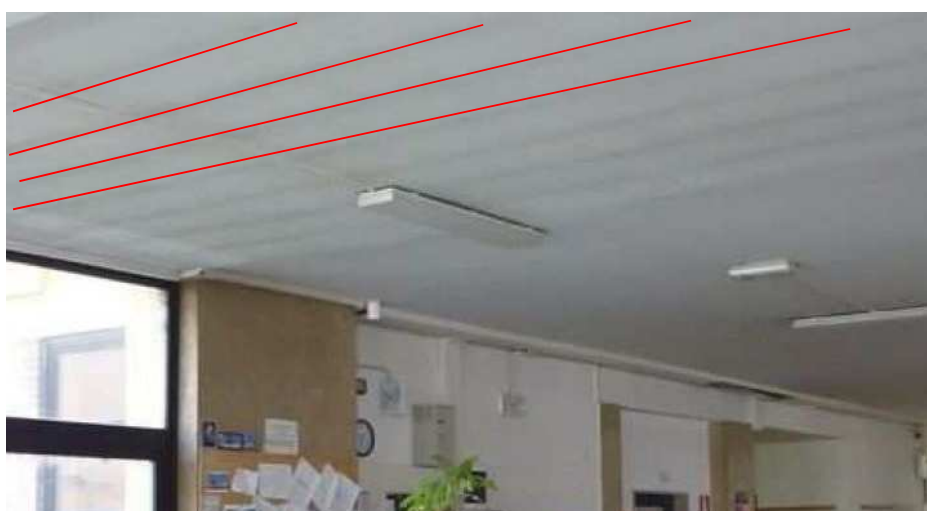
La conoscenza della costruzione costituisce evidentemente un presupposto fondamentale ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica dello stato di fatto.

I passi fondamentali che hanno guidato il percorso della conoscenza dell'edificio in esame possono essere ricondotti alle seguenti attività:

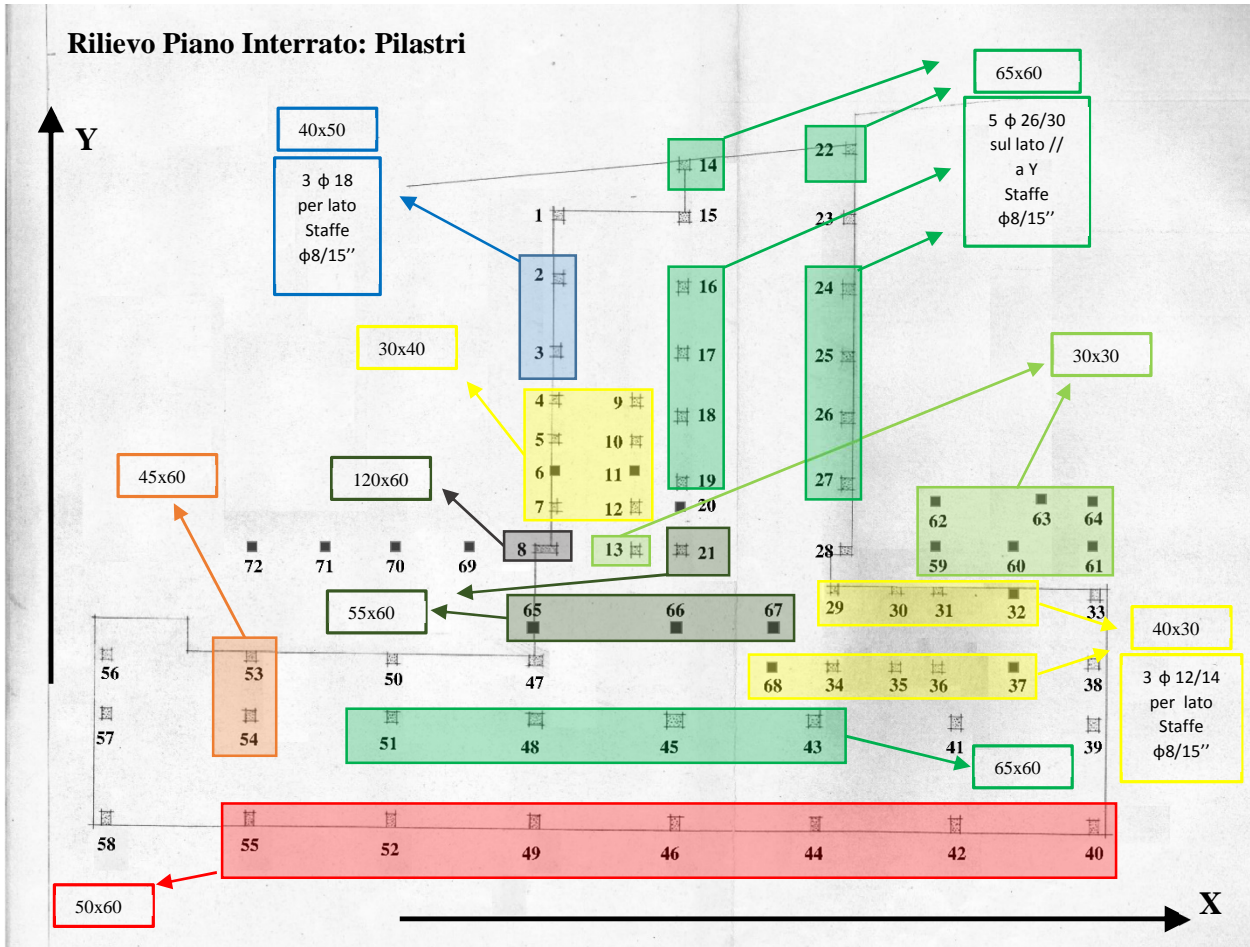
- Sopralluoghi e rilievo geometrico: per prendere visione dell'edificio nel suo insieme, individuare l'organismo resistente della costruzione, valutare lo stato di conservazione e gli eventuali danneggiamenti preesistenti. Il rilievo geometrico è stato integrato con i risultati delle prove pacometriche realizzate per determinare le posizioni e i diametri delle barre di armatura al fine di ricostruire in maniera il più verosimile possibile le sezioni trasversali di ciascun elemento strutturale. Una volta ricostruita una serie limitata di sezioni trasversali, le si sono adottate come sezioni tipo e le si sono estese ragionevolmente anche alle sezioni trasversali di quegli elementi strutturali che non sono stati indagati.
- Analisi della documentazione disponibile
- Caratterizzazione meccanica dei materiali: per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro eventuale degrado, ci si è basati sulla documentazione disponibile, su verifiche visive in situ. I valori delle resistenze meccaniche dei materiali, in assenza di opportune indagini sperimentali sono state ipotizzate e opportunamente ridotte considerando i fattori di confidenza e di sicurezza in accordo con quanto prescritto dal DM08.

4.1. Sopralluoghi e rilievo geometrico di massima

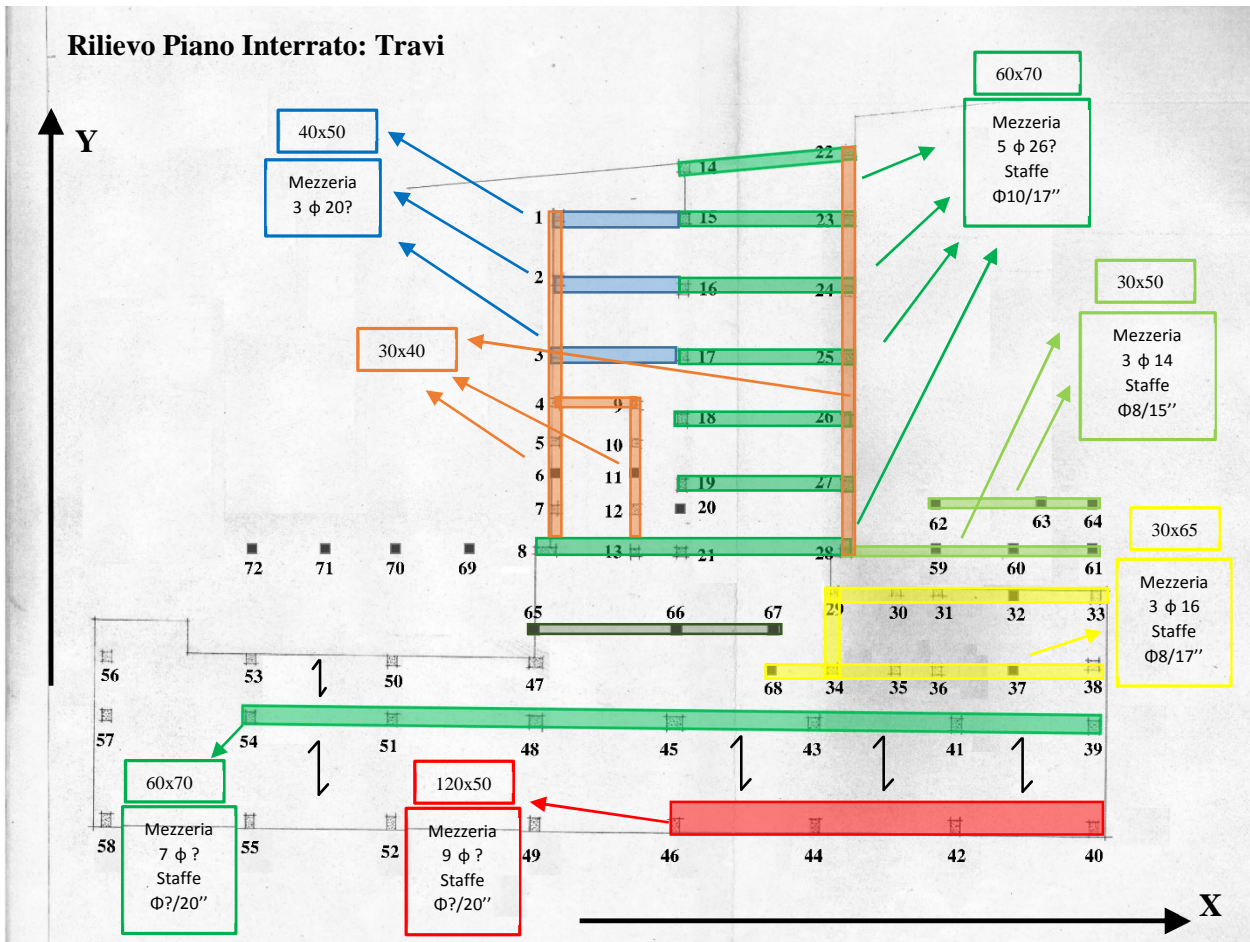
Le informazioni ottenute dalla serie di sopralluoghi vengono illustrate graficamente nelle pagine successive. Nell'indicare le carpenterie dei pilastri, ci si riferirà per semplicità agli assi riportati nelle figure. La prima misura sarà riferita al lato parallelo all'asse X, la seconda al lato parallelo all'asse Y. Si useranno gli stessi riferimenti per indicare le armature. Per quanto riguarda il rilievo delle travi indicheremo le dimensioni delle carpenterie nel modo usuale, base per altezza. L'altezza delle travi è stata ricavata a partire dalla misura (in caso di travi in altezza) della porzione sporgente rispetto all'intradosso del solaio a cui è stata poi sommata lo spessore dello stesso (assunto per semplicità per tutte le travi pari a 30 cm). Inoltre, ove erano visibili, abbiamo riportato le orditure dei solai. Vista l'impossibilità di accedere alle aule dell'ultimo piano non è stato possibile visionarle, riportiamo quindi nel seguito le informazioni riguardanti i primi quattro piani



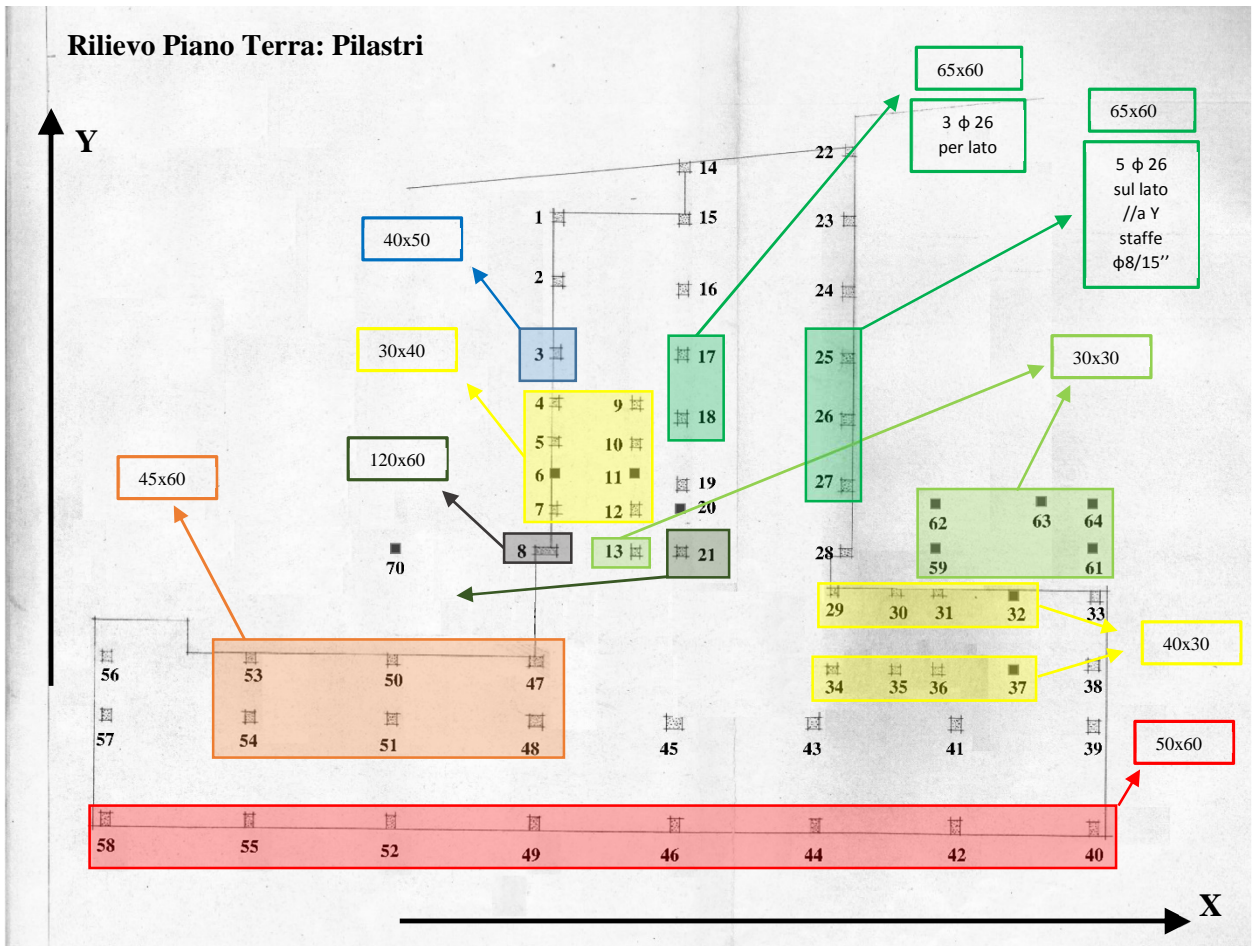
Rilievo Piano Interrato: Pilastri



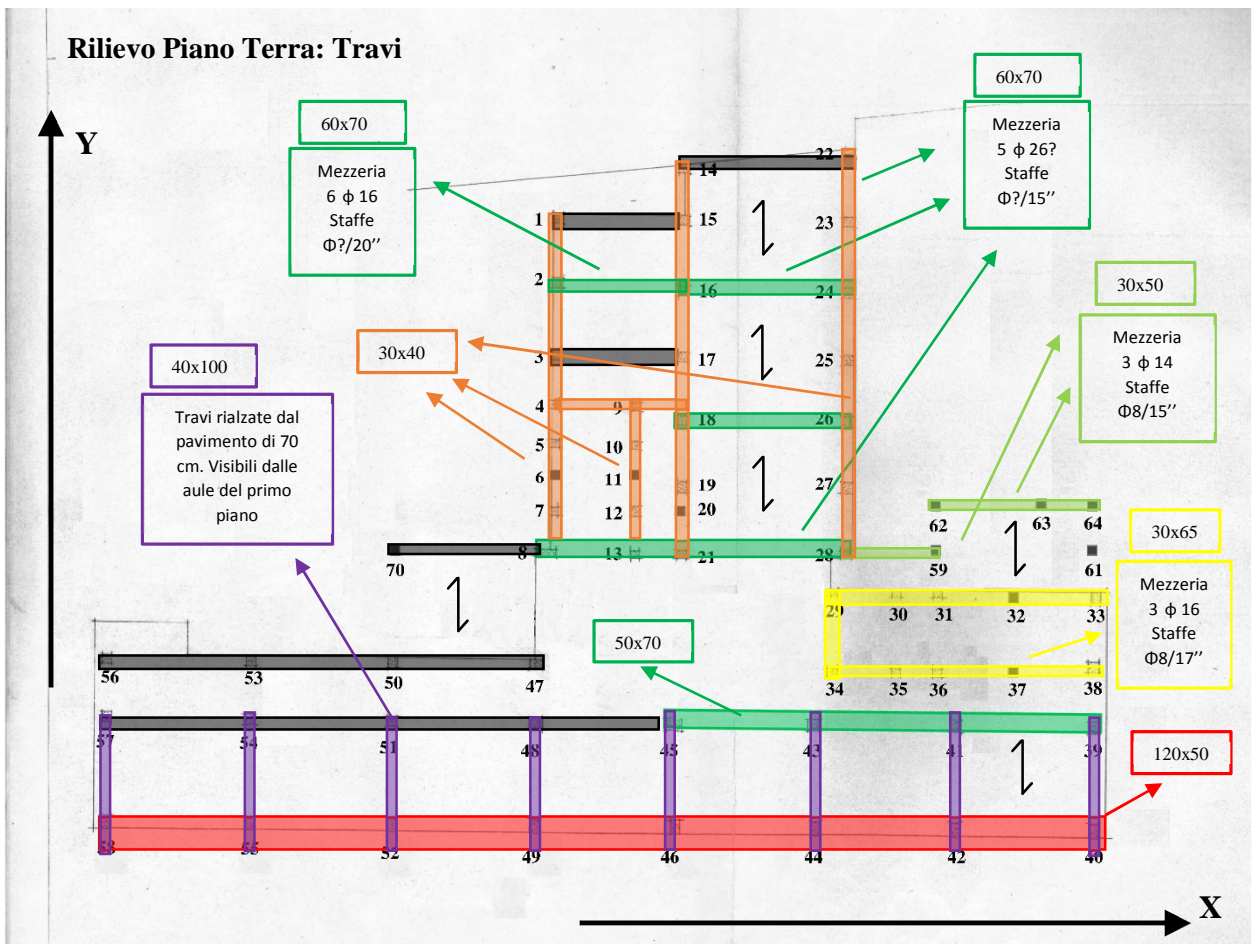
Rilievo Piano Interrato: Travi



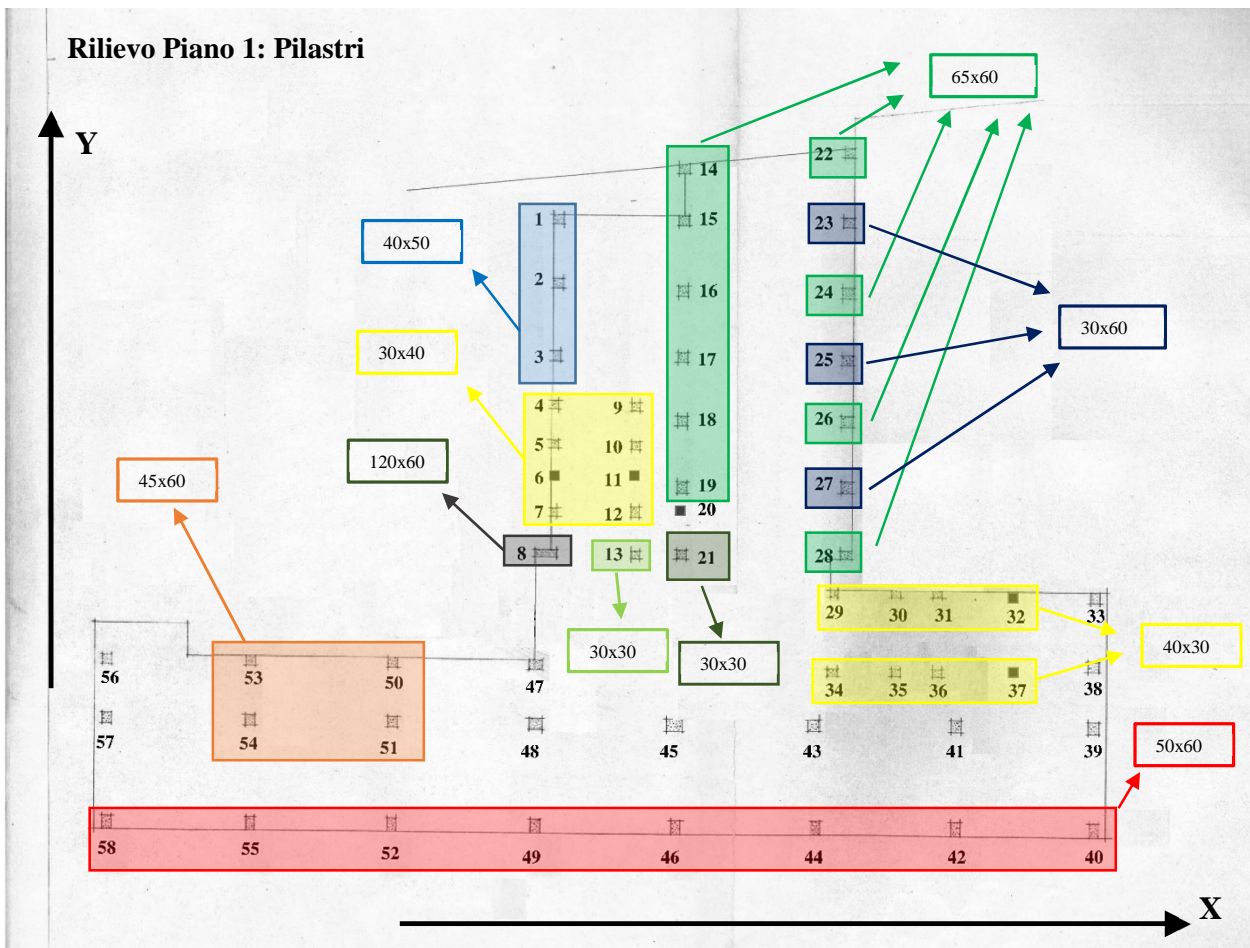
Rilievo Piano Terra: Pilastri



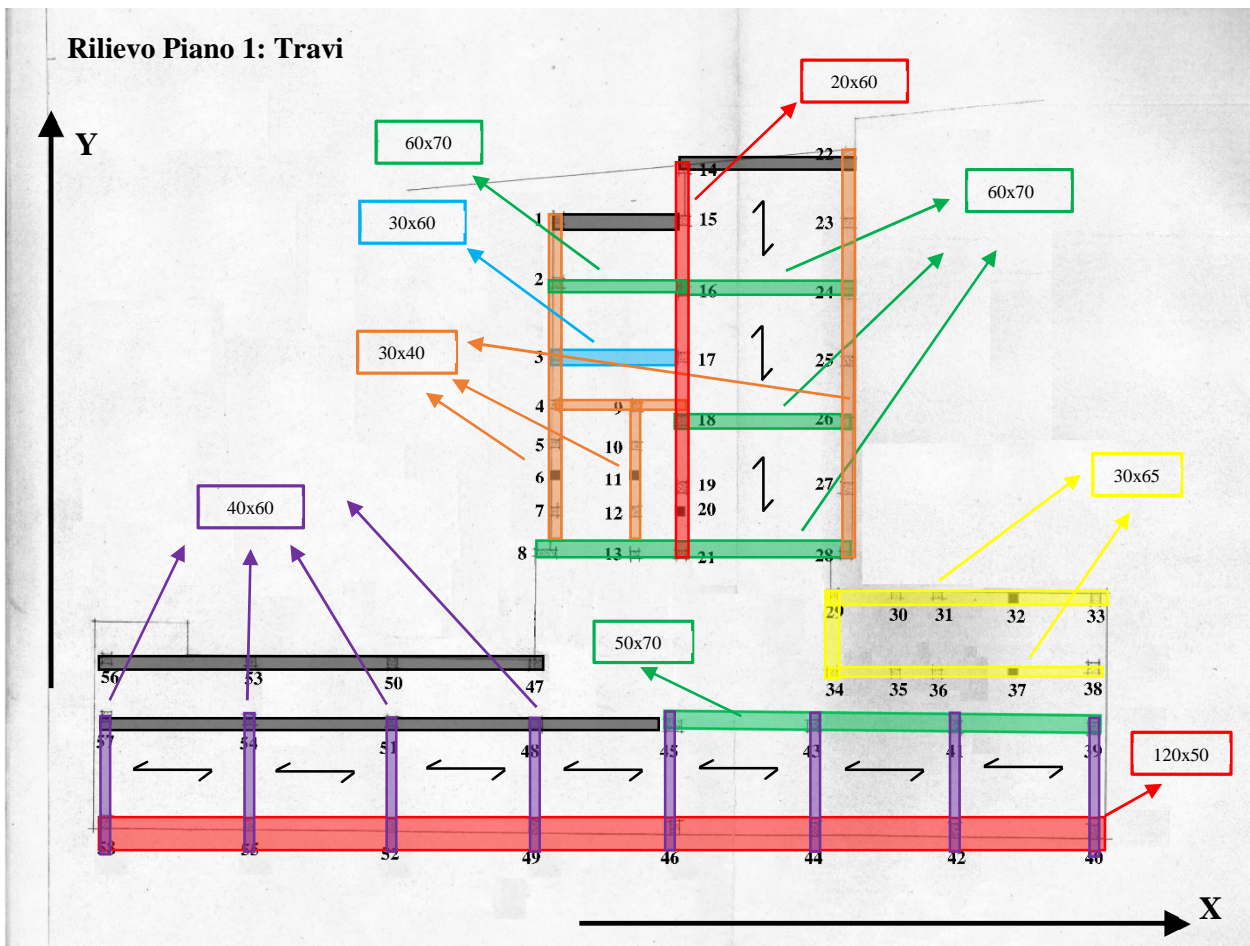
Rilievo Piano Terra: Travi



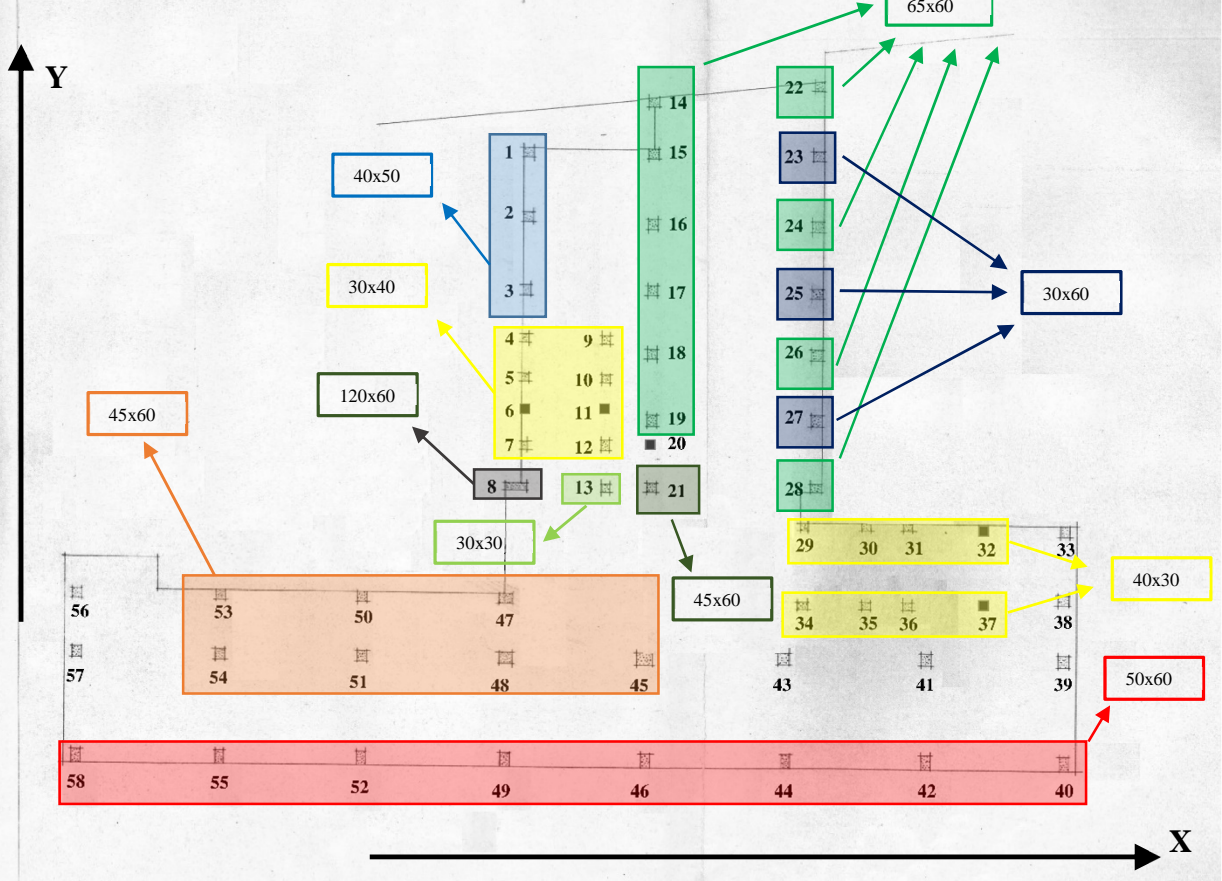
Rilievo Piano 1: Pilastrini



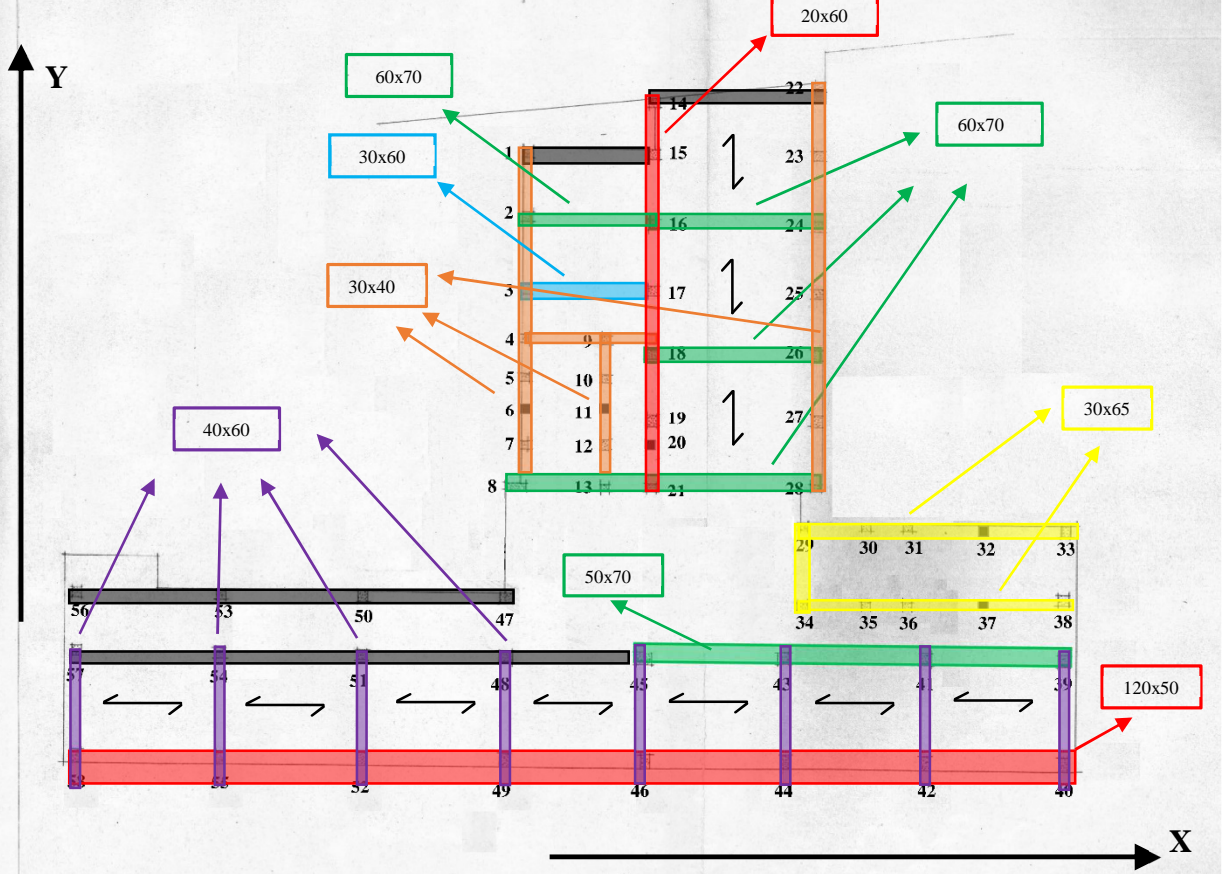
Rilievo Piano 1: Travi



Rilievo Piano 2: Pilastri



Rilievo Piano 2: Travi



4.2. Reperimento della documentazione disponibile

Di seguito si elenca la documentazione disponibile per la valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio in esame:

- *Calcoli statici delle principali strutture: Fabbricato “Aule Normali”;*
- *Calcoli statici delle principali strutture: Fabbricato “Aule Speciali e Palestra”. Questo elaborato è relativo all'edificio ormai demolito quindi risulta praticamente inutile.*
- *Tavola generale delle opere di fondazione.*
- *Tavole dei particolari delle opere di fondazione.*
- Documentazione fotografica ottenuta in rilievi precedenti.
- Planimetrie generali (Vigili del Fuoco).
- Piante e prospetti (Vigili del Fuoco).

4.3. Analisi della relazione di calcolo del fabbricato “Aule Normali”

La relazione dei calcoli statici è articolata sostanzialmente in tre parti:

- Calcolo dei solai
- Calcolo delle travi e dei pilastri
- Calcolo delle fondazioni dei pali

Riassumiamo sinteticamente con l'ausilio di tabelle e piante riassuntive il contenuto di tale documento, mettendo in luce le informazioni riguardanti l'impianto strutturale delle opere in elevazione.

4.3.1. Solai

Luce [m]	G1 [kg/m ²]	G2 [kg/m ²]	Q [kg/m ²]	q _{TOT} [kg/m ²]	Caratteristiche della Sezione					Armatura				
					H [cm]	h [cm]	s [cm]	b [cm]	b ₀ [cm]	n	φ	n	φ	A _s [cm ²]
2,9	118	100	300	518	12	10	2,5	25	5	2	6			0,57
6	172	100	300	572	26	24	5	68	8,5	2	14			3,08
6,5	185	100	300	585	29	27	5	68	8,7	1	14	1	16	3,55
8,4	213	100	300	613	34	32	5	69	9,7	2	18			5,09
9	233	100	300	633	38	36	5	69	9,7	2	20			6,28

Tabella: Tipologie dei solai definiti in relazione

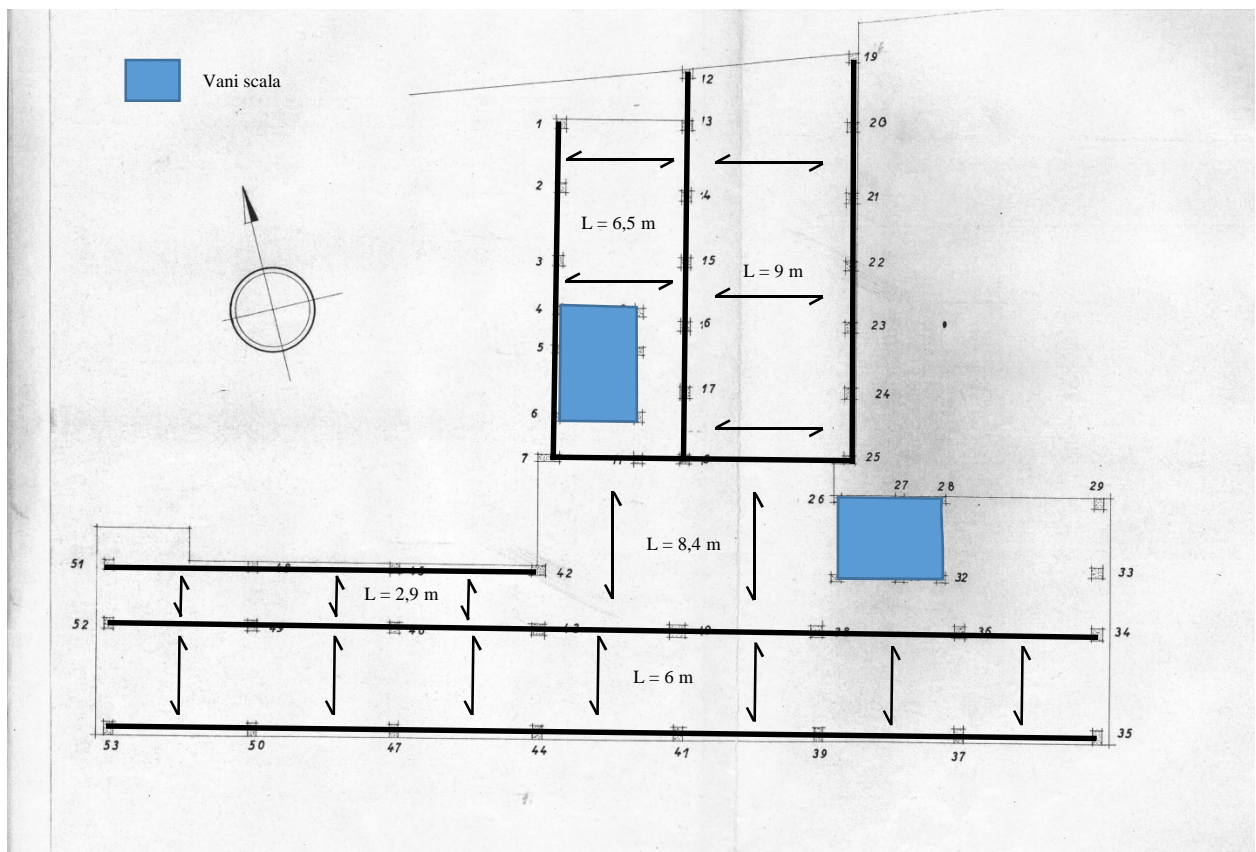


Figura: Orditure dei solai evinte dal progetto in elevazione.

4.3.2. Travi

Travata	Luce [m]	B [cm]	H [cm]	Armatura				
				n	ϕ	n	ϕ	A_s [cm ²]
12-13-14-15-16-17-18	3,58	30	64	5	12			5,65
52-49-46-43	7,66	40	90	4	16	1	18	10,59
43-40-38	7,66	40	112	4	18	1	20,0	13,32

Tabella: Carpenteria delle travi calcolate in relazione e loro armatura.

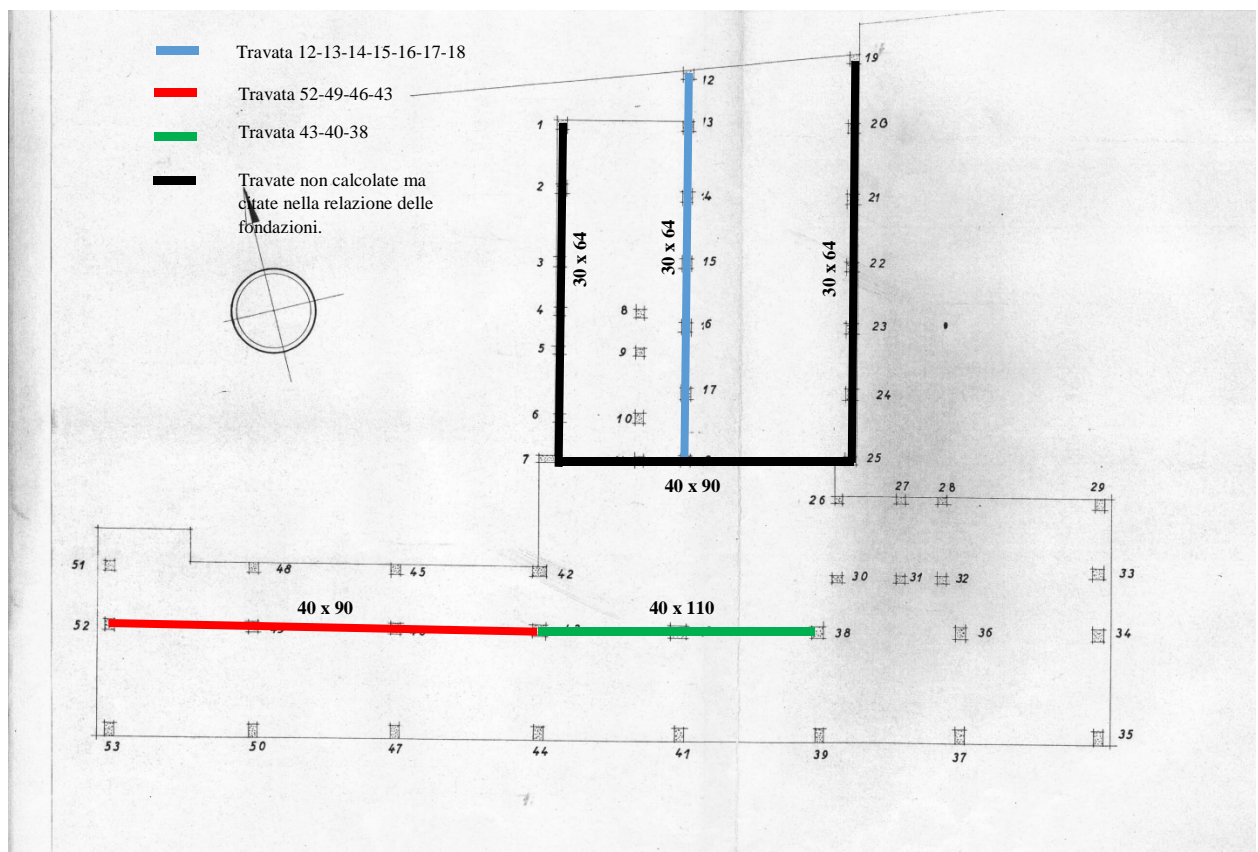


Figura: Travate calcolate nella relazione.

4.3.3. Pilastri

Pilastro 14									
Piano	Lx [cm]	Ly [cm]	n	ϕ	n	ϕ	A _s [cm ²]	A _c [cm ²]	A _s /A _c
INT	50	50	4	18	4	16	18,2	2500	0,7%
TERRA	45	45	4	16	4	14	14,2	2025	0,7%
1	40	40	4	16	2	14	11,1	1600	0,7%
2	40	40	6	12			6,8	1600	0,4%
3	30	30	4	16			8,0	900	0,9%

Tabella: Pilastro 14 calcolato in relazione.

Pilastro 40									
Piano	Lx [cm]	Ly [cm]	n	ϕ	n	ϕ	A _s [cm ²]	A _c [cm ²]	A _s /A _c
INT	65	65	8	20	2	22	32,7	4225	0,8%
TERRA	121	26	8	20			25,1	3146	0,8%
1	50	50	6	20			18,8	2500	0,8%
2	40	40	4	14			6,2	1600	0,4%
3	30	30	2	12	2	14	5,3	900	0,6%

Tabella: Pilastro 40 calcolato in relazione.

Pilastro 46									
Piano	Lx [cm]	Ly [cm]	n	ϕ	n	ϕ	A _s [cm ²]	A _c [cm ²]	A _s /A _c
INT	55	55	4	20	4	18	22,7	3025	0,8%
TERRA	50	50	4	18	4	16	18,2	2500	0,7%
1	40	40	4	18	2	14	13,3	1600	0,8%
2	35	35	4	14	2	12	8,4	1225	0,7%
3	30	30	4	12			4,5	900	0,5%

Tabella: Pilastro 46 calcolato in relazione.

Pilastro Num.	PIANO				
	INT	TERRA	1	2	3
2	50x50	45x45	40x40	40x40	30x30
5	30x40	30x40	30x40	30x40	30x40
9	30x40	30x40	30x40	30x40	30x40
14	50x50	45x45	40x40	40x40	30x30
18	50x50	45x45	40x40	40x40	30x30
21	50x50	45x45	40x40	40x40	30x30
40	65x65	121x26	50x50	40x40	30x30
41	55x55	50x50	40x40	35x35	30x30
45	55x55	50x50	40x40	35x35	30x30
46	55x55	50x50	40x40	35x35	30x30

Tabella: Pilastri menzionati nella relazione delle fondazioni.

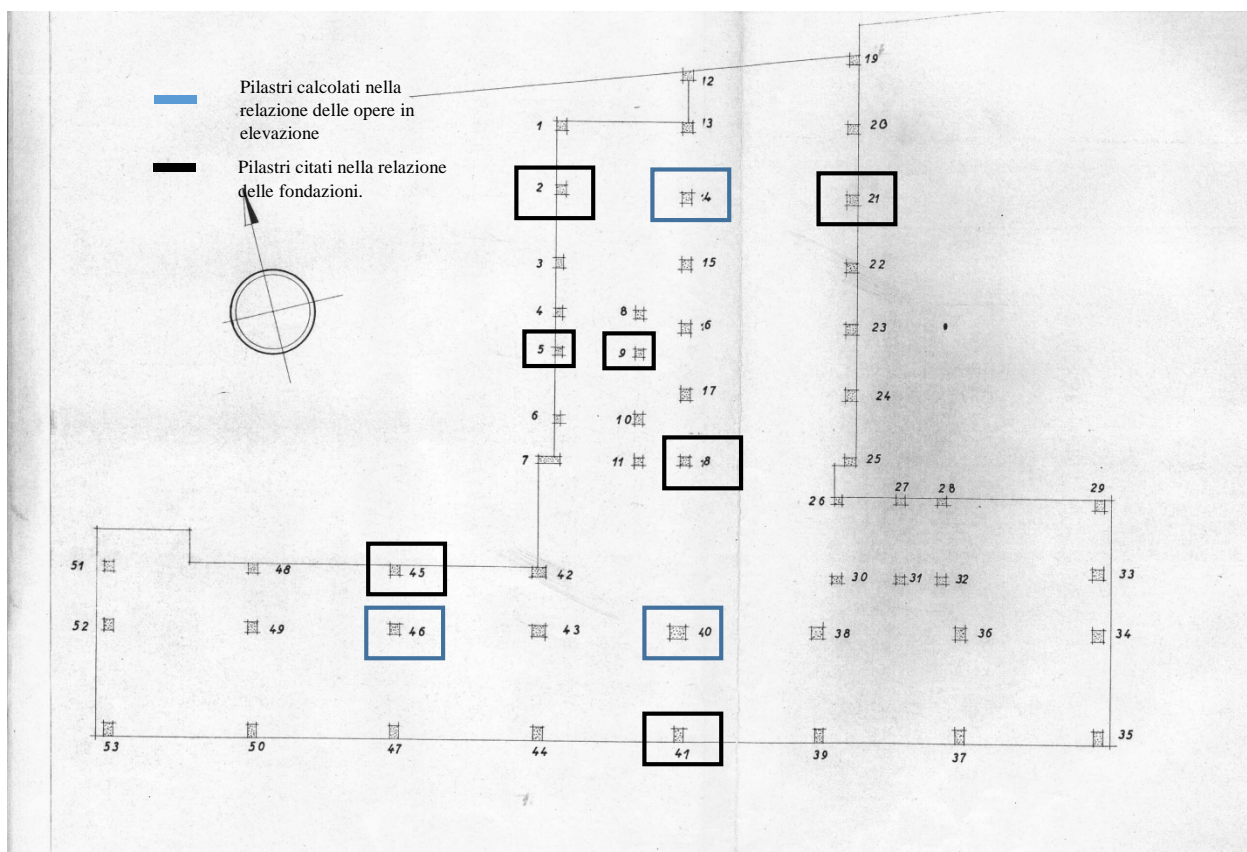


Figura: Pilastrate definite nella relazione di calcolo.

4.4. Analisi delle tavole delle opere di fondazione

Dalle tavole relative alle opere di fondazione abbiamo ricavato le caratteristiche geometriche e le armature della maggior parte dei pilastri del piano interrato.

Vista le diverse numerazioni dei pilastri tra progetto in elevazione e tavole, faremo riferimento d'ora in avanti alla seguente numerazione:

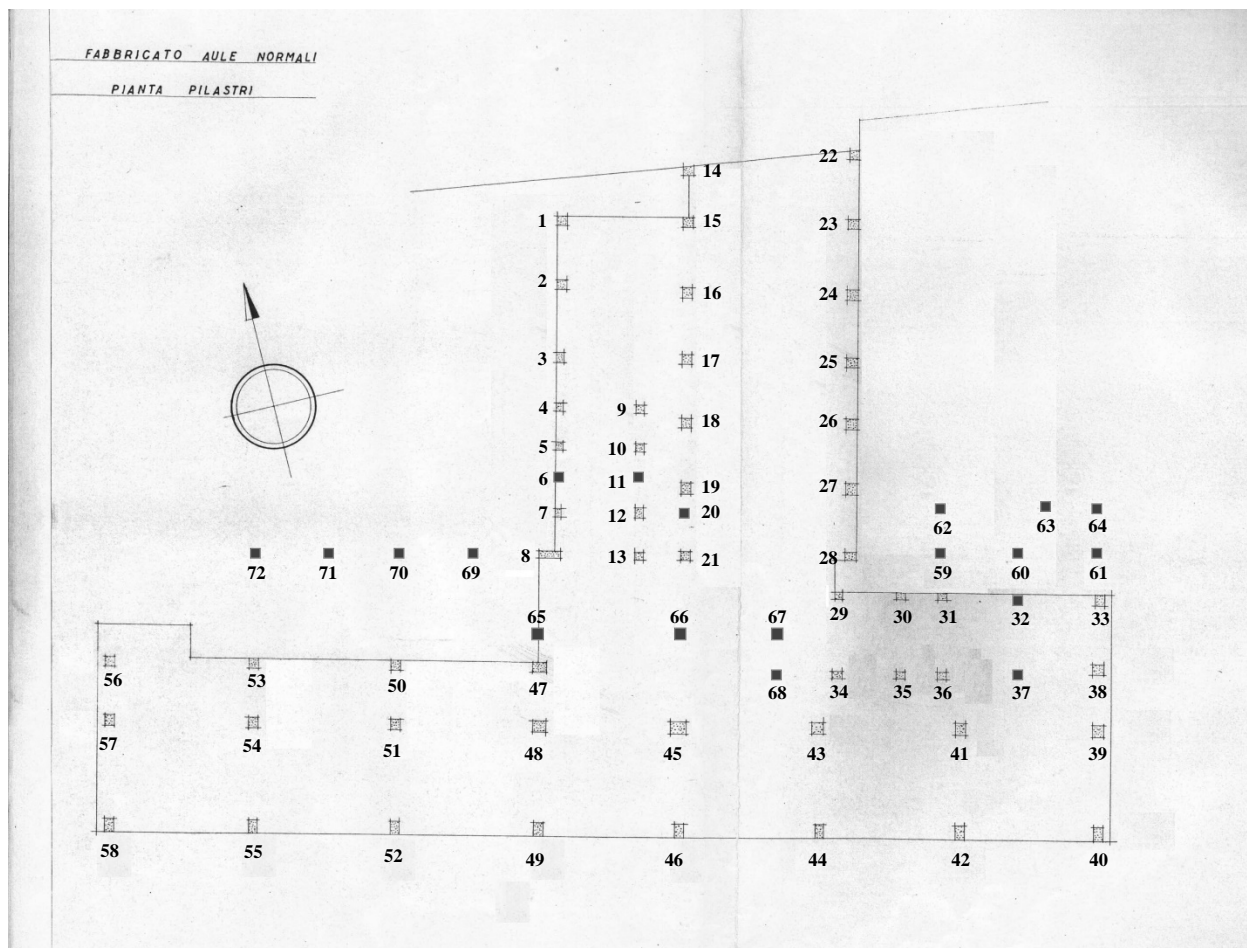


Figura: Numerazione pilastrate.

Vengono esposti in forma tabellare nelle pagine successive i dati ricavati.

		Lato parallelo a x						Lato parallelo a y					Armatura Totale						Staffe	
Pilastrata	L _x	L _y	n	φ	n	φ	A _{s,x}	n	φ	n	φ	A _{s,y}	n _{tot}	φ	n _{tot}	φ	A _{s,TOT}	A _s /A _c	φ _{st}	Passo
1	40	50	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	0,80%	6	15
2	40	50	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	0,80%	6	15
3	40	50	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	0,80%	6	15
4	30	40	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
5	30	40	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
6	30	40	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
7	30	40	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
8	120	60	6	14			9,2	2	14	2	10	4,6	12	14	4	10	21,6	0,30%	6	15
9	30	40	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	1,34%	6	15
10	30	40	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	1,34%	6	15
11	30	40	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	1,34%	6	15
12	30	40	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	1,34%	6	15
13	30	40	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	1,34%	6	15
14	65	60	5	30			35,3	2	30	2	20	20,4	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
15	65	60	5	16			10,1	2	16	2	20	10,3	10	16	4	20	32,7	0,84%	6	15
16	65	60	5	30			35,3	2	30	2	20	20,4	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
17	65	60	5	16			10,1	2	16	2	10	5,6	10	16	4	10	23,2	0,60%	6	15
18	65	60	5	30			35,3	2	30	2	20	20,4	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
19	65	60	2	16	2	16	8,0	5	16			10,1	10	16	4	20	32,7	0,84%	6	15
20	30	30	3	16			6,0	3	16			6,0	8	16			16,1	1,79%	6	15
21	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
22	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
23	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
24	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
25	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
26	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
27	65	60	2	30	2	20	20,4	5	30			35,3	10	30	4	20	83,3	2,13%	6	15
28	65	60																		
29	40	30	3	14			4,6	3	14			4,6	8	14			12,3	1,03%	6	15
30	40	30	3	14			4,6	3	14			4,6	8	14			12,3	1,03%	6	15
31	40	30	3	14			4,6	3	14			4,6	8	14			12,3	1,03%	6	15
32	40	30	3	14			4,6	3	14			4,6	8	14			12,3	1,03%	6	15
33	45	60	4	16			8,0	2	16	2	20	10,3	8	16	4	20	28,7	1,06%	6	15
34	40	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
35	40	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
36	40	30	3	14			4,6	3	14			4,6	8	14			12,3	1,03%	6	15
37	40	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15
38	45	60	4	16			8,0	2	16	2	20	10,3	8	16	4	20	28,7	1,06%	6	15
39	45	60	4	16			8,0	2	16	2	20	10,3	8	16	4	20	28,7	1,06%	6	15
40																				

		Lato parallelo a x						Lato parallelo a y					Armatura Totale						Staffe		
Pilastrata	L _x	L _y	n	φ	n	φ	A _{s,x}	n	φ	n	φ	A _{s,y}	n _{tot}	φ	n _{tot}	φ	A _{s,TOT}	A _s /A _c	φ _{st}	Passo	
	41	65	60																		
42																					
43	65	60																			
44																					
45																					
46																					
47																					
48	65	60	3	16			6,0	2	16	2	20	10,3	6	16	4	20	24,6	0,63%	6	15	
49																					
50	50	60	4	16			8,0	4	16			8,0	12	16			24,1	0,80%	6	15	
51	65	60	4	20			12,6	4	20			12,6	12	20			37,7	0,97%	6	15	
52																					
53	50	60	4	16			8,0	2	16	2	20	10,3	8	16	4	20	28,7	0,96%	6	15	
54	50	60	4	16			8,0	2	16	2	20	10,3	8	16	4	20	28,7	0,96%	6	15	
55																					
56																					
57																					
58																					
59	30	30																			
60	30	30																			
61	30	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,70%	6	15	
62	30	30																			
63	30	30																			
64	30	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,70%	6	15	
65																					
66																					
67	45	60																			
68	40	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,52%	6	15	
69	30	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,70%	6	15	
70	45	30	3	14			4,6	3	14			4,6	8	14			12,3	0,91%	6	15	
71	30	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,70%	6	15	
72	30	30	3	10			2,4	3	10			2,4	8	10			6,3	0,70%	6	15	

Come si può notare dalla tabella, ci sono molte discrepanze tra le sezioni previste nella relazione dei calcoli statici e quelle evinte dai particolari della fondazione. In particolare si nota come i “pilastri tipo” calcolati in relazione non corrispondano a quelli delle tavole esecutive né per quanto riguarda le carpenterie né per le armature. Inoltre nelle tavole si riscontra la presenza di ulteriori elementi verticali non citati nella relazione di calcolo.

La seguente tabella riassuntiva paragona gli elementi comuni dei due elaborati, mettendone in luce le differenze:

Pilastro	Relazione Calcoli Statici									Tavole Particolari Fondazione								
	Lx [cm]	Ly [cm]	n	ϕ	n	ϕ	A _s [cm ²]	A _c [cm ²]	A _s /A _c	Lx [cm]	Ly [cm]	n	ϕ	n	ϕ	A _s [cm ²]	A _c [cm ²]	A _s /A _c
2	50	50						2500		40	50	8	16			16,1	2000	0,8%
5	30	40						1200		30	40	8	10			6,3	1200	0,5%
10	30	40						1200		30	40	8	16			16,1	1200	1,3%
16	50	50	4	18	4	16	18,2	2500	0,7%	65	60	10	30	4	20	83,3	3900	2,1%
21	50	50						2500		65	60	10	30	4	20	83,3	3900	2,1%
24	50	50						2500		65	60	10	30	4	20	83,3	3900	2,1%
45	65	65	8	20	2	22	32,7	4225	0,8%	-	-							
46	55	55						3025		-	-							
50	55	55						3025		50	60	12	16			24,1	3000	0,8%
51	55	55	4	18	4	22	25,4	3025	0,8%	65	60	12	20			37,7	3900	1,0%

Tabella: Comparazione tra le caratteristiche geometriche dei pilastri calcolati in relazione e quelli presenti nella tavola delle fondazioni.

Gli unici elementi comuni sono i pilastri dei vani scala, che hanno le stesse dimensioni.

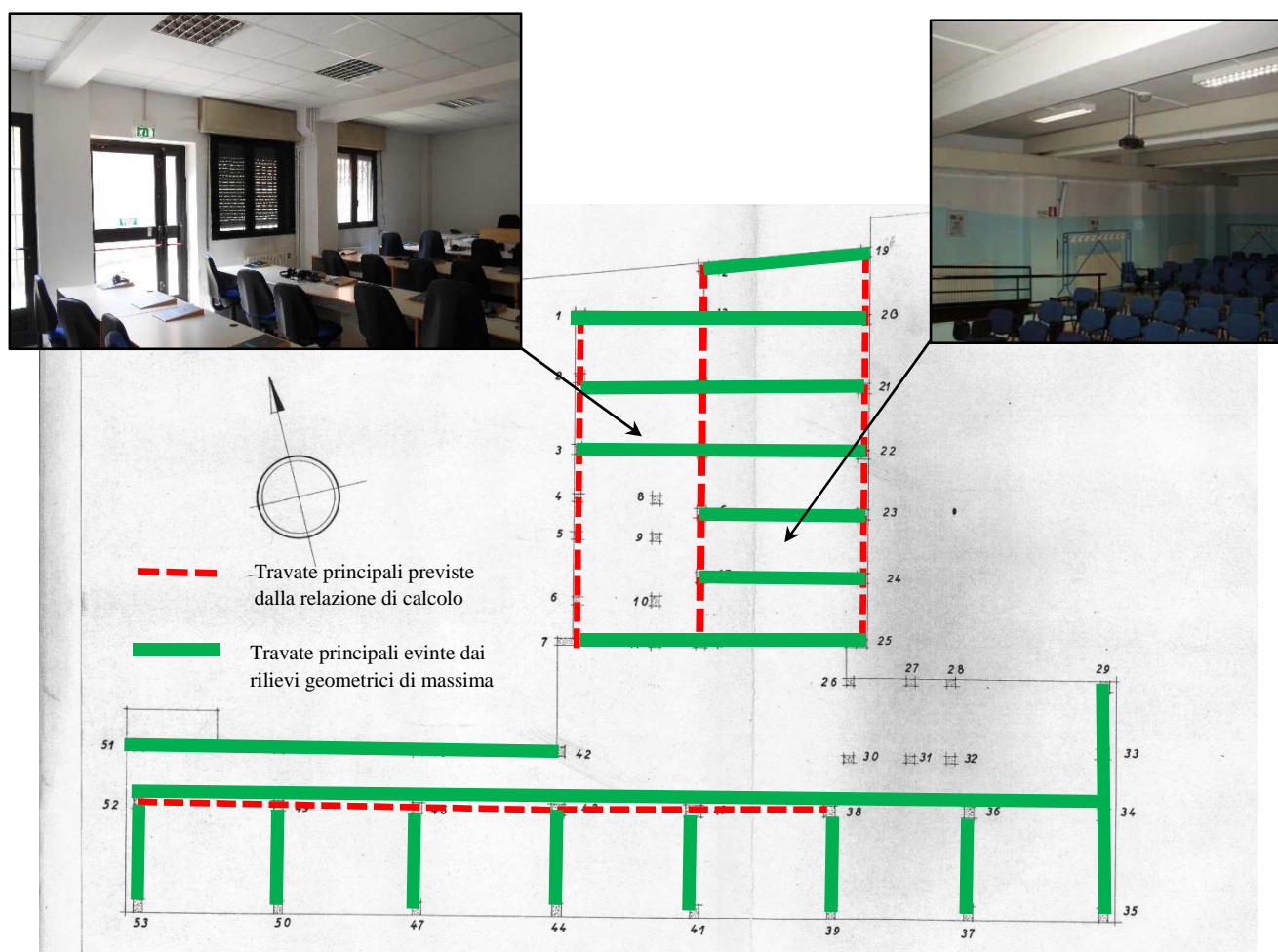
4.5. Commenti alla documentazione disponibile

Riassumiamo brevemente le informazioni contenute nella documentazione visionata, commentandone la loro attendibilità.

4.5.1. Travi

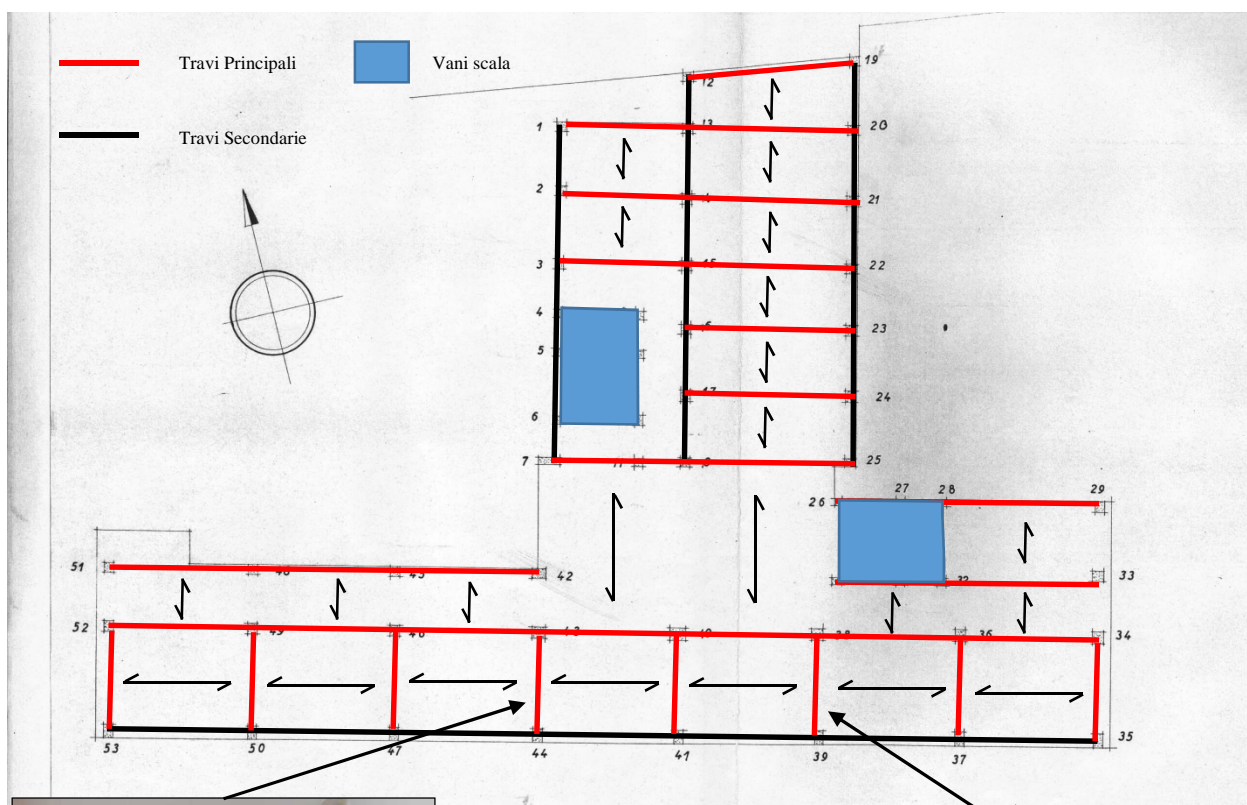
In prima istanza bisogna sottolineare che le informazioni presenti in relazione (cap. 4.3.2), fanno riferimento ad un unico piano tipo (di cui sono calcolate solo tre travate principali) senza tenere in conto le variazioni di pianta che sono presenti nello stato di fatto. Un'altra difformità evinta grazie ai rilievi è l'orditura delle travi principali del fabbricato che risultano disposte ortogonalmente a quelle previste nel progetto (eccezion fatta per l'atrio e i corridoi per i quali sono previste travi di sostegno dedicate).

Dunque, vista l'evidente irregolarità in altezza dell'edificio e le altrettanto evidenti diversità che si riscontrano da piano a piano, possiamo affermare che oltre a risultare molto scarse e poco approfondite, le indicazioni ottenute sulle travi sono anche scarsamente correlate allo stato di fatto dell'edificio. Le seguenti figure mettono in evidenza le difformità appena citate.



4.5.2. Solai

Vista l'assenza di specifiche indagini in situ, non è stato possibile confermare la presenza delle varie tipologie descritte negli elaborati di calcolo (cap. 4.3.1). Risulta invece evidente, che l'orditura dei solai previsti dalla relazione non sia in nessun modo corrispondente allo stato di fatto. Tale difformità si rende evidente dall'analisi dell'impianto strutturale, in cui le travi principali (atte al sostegno dei solai) sono, come visto, disposte ortogonalmente a quanto previsto in relazione. L'orditura dei solai da noi scelta in virtù delle considerazioni fatte sarà la seguente:



Travi emergenti dal pavimento presenti in tutte le aule dell'ala sud dell'edificio al piano 1



4.5.3. Pilastri

Analogamente a quanto dimostrato per le travi e per i solai, anche le informazioni riguardanti i pilastri, contenute nella relazione dei calcoli statici, risultano inaffidabili e scarsamente aderenti allo stato di fatto rilevato dai sopralluoghi. D'altra parte gli elaborati grafici relativi alle opere di fondazione si sono rilevati molto fedeli ai rilievi svolti e per questo motivo sono stati usati per la definizione delle sezioni dei pilastri al piano interrato. Inoltre, dall'analisi dei dati contenuti nei particolari delle fondazioni, è stata ricavata la percentuale di armatura dei pilastri dell'interrato; tale valore è stato usato per la progettazione simulata delle armature dei pilastri ai piani successivi. Nella progettazione simulata si è anche tenuto in conto delle normative vigenti all'epoca della costruzione (Regio Decreto 1939), e delle indicazioni dei manuali in uso nello stesso periodo. Riportiamo il sunto di tali informazioni:

$$\text{Area Sezione Calcestruzzo: } A_c \geq N_{\text{soll}} / \bar{\sigma}_c = b \cdot h$$

Dove: $\bar{\sigma}_c = \text{Tensione ammissibile del calcestruzzo}$

$$\text{Area Armatura Metallica: } A_s \geq \begin{cases} 0,8 \% A_{c,\text{strett nec}} & \rightarrow A_{c,\text{strett nec}} \leq 2000 \text{ cm}^2 \\ 0,5 \% A_{c,\text{strett nec}} & \rightarrow A_{c,\text{strett nec}} \geq 8000 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Dove: $A_{c,\text{strett nec}} = N_{\text{soll}} / \bar{\sigma}_c = \text{area di calcestruzzo strettamente necessaria}$

Determinate con queste formule le sezioni metalliche, si sono integrate tali informazioni con quelle ottenute nei rilievi.

4.6. Determinazione dei fattori di confidenza

Gli aspetti che definiscono il livello di conoscenza sono:

- la conoscenza della geometria delle sezioni e dei dettagli strutturali: quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura.
- la conoscenza dei materiali: le proprietà meccaniche del calcestruzzo e dell'acciaio da armatura.

Nelle NTC 2008, ai fini della scelta dei valori dei fattori di confidenza si distinguono tre possibili livelli di conoscenza: Limitata (LC1), Adeguata (LC2), Accurata (LC3). Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

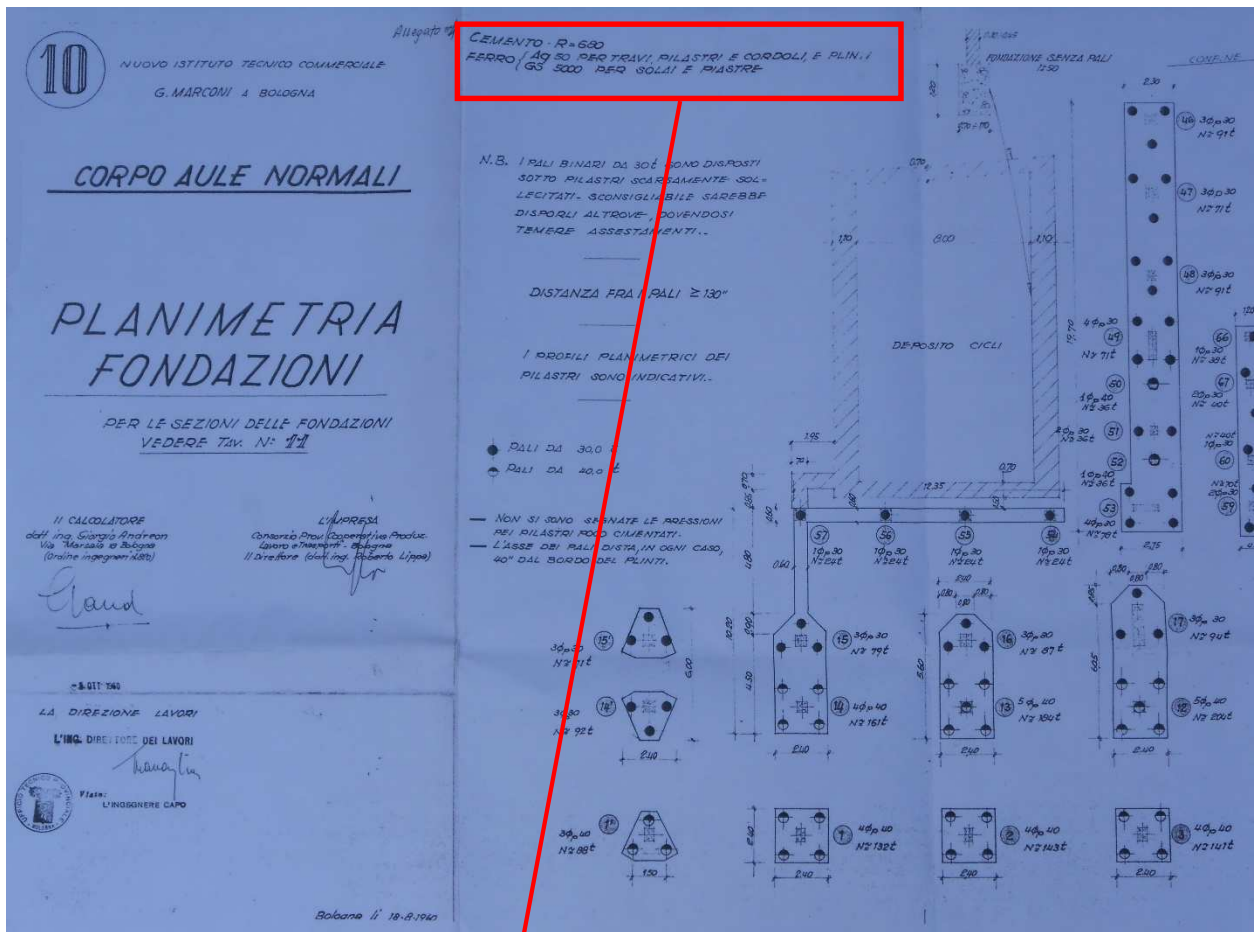
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	1,20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	1,00

Come abbiamo visto non è stato possibile fare un adeguato affidamento sulla documentazione originale di progetto perché alquanto carente e scarsamente allineata allo stato di fatto.

Possiamo senza dubbio assumere per il fabbricato in esame un livello di conoscenza definito “limitato” a cui corrisponde un fattore di confidenza pari a 1,35.

4.7. Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali, in assenza di specifiche indagini, ci si è basati sia sulla documentazione disponibile, sia sulla documentazione tecnica in uso nel periodo della costruzione. Vista la scarsa attinenza evidenziata tra la relazione di calcolo e lo stato di fatto dell'edificio, si è deciso di attenersi alle indicazioni contenute nell'unica tavola esecutiva ancora disponibile (Planimetria Fondazioni) che, come si è visto, risulta molto più aderente all'impianto strutturale evinto dai rilievi. Da tale elaborato evinciamo le seguenti caratteristiche dei materiali utilizzati:



Di seguito si riportano i risultati delle ricerche fatte per il calcestruzzo e per l'acciaio d'armatura.

4.7.1. Ferro da armatura

Grazie alle informazioni contenute sulla tavola delle fondazioni sappiamo che per le strutture in elevazione è stato utilizzato ferro tipo Aq 50. Tale tipologia, molto utilizzata all'epoca della costruzione venne regolamentata dalla Circolare n.1472 del 23 Maggio 1957:

CIRCOLARE n. 1472 in data 23 maggio 1957 del Ministero dei Lavori Pubblici - Consiglio Superiore.

Armatura delle strutture in cemento armato.

Per conoscenza e norma si trascrive il testo dell'articolo delle « Norme sui leganti idraulici », riguardante le armature delle strutture in cemento armato, in corso di elaborazione da parte della apposita Commissione Tecnica del Consiglio Nazionale delle Ricerche:

« Per tutte le armature delle strutture in cemento armato possono essere impiegati soltanto acciai Aq. 42, Aq. 50, Aq. 60 (UNI T. 743) sia in tondo, sia di forma speciale.

« Per gli acciai in tondo, la tensione non deve superare il 50% del carico di snervamento e, in ogni caso, i valori indicati nella tabella III.

Tabella III

Aq. 42	1400 Kg/cm ²
Aq. 50	1600 Kg/cm ² (1)
Aq. 60	1800 Kg/cm ² (1)

« Per gli acciai di forma speciale ad aderenza migliorata (ritorti, sagomati, ecc.) la tensione ammissibile non deve superare il 50% del carico di snervamento né il 40% del carico di rottura con la condizione che l'allungamento di rottura non sia inferiore al 12%.

« La tensione ammissibile per detti acciai non deve inoltre superare il valore di 2200 Kg/cm².

(1) Per diametri non superiori a 30 mm. Purchè si impieghi conglomerato almeno di classe R. 200 nel caso di sezione rettangolare, conglomerato almeno di classe R. 250 nel caso di sezione a T.

Nel nostro caso specifico, avremo:

$$\bar{\sigma}_s = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tensione ammissibile)}$$

$$f_y \geq 3200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tensione di snervamento)}$$

Abbiamo ricavato informazioni molto utili anche dal documento “Le proprietà meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate negli anni ‘60”; tale studio, condotto da G.M. Verderame, A. Stella, E. Cosenza dell’università degli studi di Napoli Federico II, è stato presentato nel X congresso Nazionale dell’ANIDIS “L’ingegneria sismica in Italia (9-13 settembre 2001 Potenza-Matera). Segue la tabella relativa ai risultati ottenuti sugli acciai Aq50

Tabella 2. Caratteristiche degli acciai Aq.50.

numero prove: 959	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_u/f_y	$A_{10\phi}$
valore medio	369.9	545.1	1.479	26.08%
valore massimo	530.0	599.6	1.845	56.48%
valore minimo	282.4	500.1	1.054	16.67%
scarto quadratico medio	29.449	26.854	0.097	0.040
C. O. V.	0.080	0.049	0.066	0.152
indice di asimmetria	0.573	0.159	0.043	3.449
indice di curtosi	4.751	2.002	3.640	27.288

In un altro documento dello stesso autore “Le caratteristiche meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate dal 1950 al 1980” troviamo ulteriori indicazioni:

Tabella 2 – I principali parametri statistici del database relativo all’intero trentennio 1950-1980 e relativi parametri delle due distribuzioni Normale e LogNormale adottate.

Periodo 1950-1980	f_y	f_u
n° prove	10331	10331
Media	[MPa] 356.50	518.68

Tabella 3 – I principali parametri statistici del database relativo alle categorie Comune, AQ42, Aq50, Aq60 ed ALE e relativi parametri delle due distribuzioni Normale e LogNormale adottate.

Periodo 1950-1972	Comune	AQ42	AQ50	AQ60	ALE
n°prove	1464	3520	3278	949	461
Media	276.47	322.34	370.90	435.45	512.06

Dunque, secondo questa serie di studi, il valore medio della tensione di snervamento dell’acciaio Aq 50 risulta essere variabile in un range tra i 3500 e i 3700 kg/cm². In virtù di quanto appena detto scegliamo come valore per il calcolo:

$$f_{ym} \cong 3600 \text{ kg/cm}^2$$

Per le verifiche statiche e sismiche, in assenza di specifiche indagini, la tensione di snervamento dell'acciaio è stata assunta in accordo con il DM08 definendo un livello di conoscenza dell'opera come limitato, classificato come LC1 (Conoscenza Limitata). A tale livello corrisponde un fattore di confidenza FC pari a 1,35, e un fattore di sicurezza del materiale γ_m pari a 1,15.

La tensione di progetto sarà quindi:

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \cdot \gamma_s} = \frac{3600}{1,35 \cdot 1,15} = 2318 \text{ kg/cm}^2$$

4.7.2. Calcestruzzo

Secondo la sopracitata Circolare n.1472 del 23 Maggio 1957 relativa alle armature nelle strutture in cemento armato, in presenza di acciaio Aq 50 doveva essere utilizzato un conglomerato almeno di classe R = 200 (ovvero con $\sigma_{r,28} \geq 200 \text{ kg/cm}^2$).

Le uniche informazioni reperite riguardo alle caratteristiche del calcestruzzo riguardano la tipologia di cemento utilizzato per il confezionamento; tale cemento viene denominato R=680.

Nella letteratura tecnica dell'epoca abbiamo ritrovato informazioni riguardanti tale aggregante; nei manuali tecnici di G. Astrua ("Manuale del capomastro assistente edile" e "Manuale pratico del mastro muratore") si ritrovano le seguenti informazioni:

A) Cementi.

a) *Idraulico normale (portland)*. — Si intende il prodotto ottenuto con la cottura di marne naturali o di mescolanze intime ed omogenee di calcare e di materia argillosa e successiva macinazione del prodotto di cottura senza aggiunte di materie inerti.

Può essere a media o ad alta resistenza; nel primo caso le resistenze sono:

	Trazione su malta normale	Pressione su malta normale
A 7 giorni .. kg/cm ²	26	380
A 28 giorni .. »	32	500

(Tale tipo di cemento viene denominato comunemente Cemento Tipo 500).

Il cemento idraulico normale ad alta resistenza deve invece rispondere alle seguenti resistenze:

	Trazione su malta normale	Pressione su malta normale
A 7 giorni .. kg/cm ²	31	500
A 28 giorni .. »	37	680

Leganti idraulici	Tempo di prova inizio fine ore	Resistenze					di norma	Caratteristiche				Impiego		
		Compressione						Tensione	Temperat. idratazione	Ritiro	Resistenza chimica			
		malta 1 : 3 dopo giorni												
		1	3	7	28		1	3	7	28				
Cementi normalizzati:														
1) idraulico normale (Portland) ... Tipo 500	I 4	—	—	380	500	—	—	26	32	—	normale	normale	debole	in tutti i casi normali
2) » alta resistenza » 680	I 4	—	290	500	680	—	—	26	32	—	»	poco sup.	»	id. id. acque aggressive
3) pozzolanico » 300	I 4	—	—	300	300	—	—	26	32	—	»	»	»	id. id. rapido disarmo
4) » alta resistenza » 680	I 4	—	290	500	680	—	—	21	31	37	»	»	»	id. id. rapido disarmo
5) di alto forno » 500	I 4	—	—	380	500	—	—	26	32	—	inferiore	»	»	id. id. acque solfatiche
6) » alta resistenza » 680	I 4	—	290	500	680	—	—	21	31	37	»	»	»	id. id. rapido disarmo
7) alluminoso « Durapid » ...circa	3 4	350	575	—	750	—	—	27	32	—	molto elev.	normale	»	in getti a bassa temperatura fino -10°
Cementi speciali:														
8) Portland « Durapid » indur. rapidissimo ..	I 4	400	575	—	750	—	—	—	—	—	sup. norm.	normale	normale	disarmabili in 24 ore
9) ferrico ... Tipo 500	I 4	—	—	380	500	—	—	—	—	—	inferiore	inferiore	spiccata	dighe - pavim. stradali
10) » alta resistenza	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11) » pozzolanico	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12) « Carso (cemento bianco)	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13) « Duralbo » (idem) alta resistenza	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14) « Vigor » (idem) alta resistenza	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15) alluminoso « Fuso B »	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16) » « Fuso C »	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17) fuso a rapida presa	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18) soprasolfato	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19) espansivo	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agglomeranti cementizi normalizzati:														
1) a lenta presa	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2) a rapida presa	I 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agglomeranti speciali (di norma):														
1) idraulico normale (Portland) ... Tipo 500	I 4	—	—	380	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2) » » alta resistenza » 680	I 4	—	290	500	680	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Possiamo quindi desumere dalle informazioni raccolte che il cemento R=680 assume tale denominazione in virtù della sua resistenza a compressione dopo 28 giorni.

Inoltre si trovano anche indicazioni molto utili riguardo alle dosature tipiche dei vari componenti del calcestruzzo:

Smalti (calcestruzzi di cemento). — Con la diffusione delle strutture in cemento armato lo smalto cementizio è divenuto il principale materiale nelle costruzioni; lo si impiega nelle diverse strutture mescolando la ghiaia o il pietrisco con la sabbia ed il cemento nei vari tipi esaminati secondo l'uso cui è destinato nelle dosature prescritte dal caso.

Con smalto cementizio si fanno fondazioni, gettate monolitiche: moli, scogliere, dighe, opere di getto e pietre artificiali; strutture murarie, pilastri, travi e soprattutto solai in cemento armato che permette le più ardite costruzioni.

Per fondazioni continue, grandi platee e gettate monolitiche basterà la dosatura 200 ÷ 250 kg per metro cubo di impasto, ottenuto con la miscela di 0,800 di ghiaia o pietrisco e 0,400 di sabbia unitamente all'agglomerante. La dosatura per lavori di getto armato o di buona resistenza è di kg 300 ÷ 350.

Cemento [kg]	Sabbia [m ³]	Ghiaia [m ³]
300	0,8	0,4

Tabella: Dosatura tipica calcestruzzo.

Nel testo di Luigi Santarella “Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industriali” (ed. 1927) si trovano i risultati di una campagna di prove effettuate su un calcestruzzo di dosatura:

Il calcestruzzo composto con mc. 0,800 di ghiaia, 0,400 di sabbia e 150, 200, 300 kg. di cemento diede i seguenti risultati:

Stagionatura	Tenore di cemento per mc. di calcestruzzo		
	150 kg.	200 kg.	300 kg.
dopo 3 giorni	105 kg/cm ²	125 kg/cm ²	265 kg/cm ²
dopo 7 giorni	170 »	307 »	355 »
dopo 28 giorni	200 »	315 »	445 »

Figura: Stralcio del Santarella del 1929

A seguito delle informazioni ricavate, possiamo affermare che una miscela cementizia tipica per il periodo di costruzione dell'edificio in esame, ha una resistenza media a compressione variabile, a seconda della dosatura del cemento, tra i 315 e i 455 kg/cm².

Per le verifiche statiche e sismiche, in assenza di specifiche indagini, la resistenza a compressione del calcestruzzo è stata assunta in accordo con il DM08 definendo un livello di conoscenza dell'opera come limitato, classificato come LC1 (Conoscenza Limitata). A tale livello corrisponde un fattore di confidenza FC pari a 1,35, e un fattore di sicurezza del materiale γ_m pari a 1,5.

Come valore di resistenza media utilizzeremo ragionevolmente il minimo tra quelli citati dal Santarella (considerando così un tenore di calcestruzzo di 200 kg per 0,8 m³ di ghiaia e 0,4 m³ di sabbia), ottenendo come valore di progetto per i calcoli:

$$R_{cm} = 315 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cm} = 0,83 \cdot R_{cm} \cong 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \cdot \gamma_c} = \frac{250}{1,35 \cdot 1,5} = 123,5 \text{ kg/cm}^2$$

5 VALUTAZIONE DEI CARICHI GRAVITAZIONALI

Vista l'assenza di rilievi specifici sulle possibili diverse tipologie di solai adottate nell'edificio, si è scelto di seguire solo in modo indicativo le informazioni contenute nella relazione di calcolo del plesso (che come si è visto risulta solo in minima parte aderente allo stato di fatto), determinando le seguenti scelte:

Carichi Permanenti Strutturali:

- Travi, Pilastri e solette piene:
 $G_1 = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Solai Piano Tipo (Interrato, Terra, 1, 2):
 $G_1 = 240 \text{ kg/m}^2$
- Solai Piano 3 (sottotetti e coperture piane):
 $G_1 = 180 \text{ kg/m}^2$
- Coperture inclinate:
 $G_1 = 160 \text{ kg/m}^2$

Carichi Permanenti non Strutturali:

- Solai Piano Tipo (Interrato, Terra, 1, 2):
 $G_2 = 100 \text{ kg/m}^2$
- Solai Coperture piane:
 $G_2 = 40 \text{ kg/m}^2$
- Solai Sottotetti:
 $G_2 = 0 \text{ kg/m}^2$
- Solai Coperture piane:
 $G_2 = 40 \text{ kg/m}^2$

- Coperture inclinate:

$$G_2 = 60 \text{ kg/m}^2$$

- Tamponamenti esterni:

$$G_2 = 530 \text{ kg/m}$$

- Divisori interni:

$$G_2 = 80 \text{ kg/m}^2$$

Carichi Variabili:

- Aule (Ambiente Categoria C1)

$$Q = 300 \text{ kg/m}^2$$

- Scale (Ambiente Categoria C2)

$$Q = 400 \text{ kg/m}^2$$

- Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione (Ambienti Categoria C1)

$$Q = 50 \text{ kg/m}^2$$

Azione della neve

L'azione della neve si può valutare (essendo la struttura in provincia di Bologna ovvero in Zona I Mediterranea) come:

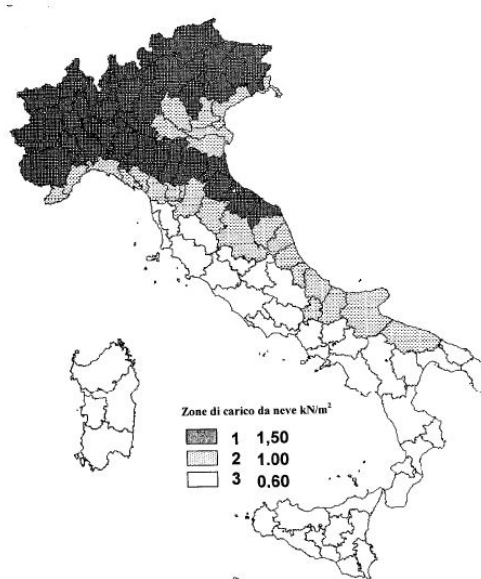
$$C_E = 1$$

$$C_t = 1$$

$$\mu_I = 0,8$$

$$q_{sk} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$q_s = 120 \text{ kg/m}^2$$



6 VALUTAZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

6.1. Pericolosità sismica del sito

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in tabella:

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

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata in tabella e deve essere precisata nei documenti di progetto.

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

	V_N	Classe	C_U	V_R
Edificio oggetto di analisi	50	III	1,5	75

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento, P_{VR} , a cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

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

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Nel seguito verrà considerato per l'analisi lo stato limite di salvaguardia della vita, SLV. Si calcola il periodo di ritorno T_R :

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U \cdot V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

$$T_R (\text{SLV}) = 712 \text{ anni}$$

La posizione del Liceo Scientifico Statale “Albert Bruce Sabin” è identificata dalle coordinate: latitudine 44.50685; longitudine 11.34668.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per lo Stato Limite di Danno (SLV):

$$a_g = 0.191g$$

$$F_0 = 2.398$$

$$T_C^* = 0.312 \text{ sec}$$

L'accelerazione orizzontale massima, a_g rispetto al periodo di ritorno dell'azione sismica di 712 anni è:

$$a_g (\text{SLV}) = 0.191g$$

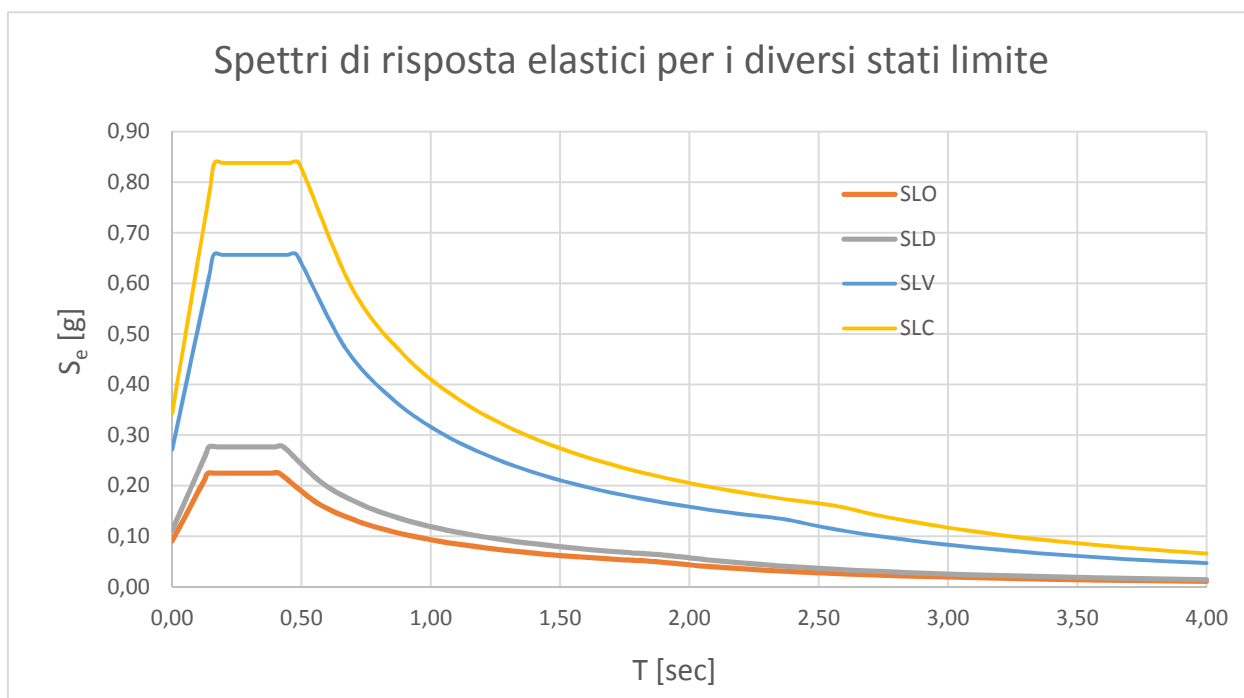
Non avendo a disposizione i risultati di una prova geotecnica per la determinazione della categoria di sottosuolo, si ipotizza per il sito la categoria sottosuolo tipo C (depositi di terreni a grana grossa, mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti).

Alla categoria tipo C corrisponde un coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s(\text{SLD})=1,5$ e $S_s(\text{SLV})=1,43$, rispettivamente per lo Stato Limite di Danno e di Salvaguardia della vita, considerando poi unitario il coefficiente di amplificazione topografico S_T si hanno relativamente agli Stati Limite citati le accelerazioni massime di picco al suolo:

$$PGA_{(\text{SLV})} = a_g \cdot S_T \cdot S_s = 0.191g \cdot 1,43 \cdot 1,0 = 0.2731g \quad (\text{relativamente a } T_R = 712 \text{ anni})$$

6.2. Spettri di riferimento

La definizione dei parametri di vulnerabilità sismica per i diversi stati limite permette di definire gli spettri di progetto per le verifiche di vulnerabilità.



Nella valutazione della sicurezza o nella progettazione di interventi sulle costruzioni esistenti soggette ad azioni sismiche, particolare attenzione sarà posta agli aspetti che riguardano la duttilità. Nelle costruzioni esistenti in cemento armato soggette ad azioni sismiche viene attivata la capacità di elementi e meccanismi resistenti, che possono essere “duttili” o “fragili”.

I meccanismi duttili possono essere attivati in maniera diffusa su tutta la costruzione, oppure in maniera non uniforme, ad esempio localizzandosi in alcune parti critiche o su un unico piano. La plasticizzazione di un elemento o l’attivazione di un meccanismo duttile in genere non comportano il collasso della struttura. I meccanismi fragili possono localizzarsi in qualsiasi punto della struttura e possono determinare un collasso immediato.

L’analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile.

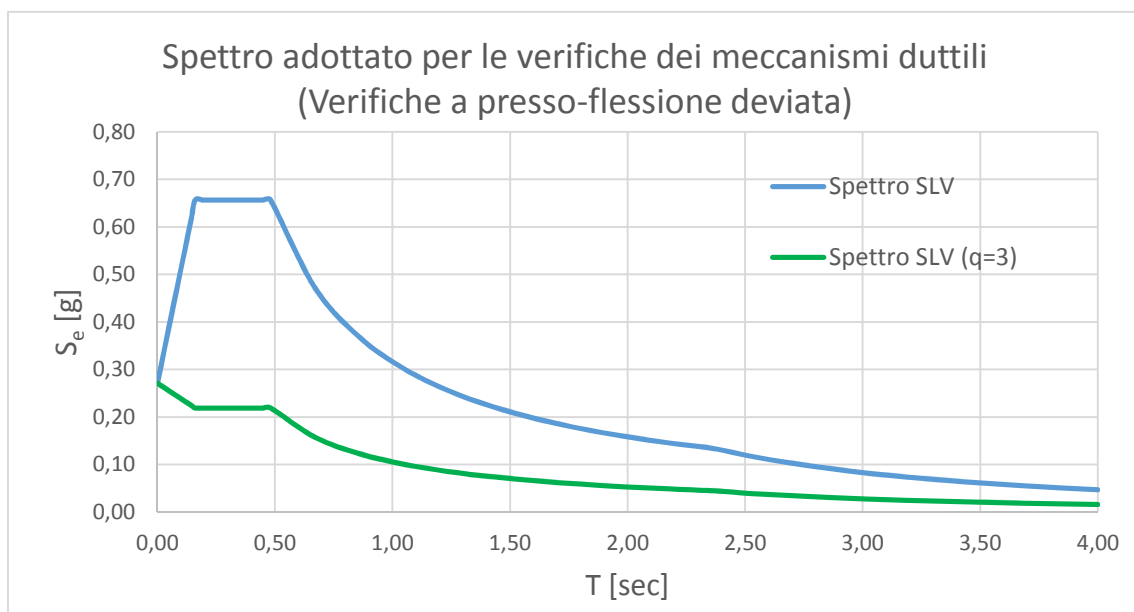
L’impiego di metodi di calcolo lineari richiede da parte del progettista un’opportuna definizione del fattore di struttura in relazione alle caratteristiche meccaniche globali e locali della struttura in esame.

Dunque, per tenere in conto il diverso effetto dei meccanismi fragili e duttili sull'edificio, diversificheremo le analisi adottando un differente fattore di struttura per le verifiche a pressoflessione (meccanismo duttile) e per quelle a taglio (meccanismo fragile):

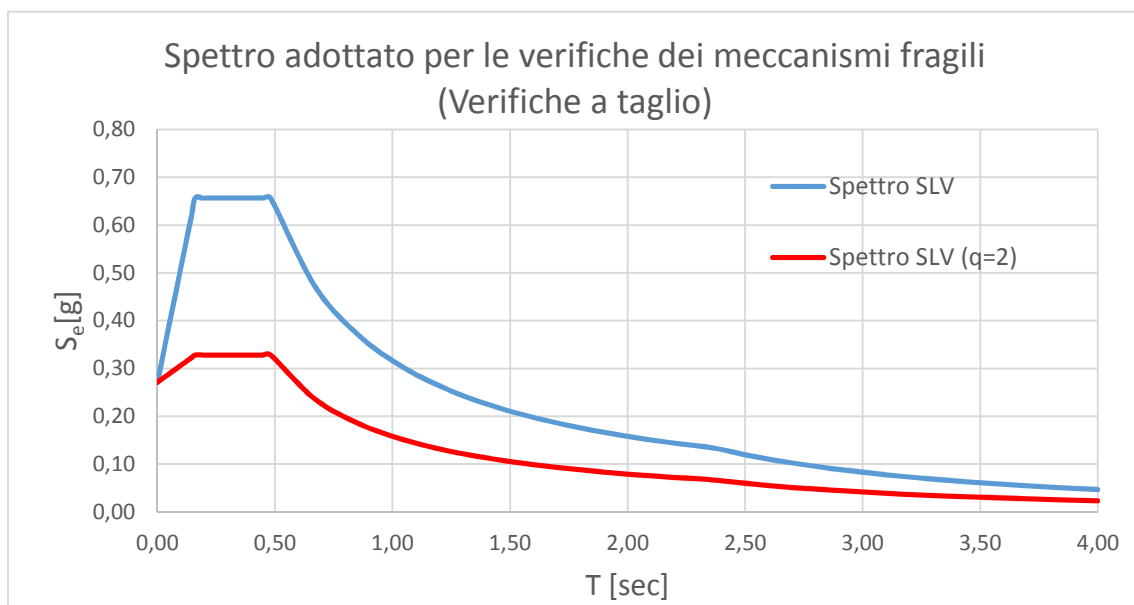
$$\text{Fattore di Struttura} \rightarrow \begin{cases} \text{Meccanismi Duttile:} & q = 3 \\ \text{Meccanismi Fragili:} & q = 2 \end{cases}$$

Le verifiche degli elementi fragili sono state rese maggiormente severe in relazione al loro grado di criticità.

6.2.1. Spettro per le verifiche dei meccanismi duttili



6.2.2. Spettro per le verifiche dei meccanismi fragili



7 COMBINAZIONI DI CARICO

7.1. Combinazione statiche alle tensioni ammissibili

Per valutare i fattori di sicurezza nei confronti dei soli carichi verticali statici in relazione alle normative vigenti all'epoca della costruzione, è stata considerata una combinazione dei carichi alle tensioni ammissibili. Nel dettaglio, in questa combinazione le varie tipologie di carico sono state sovrapposte adottando dei fattori moltiplicativi unitari:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + Q_{k2} + \dots \quad (1)$$

Dove:

G_1, G_2 rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali,
 Q_{k1}, Q_{k2} carichi variabili (valore caratteristico).

7.2. Combinazione statiche agli SLE

Così come previsto al punto 2.5.3 del D.M 14/01/2008, per valutare i fattori di sicurezza nei confronti dei carichi verticali statici, è stata considerata la combinazione “quasi permanente” agli stati limite di esercizio (SLE) di seguito riportata:

$$G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots \quad (2)$$

dove:

G_1, G_2 rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali,
 ψ_{2i} rappresenta il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (quasi permanente);
 Q_{k1}, Q_{k2} carichi variabili (valore caratteristico)

Nel caso in oggetto si è assunto $\psi_2 = 0,60$ (ambienti suscettibili di affollamento) per i solai di piano, $\psi_2 = 0$ per il solaio di copertura (neve).

7.3. Combinazione statiche agli SLU

Così come previsto al punto 2.5.3 del D.M 14/01/2008, per valutare i fattori di sicurezza nei confronti dei carichi verticali statici, è stata considerata la combinazione allo stati limite di esercizio (SLE) di seguito riportata:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (3)$$

dove:

G_1, G_2 rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali,

$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_{Q1}$ rappresentano i coefficienti parziali di combinazione;

Q_{k1}, Q_{k2} carichi variabili (valore caratteristico)

Nel caso in oggetto si è assunto $\gamma_{G1} = 1.3$, $\gamma_{G2} = 1.5$ e $\gamma_{Qi} = 1.5$.

7.4. Combinazione per la valutazione delle masse sismiche

Così come previsto al punto 3.2.4 del D.M 14/01/2008, le masse sismiche sono state valutate considerando la seguente combinazione:

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots \quad (4)$$

dove:

G_1, G_2 rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali,

ψ_{2i} rappresenta il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (quasi permanente);

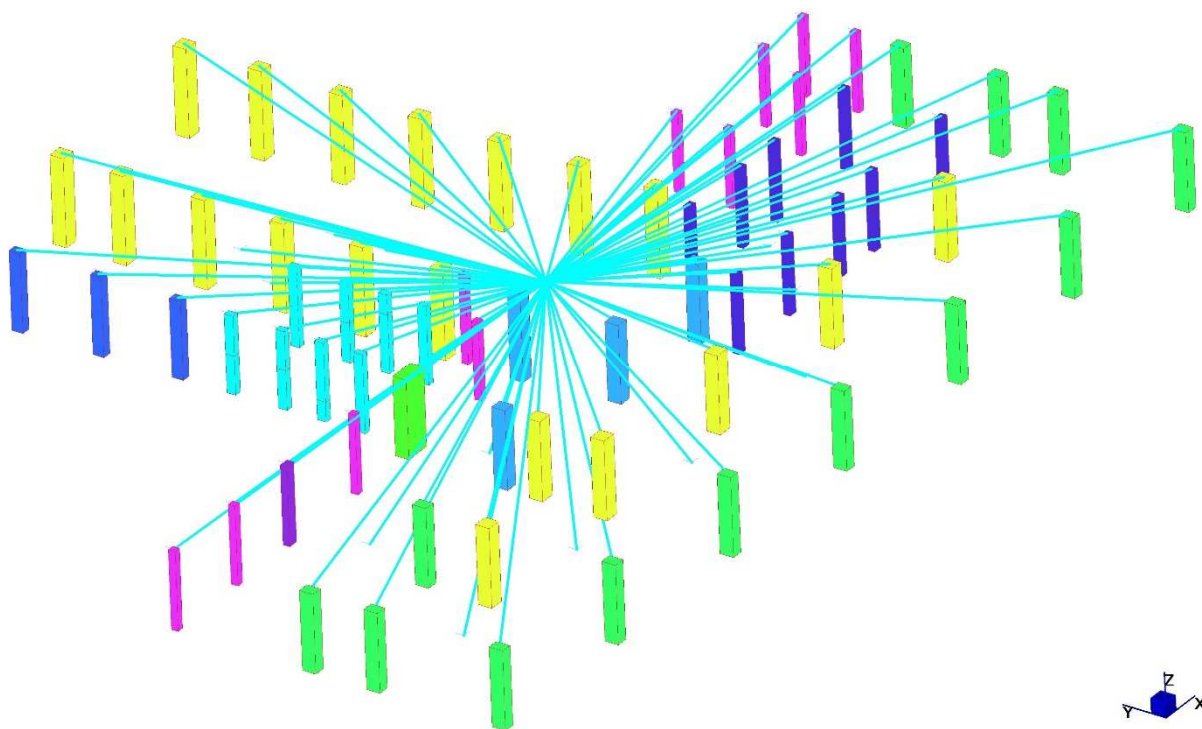
Q_{k1}, Q_{k2} carichi variabili (valore caratteristico)

Nel caso in oggetto si è assunto $\psi_2 = 0,60$ (ambienti suscettibili di affollamento) per i solaio di piano, $\psi_2 = 0$ per il solaio di copertura (neve).

8 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

La modellazione numerica della struttura è stata condotta mediante il software agli elementi finiti Straus7. Gli elementi monodimensionali (travi e pilastri) della struttura sono stati discretizzati tramite elementi beam a 2 nodi. Per quanto riguarda i solai si, sono impiegati elementi plate a 4 nodi del tipo “load patch” (ripartitore di carico).

Gli orizzontamenti, a cui è affidato il compito di ridistribuire sugli elementi verticali le forze d’inerzia indotte dal sisma, sono stati considerati infinitamente rigidi nel loro piano tramite l’inserimento di “rigid link” che collegano tutti i nodi del piano vincolandoli sul piano XY (figura sottostante).

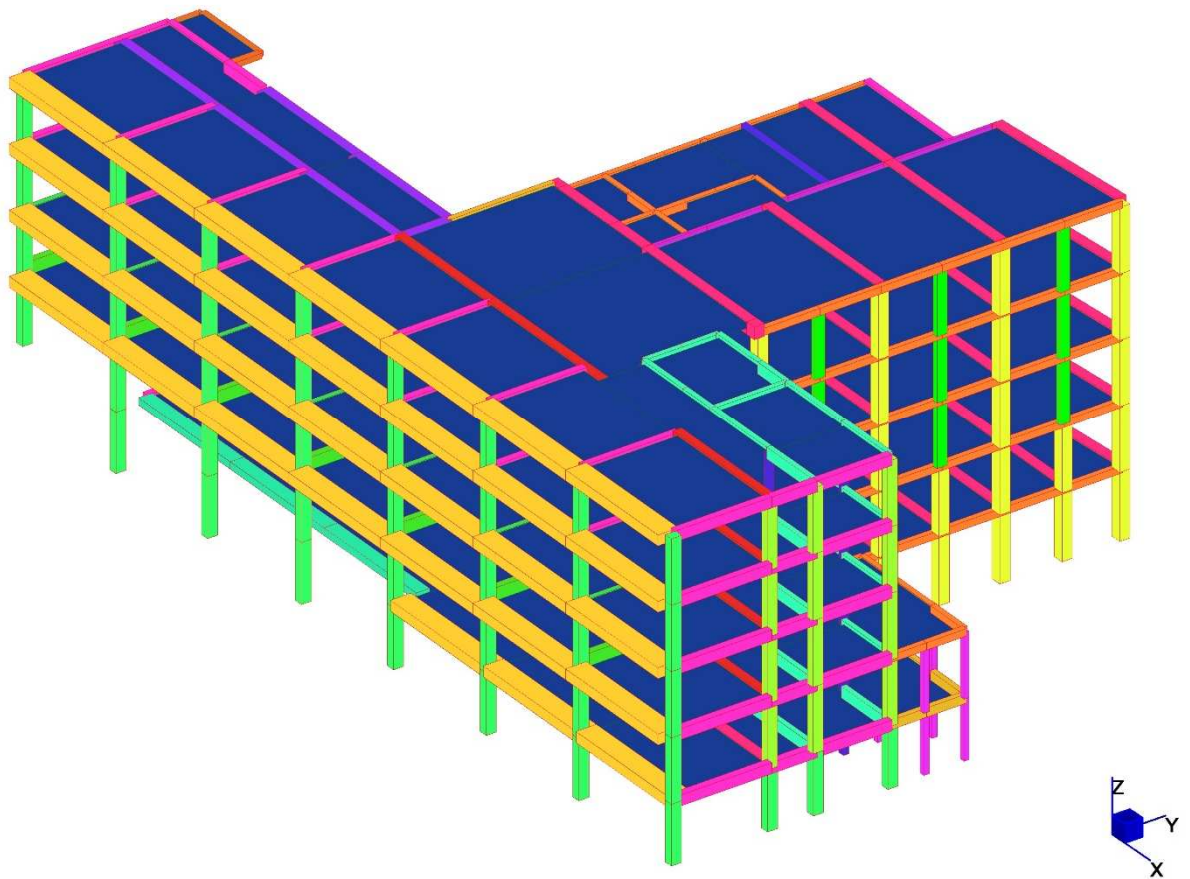


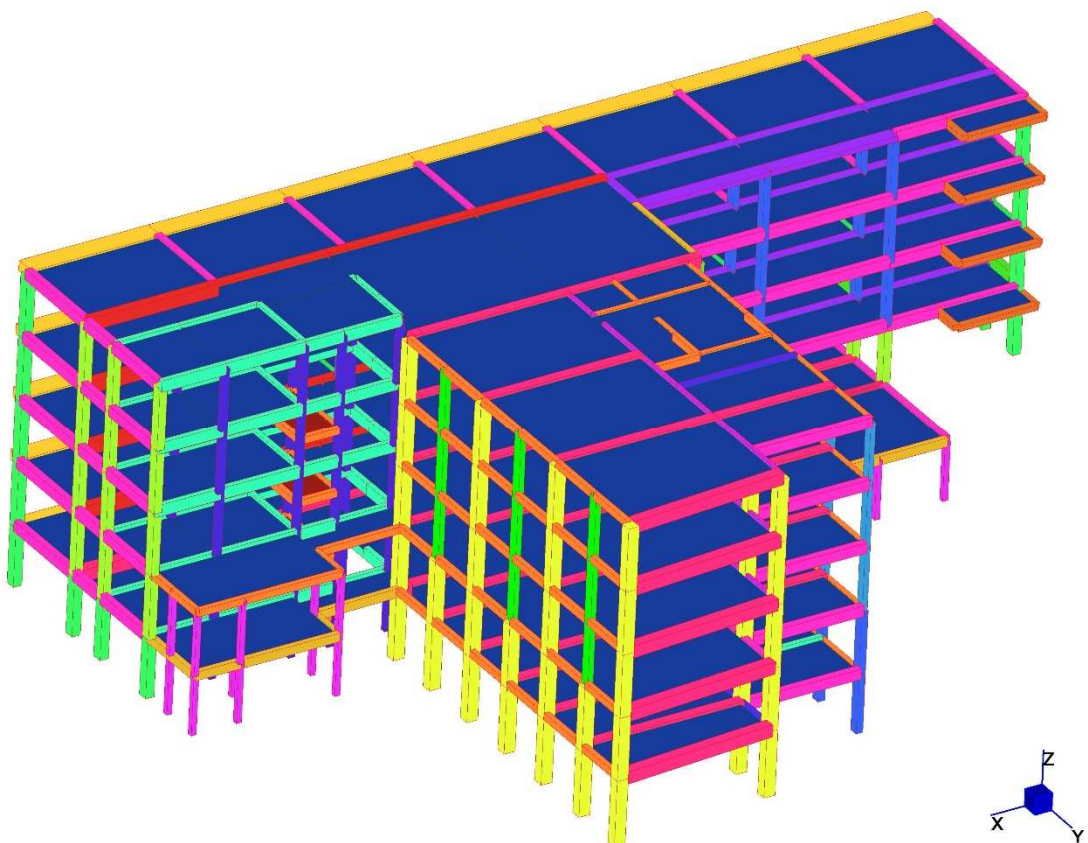
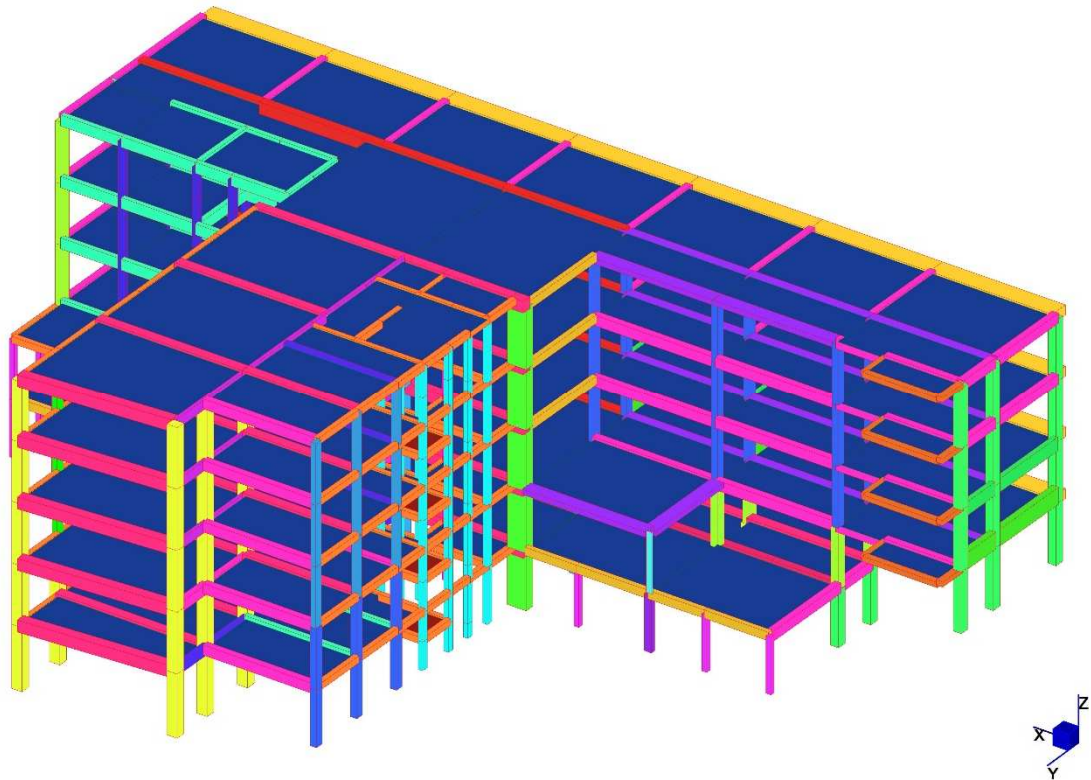
Gli elementi strutturali non portanti (tamponature, tramezzi) sono stati rappresentati unicamente come carichi assegnati (per unità di lunghezza o di superficie).

Alla base della struttura, sono stati considerati vincoli di incastro perfetto per gli elementi verticali che bloccano tutti e sei i gradi di libertà nodali.

La copertura, viste l'assenza di informazioni, e la scarsa rilevanza in ambito sismico, non è stata modellata, ma si è ovviamente tenuto in conto della sua massa attribuendo forfettariamente al solaio dell'ultimo piano i seguenti carichi: $G_1 = 160 \text{ kg/m}^2$; $G_2 = 60 \text{ kg/m}^2$.

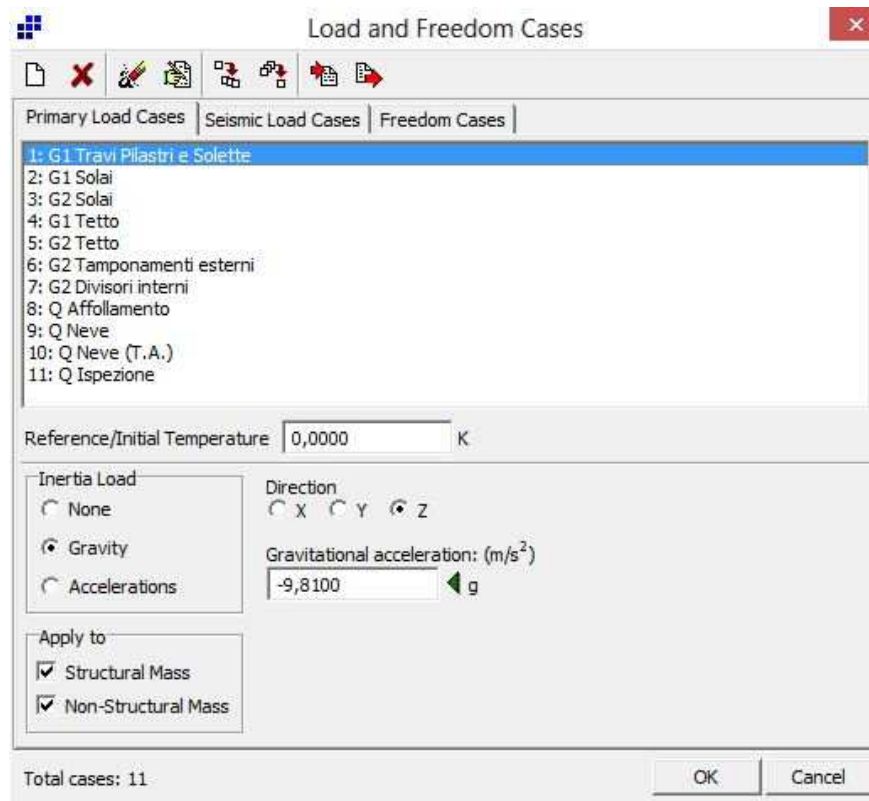
Si riportano di seguito i modelli tridimensionali dell'edificio in esame. I colori rappresentano le diverse tipologie di sezione di travi e pilastri.





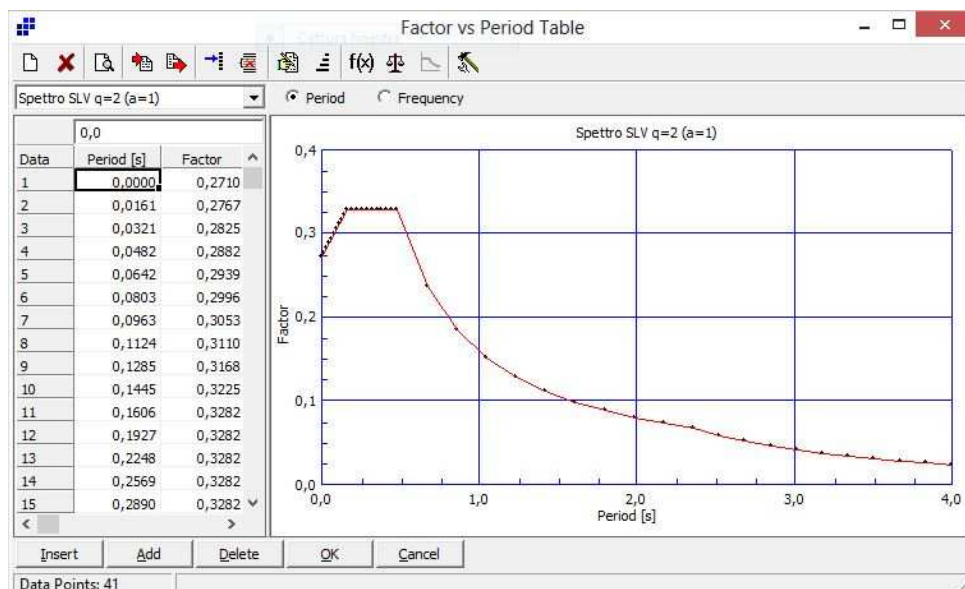
8.1. Implementazione dei carichi statici

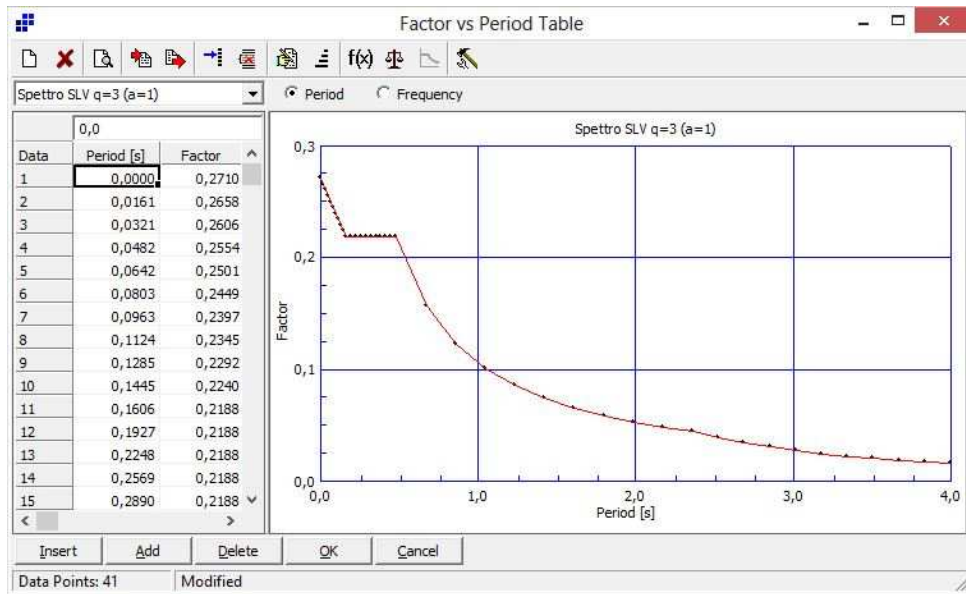
Nell'ambito dell'utilizzo di un programma di calcolo automatico agli elementi finiti come ausilio alla valutazione del comportamento statico e sismico della costruzione sono state analizzati i seguenti casi di carico:



8.2. Implementazione degli spettri

Per quanto riguarda l'azione sismica, questa è stata introdotta con l'adozione degli spettri di risposta diversificati per meccanismi duttili e fragili:





8.3. Implementazione dei coefficienti parziali

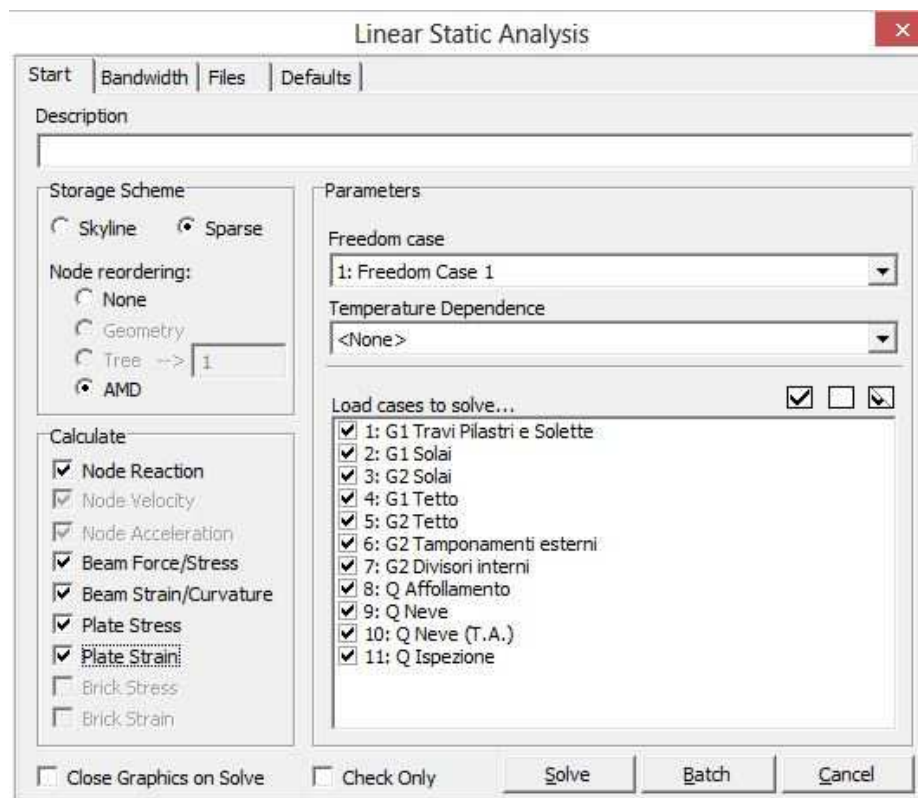
I coefficienti moltiplicativi usati per definire le combinazioni delle azioni sono state anch'esse inserite nel software utilizzando le disposizioni viste precedentemente. Nelle pagina seguenti sono stati messi in forma tabellare le combinazioni dei singoli casi di carico.

	COMBINAZIONI STATICHE							
	Tens. Amm.	SLU		SLE				
		Fondam. (Q _{Aff})	Fondam. (Q _{Neve})	Rara (Q _{Aff})	Rara (Q _{Neve})	Freq. (Q _{Aff})	Freq. (Q _{Neve})	Quasi Perman. (Q _{Aff})
G1 Travi Pilastr e Solette	1,0	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G1 Solai	1,0	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Solai	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G1 Tetto	1,0	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Tetto	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Tamponamenti Esterni	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Divisori Interni	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q Affollamento	1,0	1,5	1,1	1,0	0,7	0,7	0,6	0,6
Q Neve	0,0	0,8	1,5	0,5	1,0	0,0	0,2	0,0
Q Neve (T.A.)	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q Ispezione	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ey	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	COMBINAZIONI SISMICHE							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
G1 Travi Pilastri e Solette	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G1 Solai	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Solai	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G1 Tetto	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Tetto	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Tamponamenti Esterni	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G2 Divisori Interni	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q Affollamento	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Q Neve	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q Neve (T.A.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q Ispezione	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ex	1,0	1,0	-1,0	-1,0	0,3	-0,3	0,3	-0,3
Ey	0,3	-0,3	0,3	-0,3	1,0	1,0	-1,0	-1,0

8.4. Modalità di analisi statica

L'analisi statica è stata condotta tramite il solutore in modalità "Linear Static". Viene di seguito esposto il menù relativo a tale analisi:



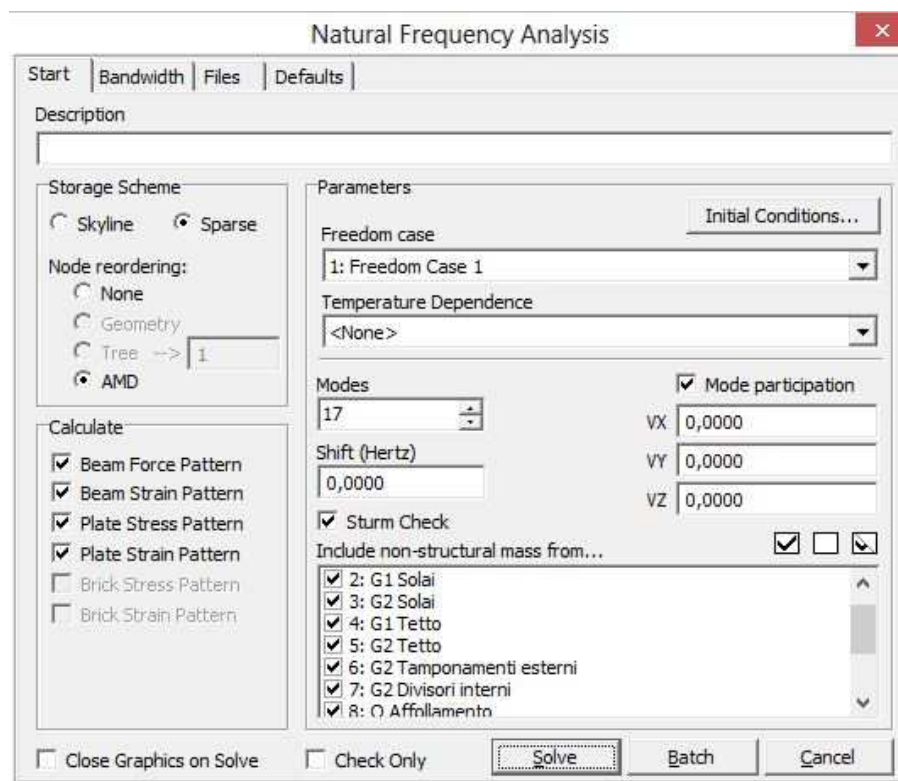
8.5. Modalità di analisi sismica

Le sollecitazioni sismiche sono state ricavate con un'analisi modale a spettro di risposta; nell'ambiente di calcolo Straus7 tale procedura si traduce in ulteriori due analisi.

- Analisi delle frequenze proprie del sistema (“Natural Frequency”)
- Analisi a spettro di risposta (“Spectral Response”)

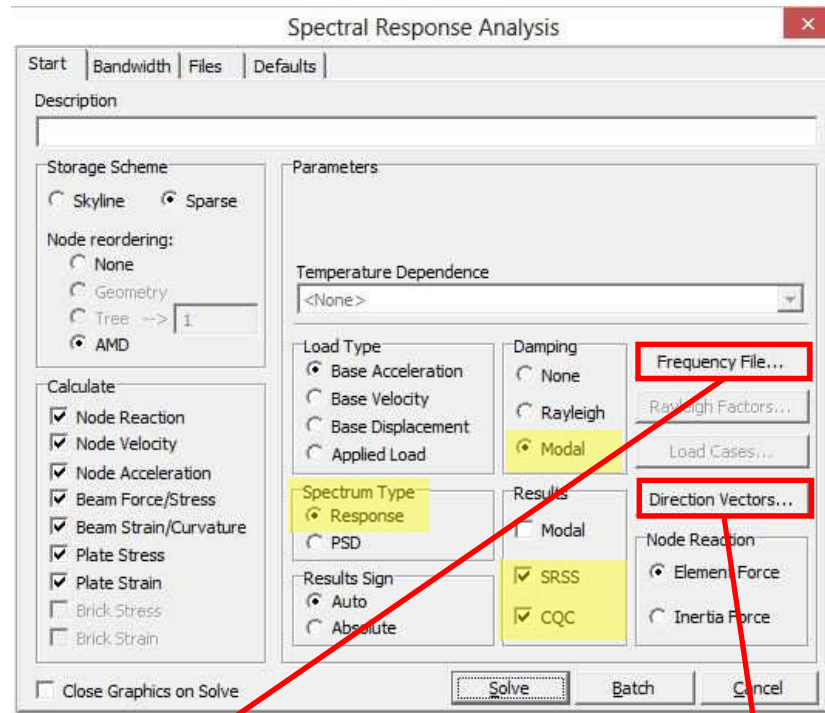
8.5.1. Analisi del tipo “Natural Frequency”

L'analisi del tipo “Natural Frequency” serve ad individuare i vari modi di vibrare della struttura. Di seguito è riportato il menù di tale analisi.



8.5.2. Analisi del tipo “Spectral Response”

L’analisi del tipo “Spectral Response” determina gli effetti dell’azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati con l’analisi di cui al punto precedente. Anche di questa analisi riportiamo le impostazioni utilizzate:



Solver Files

Frequency file
C:\Users\Tommaso\Desktop\Tes\MODELLO\Modello Sabin q

Mode	Frequency (Hz)	Include	Damping Ratio
1	1,4286	✓	0,0500
2	1,5004	✓	0,0500
3	1,7464	✓	0,0500
4	4,2161	✓	0,0500
5	4,4878	✓	0,0500
6	4,9498	✓	0,0500
7	6,5507	✓	0,0500
8	6,6189	✓	0,0500
9	6,6927	✓	0,0500
10	7,6957	✓	0,0500
11	7,8273	✓	0,0500
12	8,6381	✓	0,0500
13	9,8481	✓	0,0500
14	9,8963	✓	0,0500
15	9,9670	✓	0,0500
16	10,0620	✓	0,0500
17	10,9414	✓	0,0500

Load Factors

Case	Spectral Case Name	SpectralTable	Factor: X	Factor: Y	Factor: Z
1	Ex	Spettro q=3 (a=1)	9,81	0,0	0,0
2	Ey	Spettro q=3 (a=1)	0,0	9,81	0,0

9 PROCEDURA PER LA STIMA DELL'ACCELERAZIONE DI COLLASSO

9.1. Considerazioni sulle scelte fatte e sugli obiettivi

L'analisi di vulnerabilità verrà di seguito condotta con l'obiettivo di ottenere una stima dell'accelerazione di collasso dell'edificio. Tale valore verrà paragonato a quello ottenuto tramite la metodologia speditiva denominata "resisto".

Considerata la scarsa attendibilità degli elaborati di calcolo, la totale assenza di tavole esecutive delle travi, nonché l'impossibilità di compiere un rilievo dettagliato ed esaustivo di tutte gli elementi orizzontali, nel modello di calcolo sono stati attribuite le sezioni delle travi con un criterio di similarità, stabilendo cioè delle sezioni tipo (in virtù dei rilievi) da attribuire agli elementi con funzioni statiche analoghe. Inoltre vista la conformazione dell'edificio (irregolarità in pianta ed in altezza) ed analizzando i suoi elementi di vulnerabilità sismica (pilotis a piano terra), si può ragionevolmente pensare che la sua risposta sismica sia maggiormente legata al comportamento dei pilastri (in relazione ad una crisi di piano) piuttosto che a quello delle travi.

Per tutte le ragioni esposte finora riteniamo che possa essere maggiormente significativo uno studio condotto solo sugli elementi verticali ed in particolare su quelli dei piani interrato (di cui abbiamo le informazioni più dettagliate e aderenti allo stato di fatto), terra e primo.

9.2. Procedura di calcolo

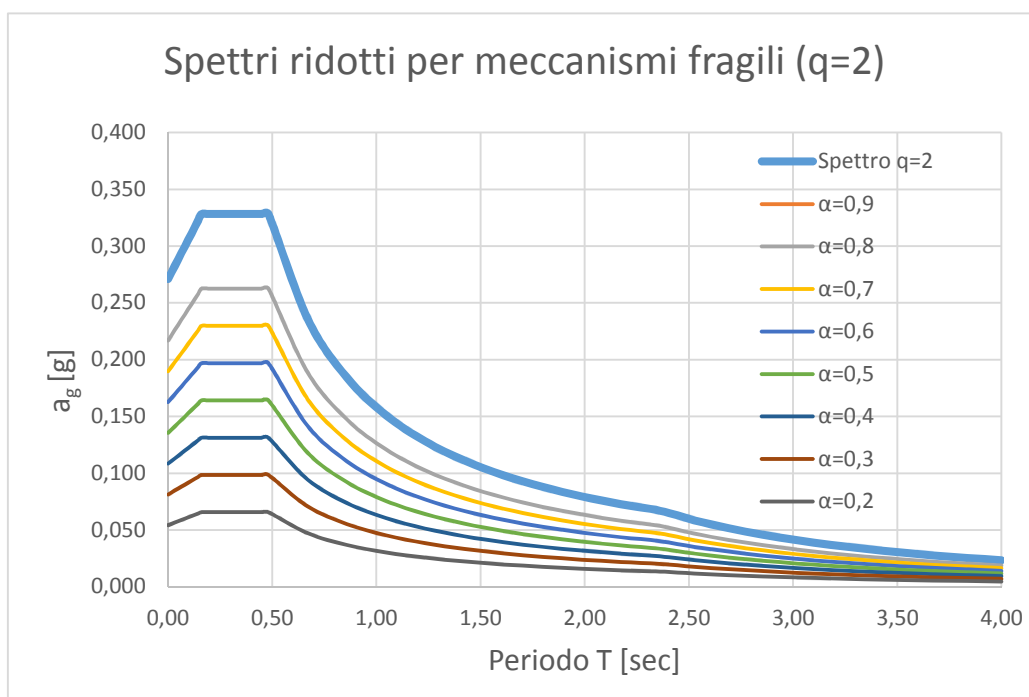
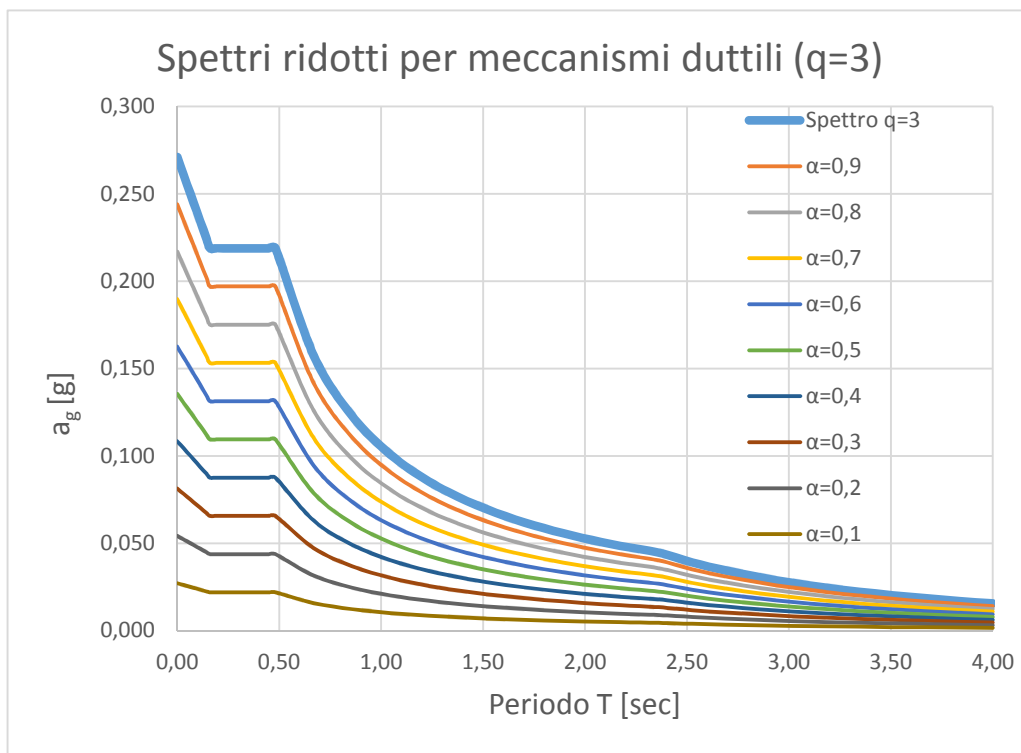
La procedura di calcolo atta alla definizione delle accelerazioni ultime consiste sostanzialmente in un processo iterativo che può essere riassunto nei seguenti punti:

1. si applica al modello lo spettro di progetto (relativo al meccanismo in analisi);
2. si ricavano le sollecitazioni indotte dall'effetto di tale spettro (combinata come da normativa con le azioni statiche);
3. si effettuano le verifiche di resistenza degli elementi;

Se il numero di elementi non verificati è maggiore di due il processo prosegue con la successiva iterazione nella quale, al punto uno, verrà adottato lo spettro di progetto ridotto del coefficiente α (che ad ogni iterazione successiva calerà, ad esempio da 0,9 a 0,8 e così via).

Il processo prosegue finché le sollecitazioni indotte dallo spettro (ad ogni iterazione sempre più ridotto al diminuire di α) portano alla crisi il primo elemento.

Tale procedura verrà condotta sia per i meccanismi duttili che per quelli fragili, partendo dal loro rispettivo spettro di progetto ridotto del fattore di struttura ($q = 3$ per gli elementi duttili e $q = 2$ per gli elementi fragili).



9.3. Formule di verifica adottate

Si sono condotte verifiche di resistenza allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione semplice o deviata) e per sollecitazioni taglianti secondo quanto indicato dalle NTC 2008 controllando che in ogni sezione sia verificata la disuguaglianza:

$$R_d \geq S_d$$

Sono di seguito riportati i modelli utilizzati per la definizione dei modelli di resistenza utilizzati per le verifiche rispettivamente nei riguardi della pressoflessione e del taglio.

9.3.1. Verifiche a pressoflessione semplice

Per la verifica di resistenza agli SLU si assumono le resistenze di calcolo e le deformazioni dei materiali (acciaio e calcestruzzo), come definiti al paragrafo riguardante le resistenze dei materiali. Il procedimento rigoroso prevede che, dall'equilibrio alla traslazione e alla rotazione delle risultanti interne alla sezione, si ottenga il valore dello sforzo normale resistente ultimo e del momento resistente ultimo, secondo le espressioni:

$$0,8 \cdot b \cdot f_{cd} + A'_s \cdot f_{yd} - A_s \cdot f_{yd} = N_{Rd}$$

$$0,8 \cdot b \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - 0,4 \cdot x\right) + A'_s \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right) - A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - c'\right) = M_{Rd}$$

Nelle quali le tensioni nelle barre di armatura sono date da:

$$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s = 0,0035 \cdot \frac{d - x}{x} \cdot E_s \leq f_{yd}$$

$$\sigma'_s = E_s \cdot \epsilon'_s = 0,0035 \cdot \frac{x - d'}{x} \cdot E_s \leq f_{yd}$$

La crisi viene definita per il raggiungimento della deformazione ultima nel calcestruzzo compresso, assumendo, in accordo con le NTC 2008, che la deformazione ultima dell'acciaio teso sia illimitata.

Le verifiche sono state condotte con l'ausilio di una formulazione semplificata del dominio resistente a pressoflessione nella quale la relazione tra momento limite M_{Rd} e sforzo normale limite N_{Rd} può essere espressa mediante la seguente relazione (formulazione di A. Ghersi):

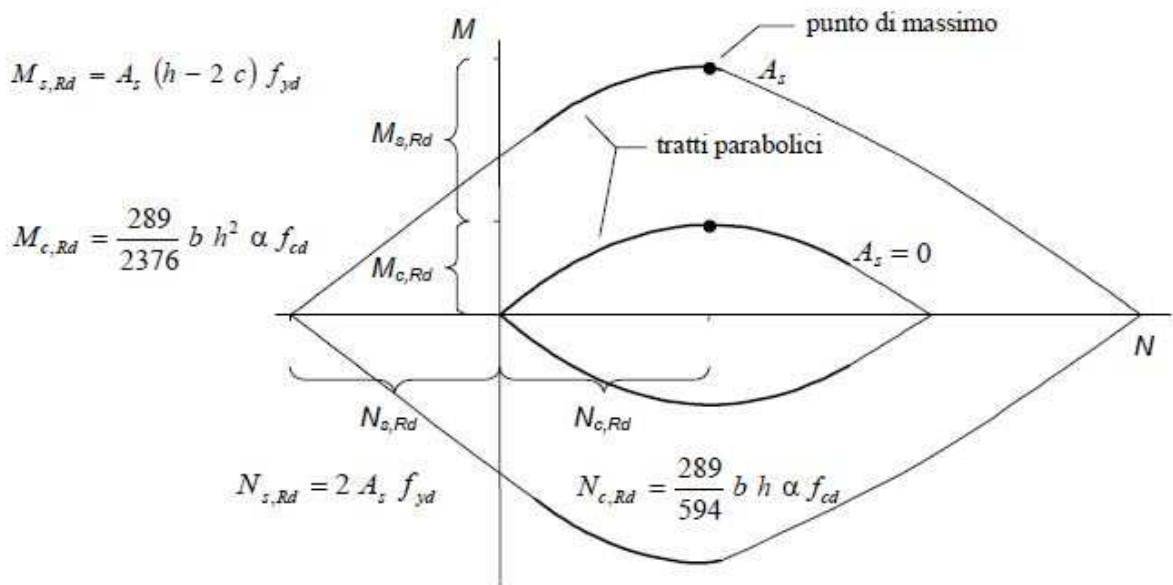
$$M_{Rd} = (M_{c,Rd} + M_{s,Rd}) \cdot \left[1 - \left| \frac{N_{Sd} - N_{c,Rd}}{N_{c,Rd} + N_{s,Rd}} \right|^m \right] \quad ; \quad m = 1 + \left(\frac{N_{c,Rd}}{N_{c,Rd} + N_{s,Rd}} \right)$$

Dove si sono indicati i simboli:

$$N_{c,Rd} = \frac{289}{594} \cdot b \cdot h \cdot f_{cd} \quad ; \quad M_{c,Rd} = \frac{289}{2376} \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd}$$

$$N_{s,Rd} = 2 \cdot A_s \cdot f_{yd} \quad ; \quad M_{s,Rd} = A_s \cdot (h - 2 \cdot c) \cdot f_{yd}$$

N_{Sd} = Sforzo Normale Sollecitante di progetto



9.3.2. Verifiche a pressoflessione deviata

Le formule appena esposte per la pressoflessione retta sono state utilizzate, nelle due direzioni ortogonali, per ottenere i momenti resistenti rispetto agli assi X e Y, dopodiché sono state condotte le verifiche usuali come da normativa (dominio alla Bressler):

$$\left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} \right)^n + \left(\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right)^n \leq 1 \quad ; \quad n = 1,5$$

9.3.3. Verifiche a taglio

La resistenza a taglio di elementi quali solette, piastre o membrature sprovviste di armatura specifica a taglio viene valutata con la seguente formulazione (NTC 2008):

$$V_{Rd} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Con

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

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

d = altezza utile della sezione in mm

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

b_w = larghezza minima della sezione in mm

La presenza di armature specifiche a taglio produce un'importante incremento della capacità portante a taglio della trave stessa. La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio viene valutata in base alla teoria di Ritter-Morsch, secondo la quale la resistenza è affidata ad un traliccio ideale formato da:

- Un corrente superiore (compresso) di calcestruzzo che si estende al di sopra dell'asse neutro;
- Un corrente inferiore (teso) formato dall'armatura longitudinale inferiore;
- Bielle inclinate di calcestruzzo compresso (punteri) con inclinazione θ (tale inclinazione viene definita nel seguito):
- Elementi tesi formati dall'armatura trasversale (staffe o ferri piegati) aventi una generica inclinazione α

L'inclinazione delle bielle di calcestruzzo è variabile tra i valori $\theta = 45^\circ$ e $\theta = 21,8^\circ$ ovvero:

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

Dall'equilibrio del traliccio soggetto alla forza di scorrimento S e uguagliando la resistenza delle bielle di acciaio e puntoni di calcestruzzo alle forze agenti sul traliccio, si ottengono le espressioni che definiscono il taglio limite in funzione delle caratteristiche del calcestruzzo e della quantità di armature trasversali:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{s,w}}{s} \cdot f_{yd,w} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha$$

Dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto precedentemente e inoltre si è posto:

A_{sw} = area dell'armatura trasversale

s = interasse tra due armature trasversali consecutive

α = angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima = $0,5 \cdot f_{cd}$

α_c = coefficiente maggiorativo dipendente dal livello di compressione

$\alpha_c = 1$ per membrature non compresse

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} \leq 0,25f_{cd}$

$\alpha_c = 1,25$ per $0,25f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5f_{cd}$

$\alpha_c = 2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$ per $0,5f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq f_{cd}$

Utilizzando $\theta = 45^\circ$ come inclinazione delle bielle compresse, le espressioni appena viste si specializzano nel caso di staffe ($\alpha = 90^\circ$) e nel caso di ferri piegati (tipicamente $\alpha = 45^\circ$):

$$STAFFE \rightarrow \begin{cases} \cot \alpha = 0 \\ \cot \theta = 1 \end{cases}$$

$$FERRI PIEGATI \rightarrow \begin{cases} \cot \alpha = 1 \\ \cot \theta = 1 \end{cases}$$

In presenza di staffe avremo:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{s,w}}{s} \cdot f_{yd,w}$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{1}{2}$$

Mentre nel caso di ferri piegati:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{s,w}}{s} \cdot f_{yd,w} \cdot \sqrt{2}$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd}$$

La resistenza a taglio degli elementi e la conseguente verifica verranno definite nel modo seguente:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd}) \geq V_{Sd}$$

Dove V_{Sd} è il taglio sollecitante di progetto.

9.5. Comportamento dinamico della struttura

Le NTC 2008 prescrivono di considerare, per l'analisi strutturale, i primi modi di vibrare di una struttura fino a raggiungere almeno l'85% della massa partecipante in ciascuna delle due direzioni orizzontali principali considerate. Tale requisito è stato rispettato per il modello numerico utilizzato e si sono ottenuti i risultati di seguito riportati:

MODE	PARTICIPATION				
Mode	Frequency (Hz)	Modal Mass (Engineering)	PF-X (%)	PF-Y (%)	PF-Z (%)
1	1.429E+00	1.106E+06	0.754	68.836	0.000
2	1.500E+00	2.035E+06	76.085	1.446	0.000
3	1.746E+00	5.208E+05	1.245	9.282	0.000
4	4.216E+00	1.188E+06	0.042	11.167	0.005
5	4.488E+00	1.781E+06	10.799	0.312	0.000
6	4.950E+00	6.652E+05	1.235	0.869	0.002
7	6.551E+00	5.784E+03	0.000	0.022	0.081
8	6.619E+00	5.458E+03	0.002	0.001	0.405
9	6.693E+00	4.465E+03	0.000	0.029	0.136
10	7.696E+00	1.848E+06	2.016	1.460	0.001
11	7.827E+00	6.836E+05	1.765	2.477	0.000
12	8.638E+00	8.753E+04	1.167	0.100	0.001
13	9.848E+00	3.219E+03	0.003	0.024	0.167
14	9.896E+00	4.897E+03	0.000	0.012	0.027
15	9.967E+00	4.649E+03	0.000	0.001	0.007
16	1.006E+01	4.387E+03	0.000	0.000	0.003
17	1.094E+01	3.928E+05	1.783	0.007	0.023
TOTAL MASS PARTICIPATION FACTORS			96.898	96.046	0.859

Mode	Eigenvalue	Frequency (rad/s)	Frequency (Hertz)
1	8.05659999E+01	8.97585650E+00	1.42855193E+00
2	8.88729261E+01	9.42724382E+00	1.50039245E+00
3	1.20410752E+02	1.09731833E+01	1.74643636E+00
4	7.01737061E+02	2.64903201E+01	4.21606539E+00
5	7.95096356E+02	2.81974530E+01	4.48776403E+00
6	9.67245715E+02	3.11005742E+01	4.94981012E+00
7	1.69410518E+03	4.11595090E+01	6.55073931E+00
8	1.72956117E+03	4.15879931E+01	6.61893467E+00
9	1.76831355E+03	4.20513204E+01	6.69267550E+00
10	2.33807306E+03	4.83536251E+01	7.69571845E+00
11	2.41869950E+03	4.91802755E+01	7.82728395E+00
12	2.94572344E+03	5.42745193E+01	8.63805803E+00
13	3.82882903E+03	6.18775325E+01	9.84811517E+00
14	3.86640761E+03	6.21804440E+01	9.89632502E+00
15	3.92182776E+03	6.26244981E+01	9.96699843E+00
16	3.99696557E+03	6.32215594E+01	1.00620237E+01
17	4.72614474E+03	6.87469617E+01	1.09414188E+01

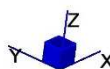
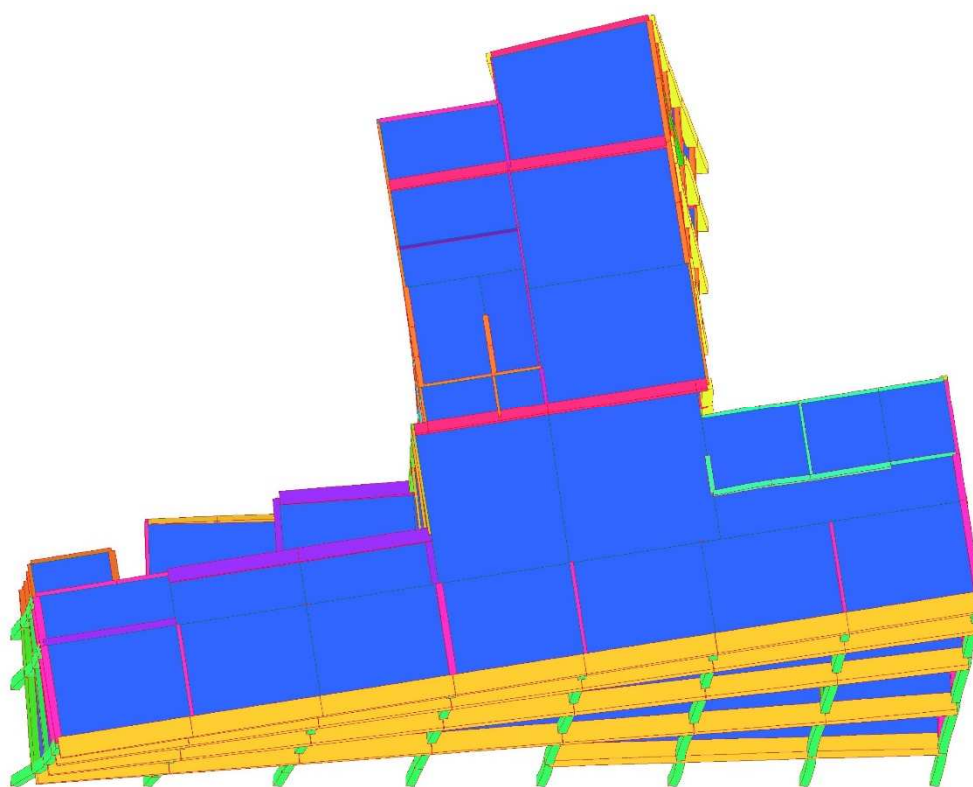
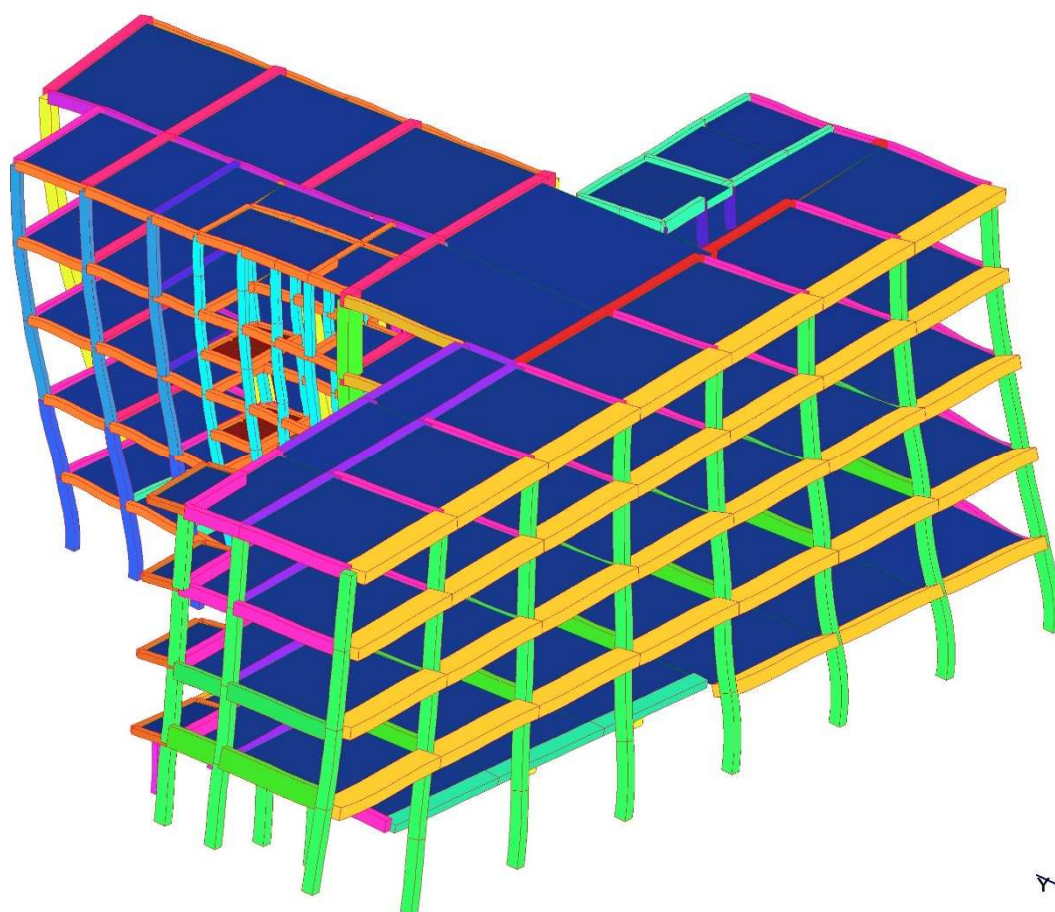
Ricapitolando i risultati dell'analisi modale:

Mode	Frequency [Hz]	T [sec]	Autovalori	Massa Modale	PF-X [%]	PF-Y [%]
1	1,43	0,70	80,57	1106000	0,754	68,836
2	1,50	0,67	88,87	2035000	76,085	1,446
3	1,75	0,57	120,41	520800	1,245	9,282
4	4,22	0,24	701,74	1188000	0,042	11,167
5	4,49	0,22	795,10	1781000	10,799	0,312
6	4,95	0,20	967,25	665200	1,235	0,869
7	6,55	0,15	1694,11	5784	0	0,022
8	6,62	0,15	1729,56	5458	0,002	0,001
9	6,69	0,15	1768,31	4465	0	0,029
10	7,70	0,13	2338,07	1848000	2,016	1,46
11	7,83	0,13	2418,70	683600	1,765	2,477
12	8,64	0,12	2945,72	87530	1,167	0,1
13	9,85	0,10	3828,82	3219	0,003	0,024
14	9,90	0,10	3866,40	4897	0	0,012
15	9,97	0,10	3921,83	4649	0	0,001
16	10,06	0,10	3996,95	4387	0	0
17	10,94	0,09	4726,03	392800	1,783	0,007
					96,90	96,05

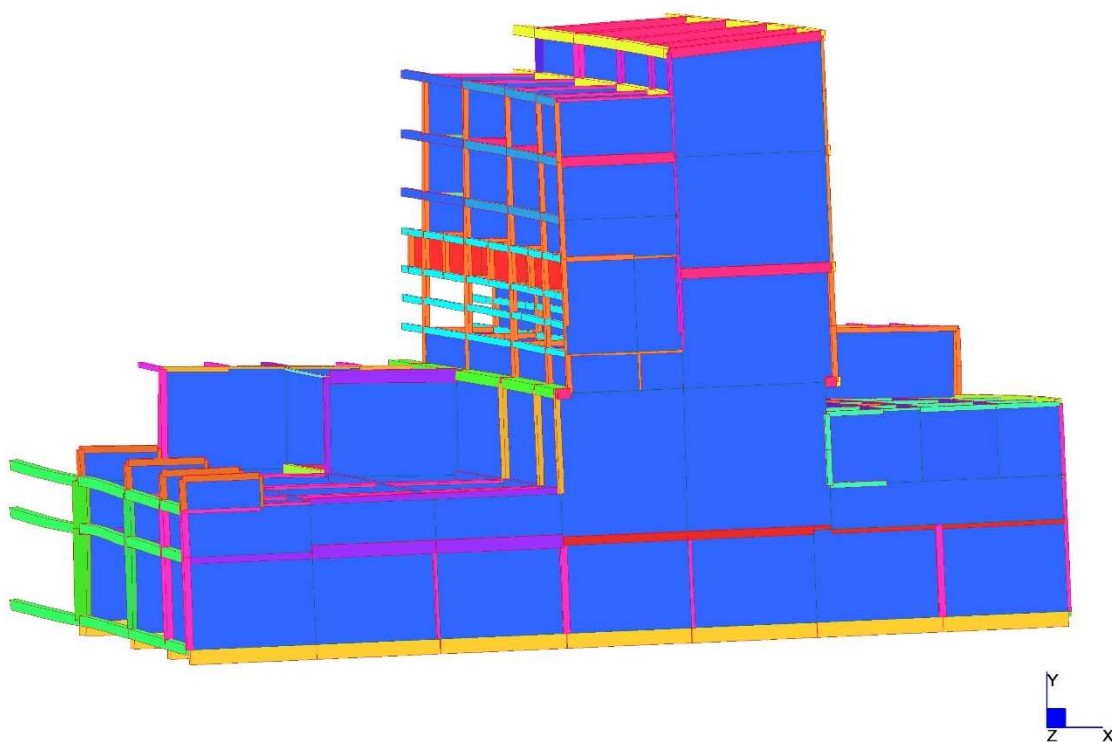
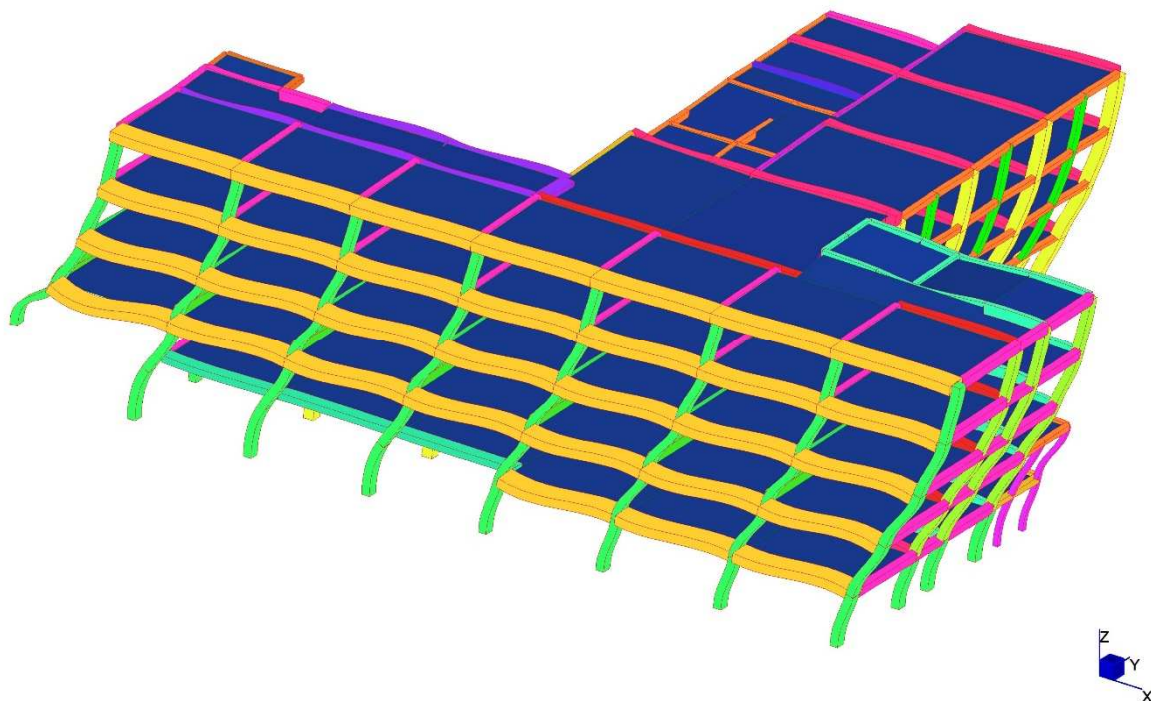
I primi 17 modi di vibrare (considerati nelle analisi dinamiche a spettro di risposta che costituiscono la base per le verifiche sismiche di cui ai capitoli successivi) forniscono una massa partecipante totale pari superiore all'85%, ovvero al minimo richiesto da normativa. La sovrapposizione dei modi per il calcolo di sollecitazioni e spostamenti complessivi è stata effettuata adottando una Combinazione Quadratica Completa (CQC) ed una SRSS.

Nelle figure delle pagine seguenti vengono riportate le deformate modali relative ai principali e maggiormente significativi modi di vibrare della struttura.

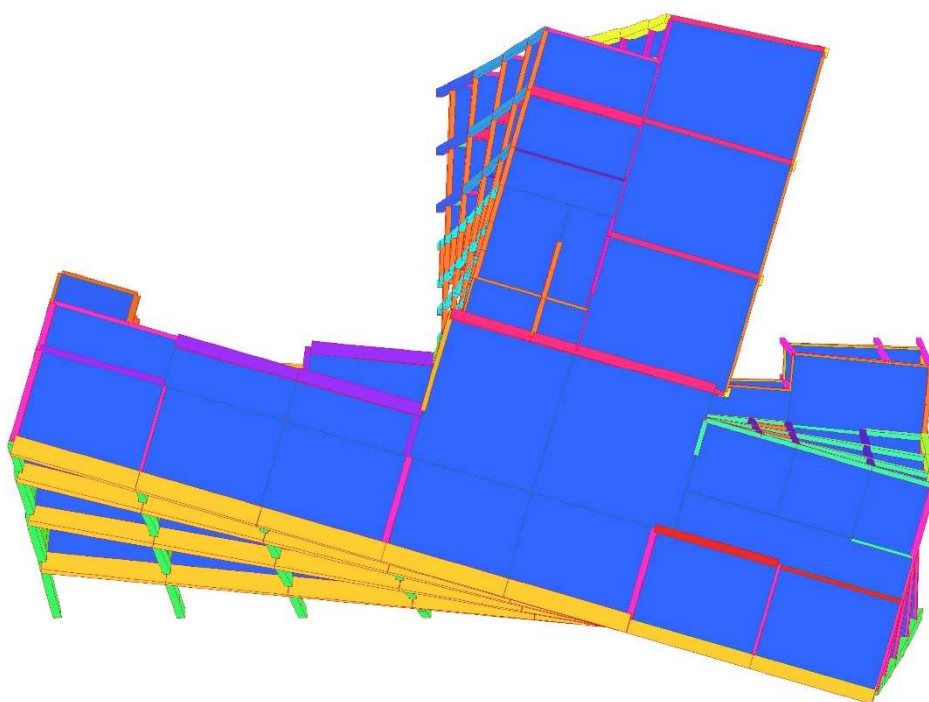
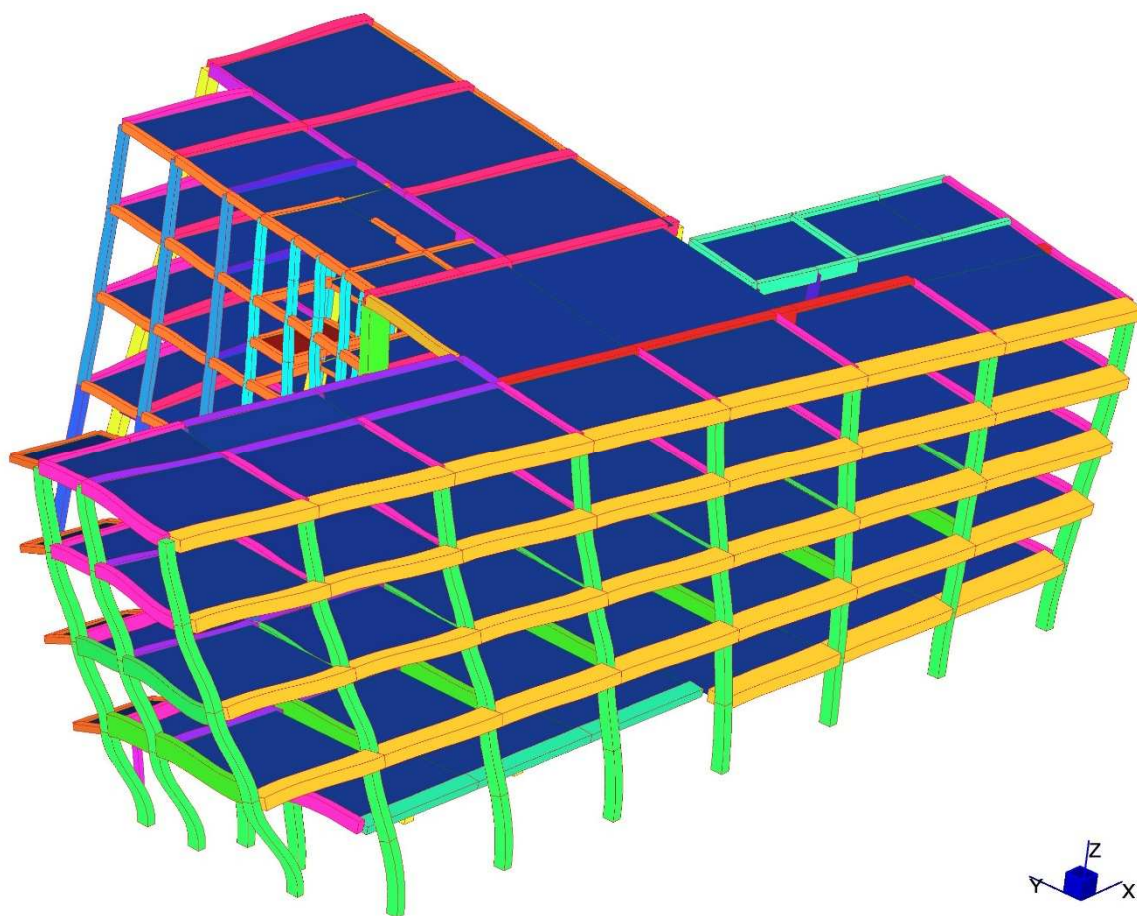
9.5.1. Primo modo di vibrare (1,43 Hz)



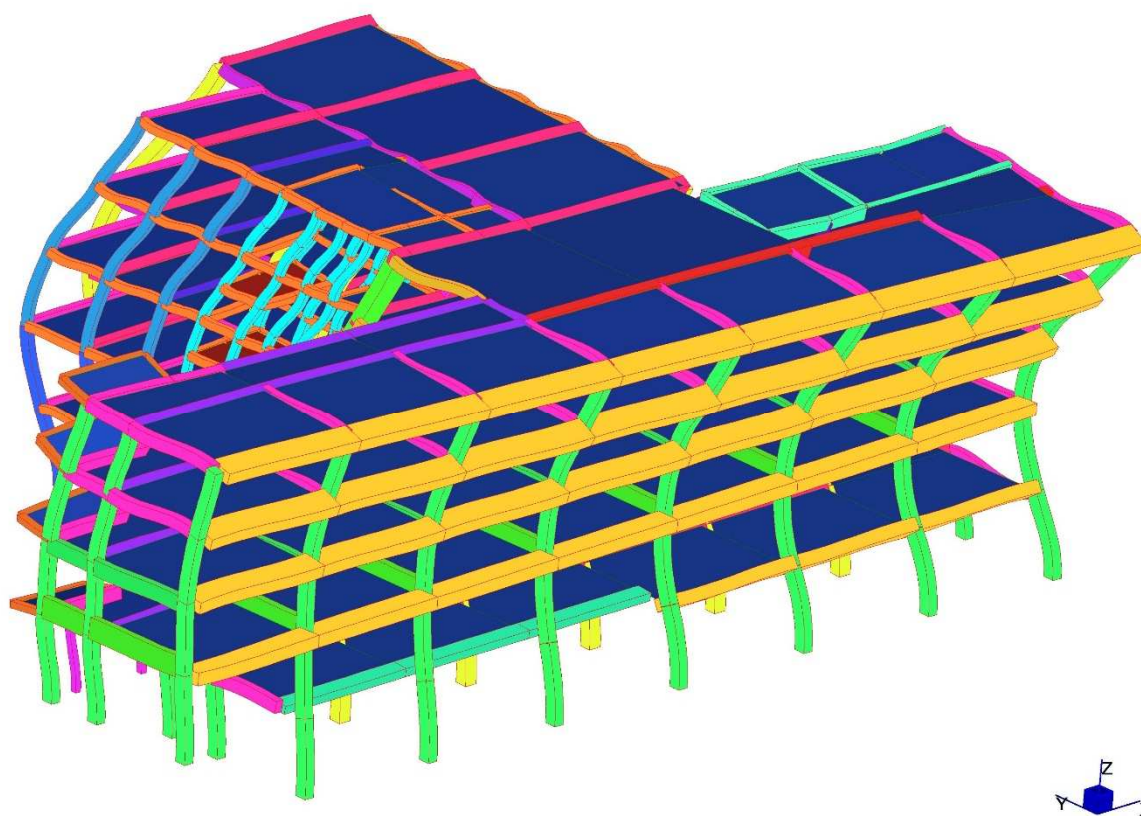
9.5.2. Secondo modo di vibrare (1,50 Hz)



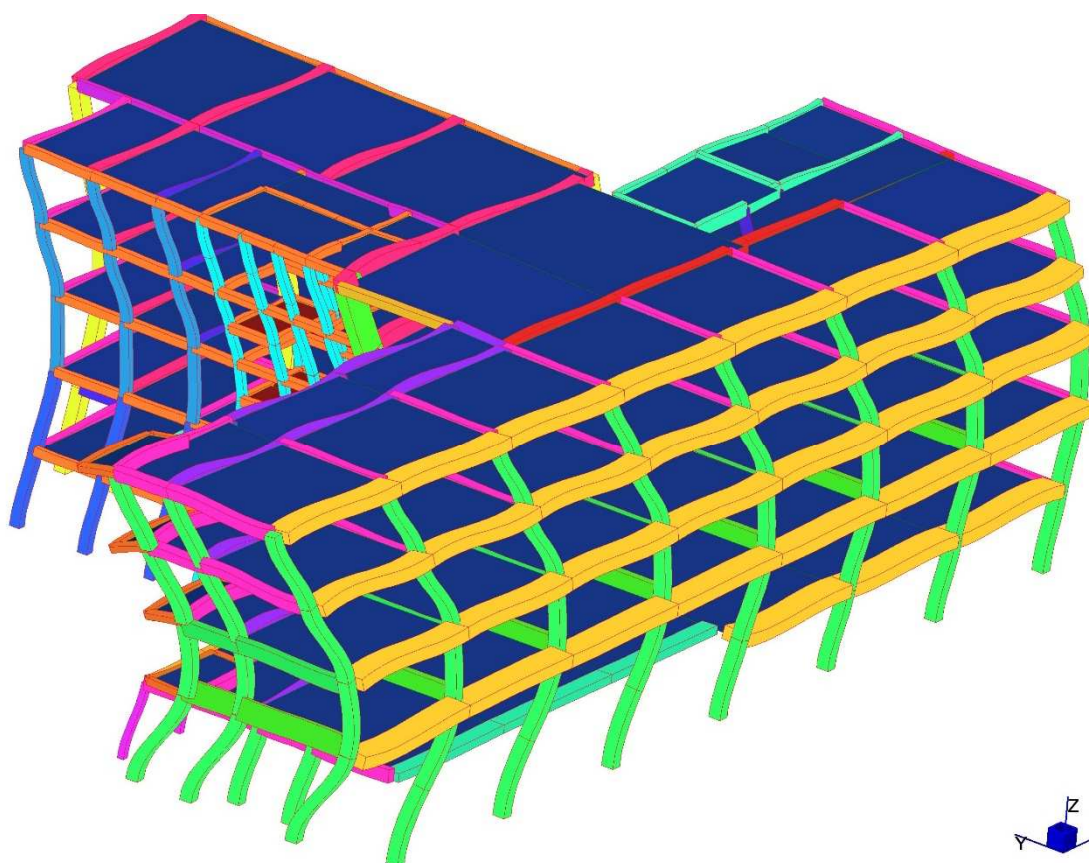
9.5.3. Terzo modo di vibrare (1,75 Hz)



9.5.4. Quarto modo di vibrare (4,22 Hz)



9.5.5. Quinto modo di vibrare (4,49 Hz)

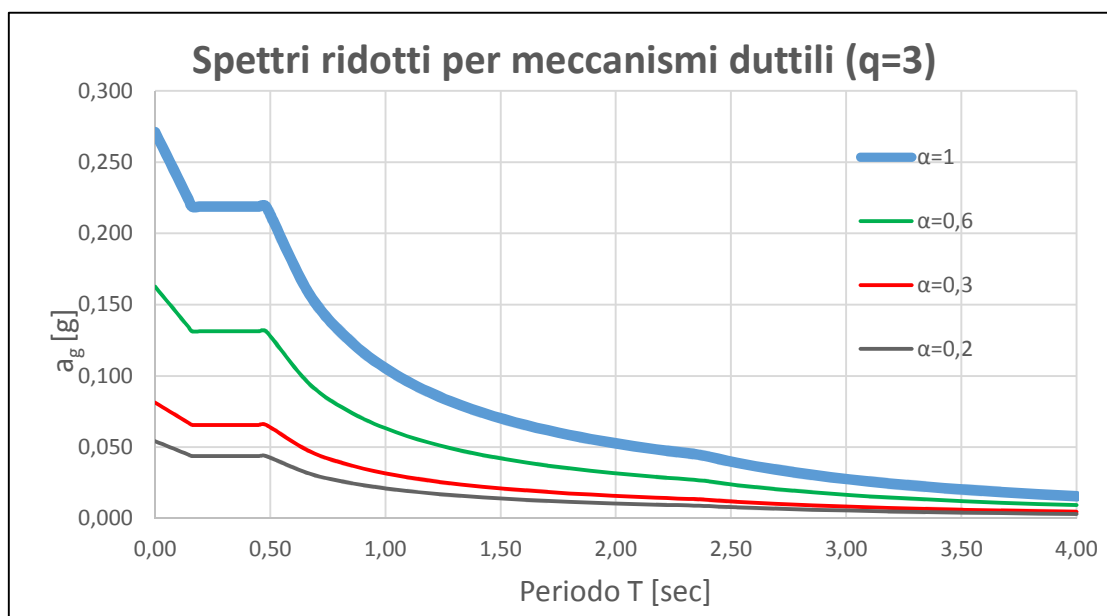


10 RISULTATI DELL'ANALISI DI VULNERABILITA'

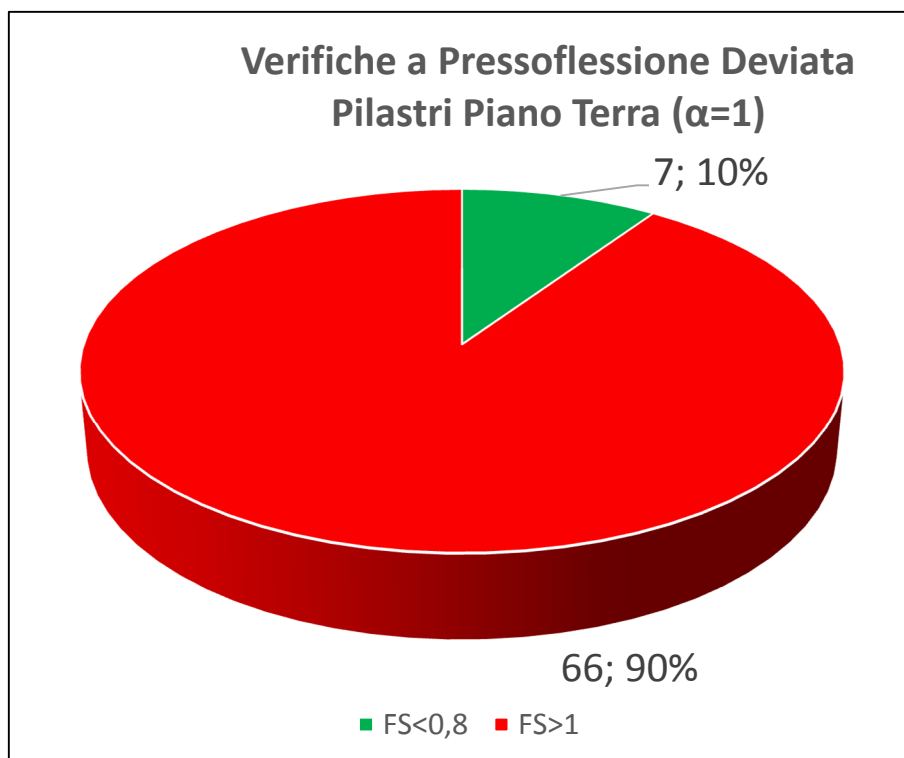
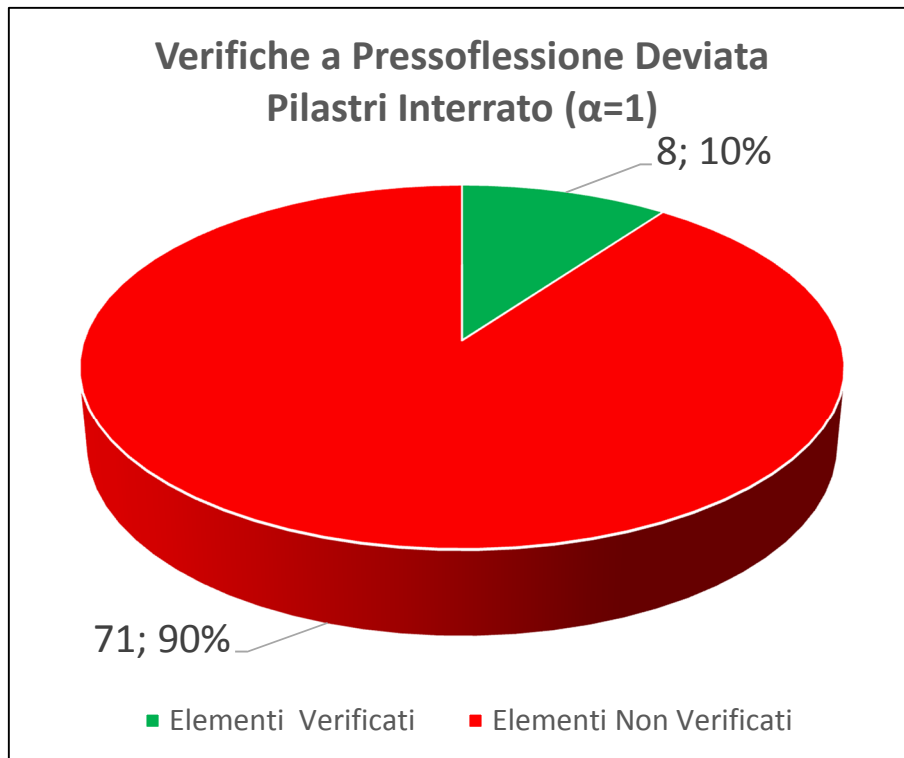
Sono state quindi esportate dal software Straus7 le sollecitazioni degli elementi strutturali per le varie combinazioni di carico e si è proceduto a condurre le verifiche utilizzando degli opportuni fogli di calcolo precedentemente testati e validati. Per i modelli utilizzati per la definizione dei valori di resistenza da adottare per le verifiche vale quanto già indicato al capitolo 4.7 della presente tesi. Come precedentemente esposto, le verifiche verranno condotte diversificando gli spettri per meccanismi duttili e per meccanismi fragili. Nel primo caso ci riferiremo ad uno spettro ridotto di un fattore di struttura pari a tre nel secondo caso lo spettro di riferimento sarà calcolato utilizzando un fattore di struttura pari a due. A partire da tali spettri di riferimento, questi verranno ridotti progressivamente fino ad ottenere la crisi dei primi elementi.

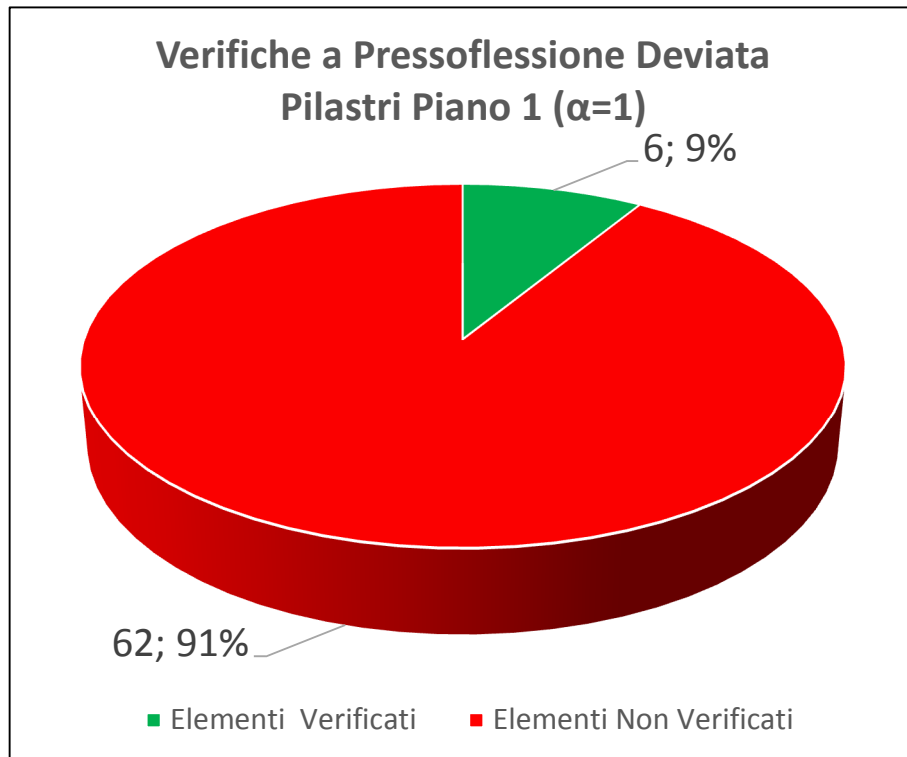
10.1. Vulnerabilità sismica: meccanismi duttili

Esponiamo in primo luogo i risultati delle analisi condotte nei confronti delle sollecitazioni sismiche ottenute con lo spettro di riferimento (in figura quello in azzurro). Seguiranno poi i risultati delle verifiche riferite agli spettri via via ridotti.



10.1.1. Verifiche a pressoflessione deviata: Spettro non ridotto ($\alpha = 1$)

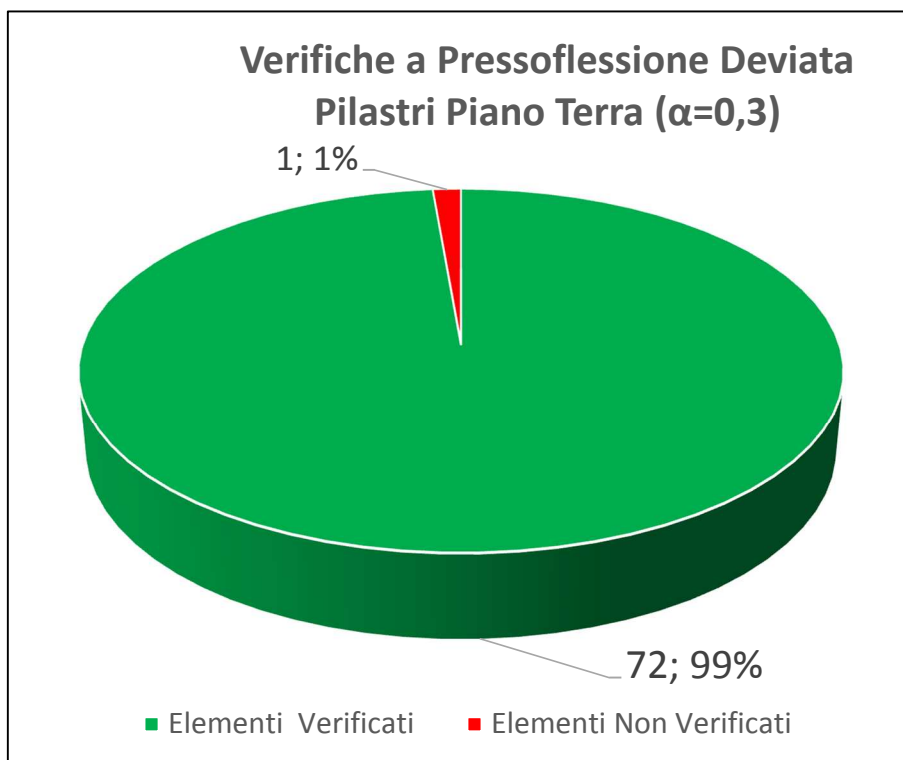
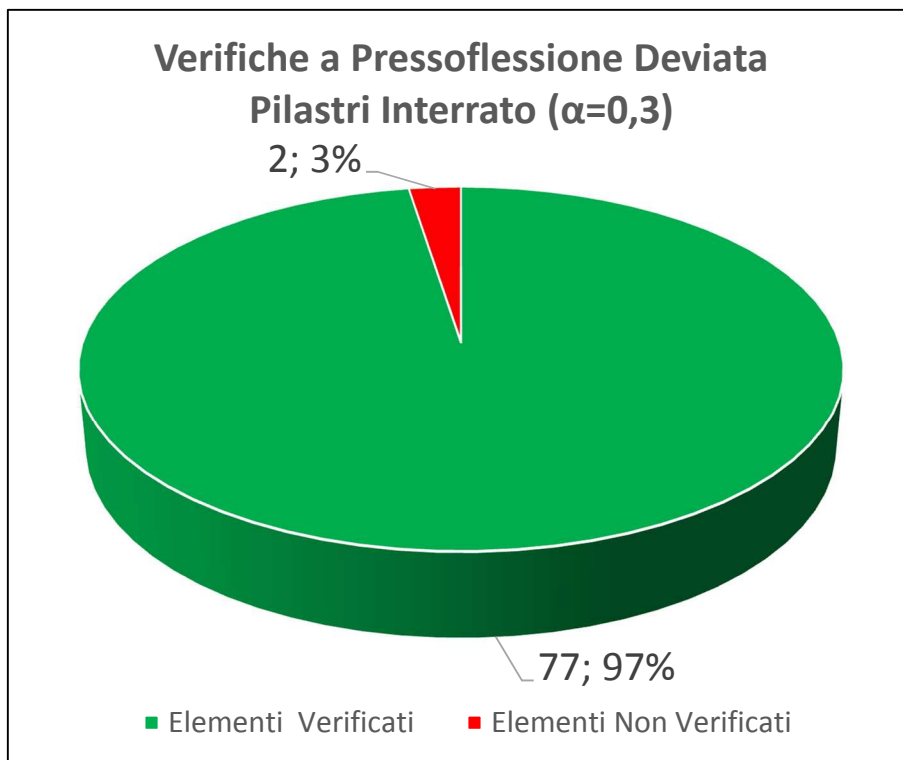


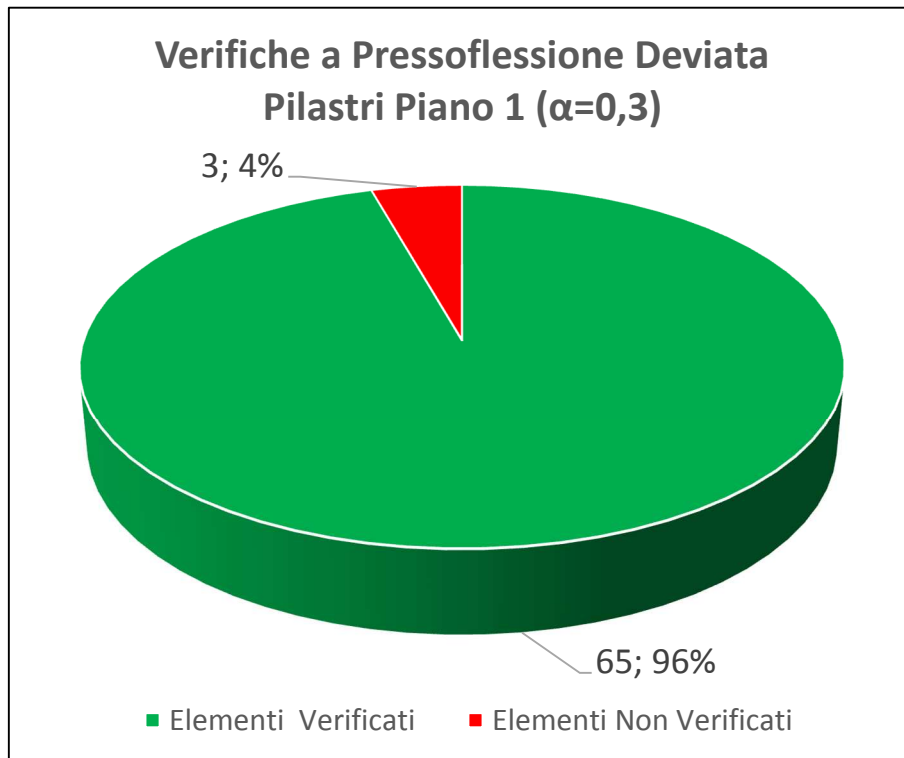


A seguito dell'applicazione dello spettro di riferimento ($\alpha=1$ dunque non ridotto), come risulta evidente dai grafici, la maggior parte dei pilastri relativi ai piani considerati risulta non verificata a pressoflessione deviata. Per questo motivo è stato necessario proseguire con ulteriori analisi usando lo spettro di riferimento ridotto. Riassumiamo tramite tabella i risultati:

$\alpha=1$				
Piano	Verificati		Non Verificati	
Interrato	8	10%	71	90%
Terra	7	10%	66	90%
Primo	6	9%	62	91%

10.1.2. Verifiche a pressoflessione deviata: Spettro ridotto ($\alpha = 0,3$)

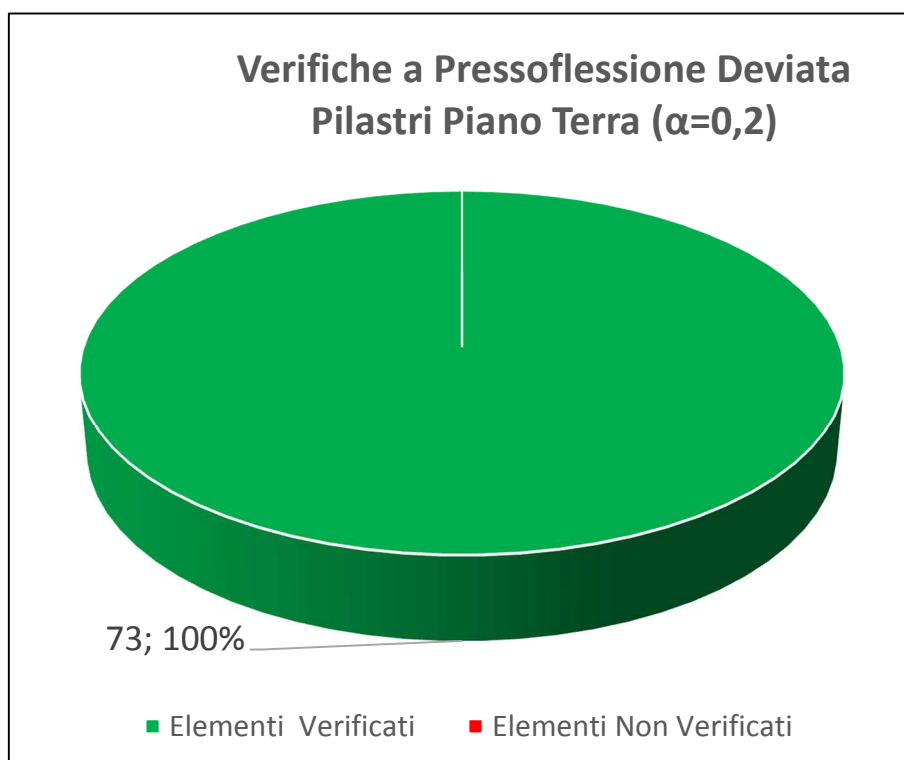
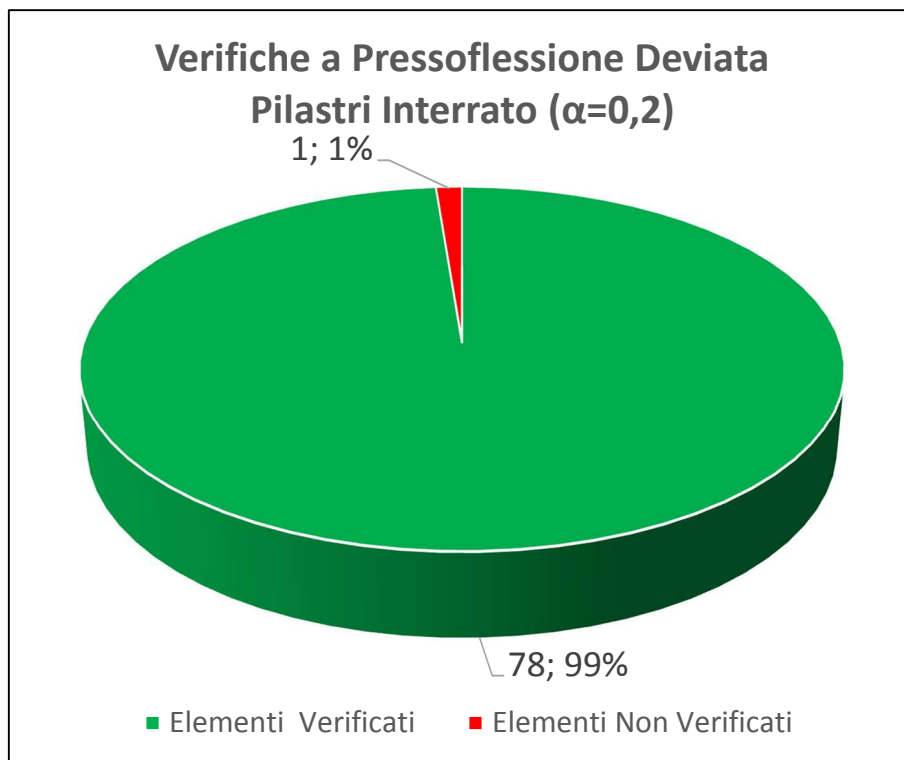


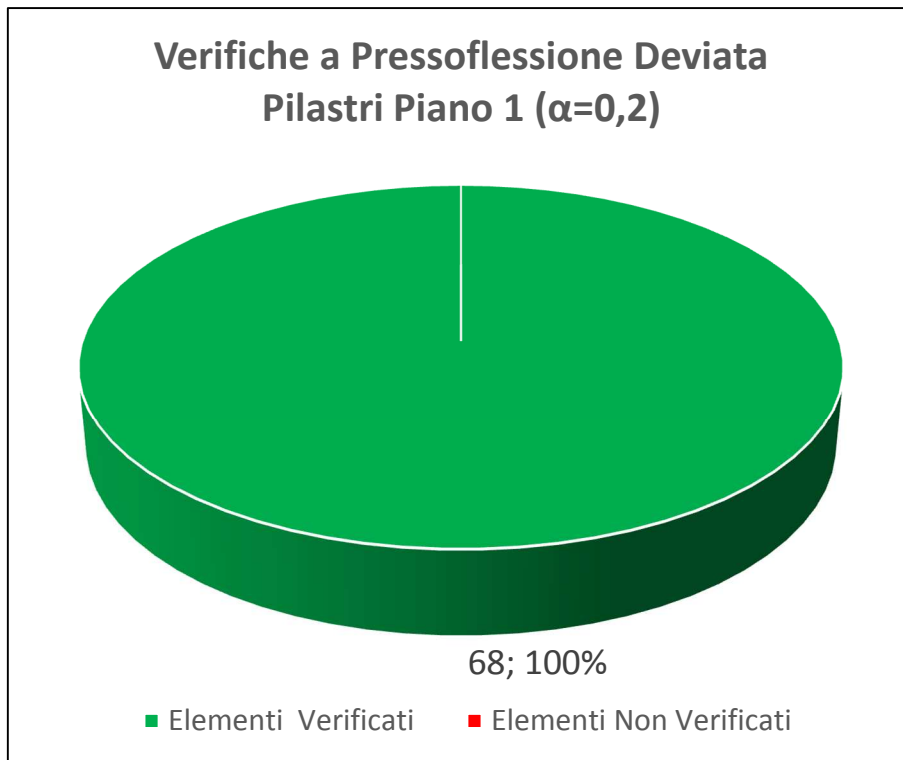


L'analisi è stata condotta applicando lo spettro di riferimento ridotto tramite un coefficiente α pari a 0,3. I grafici evidenziano come, a seguito della riduzione, molti pilastri risultano verificati a pressoflessione deviata. Nonostante ciò si presentano ancora un numero elevato di elementi non verificati, tale da imporre un'ulteriore iterazione di calcolo con relativa riduzione dello spettro di riferimento. Riassumiamo tramite tabella i risultati:

$\alpha=0,3$				
Piano	Verificati		Non Verificati	
Interrato	77	97%	2	3%
Terra	72	99%	1	1%
Primo	65	96%	3	4%

10.1.3. Verifiche a pressoflessione deviata: Spettro ridotto ($\alpha = 0,2$)



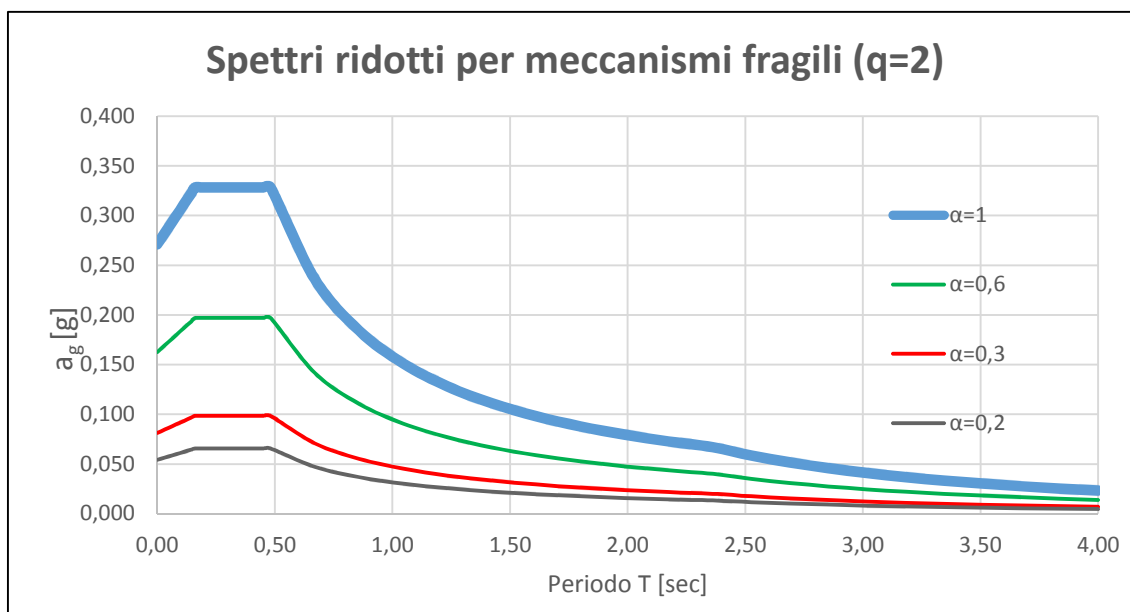


L'analisi è stata condotta applicando lo spettro di riferimento ridotto tramite un coefficiente α pari a 0,2. I grafici evidenziano come, a seguito della riduzione, tutti i pilastri dei piani terra e primo risultano verificati mentre al piano interrato si ha la prima crisi per pressoflessione deviata. Per questo motivo arrestiamo il processo iterativo ed assumiamo come moltiplicatore di collasso relativo ai meccanismi duttili proprio 0,2. Riassumiamo tramite tabella i risultati:

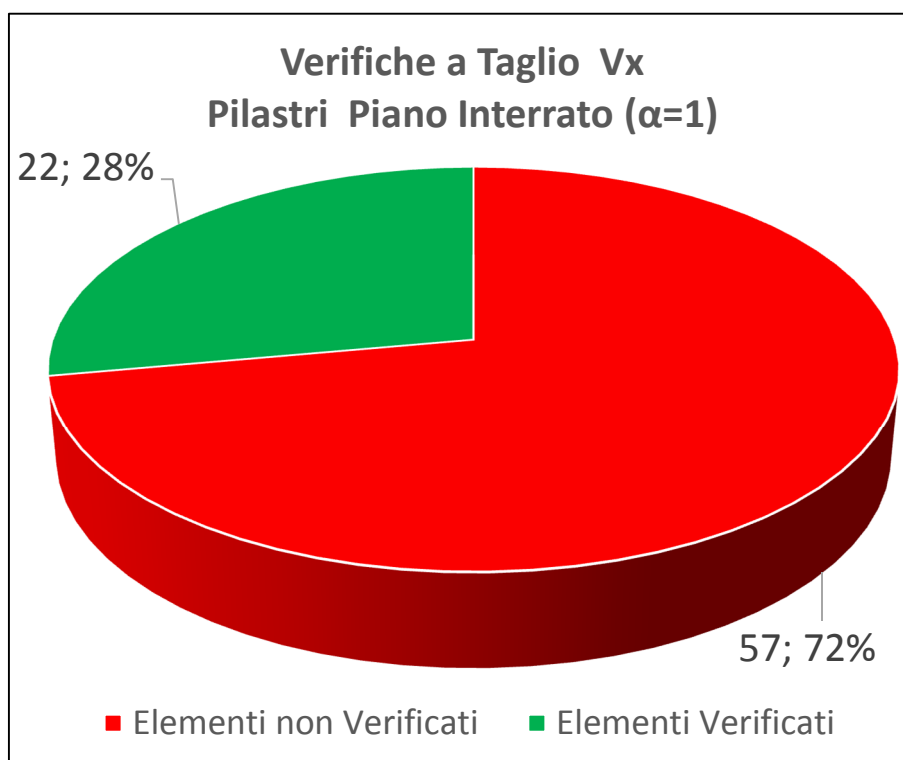
$\alpha=0,2$				
Piano	Verificati		Non Verificati	
Interrato	78	<i>99%</i>	1	<i>1%</i>
Terra	73	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>
Primo	68	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>

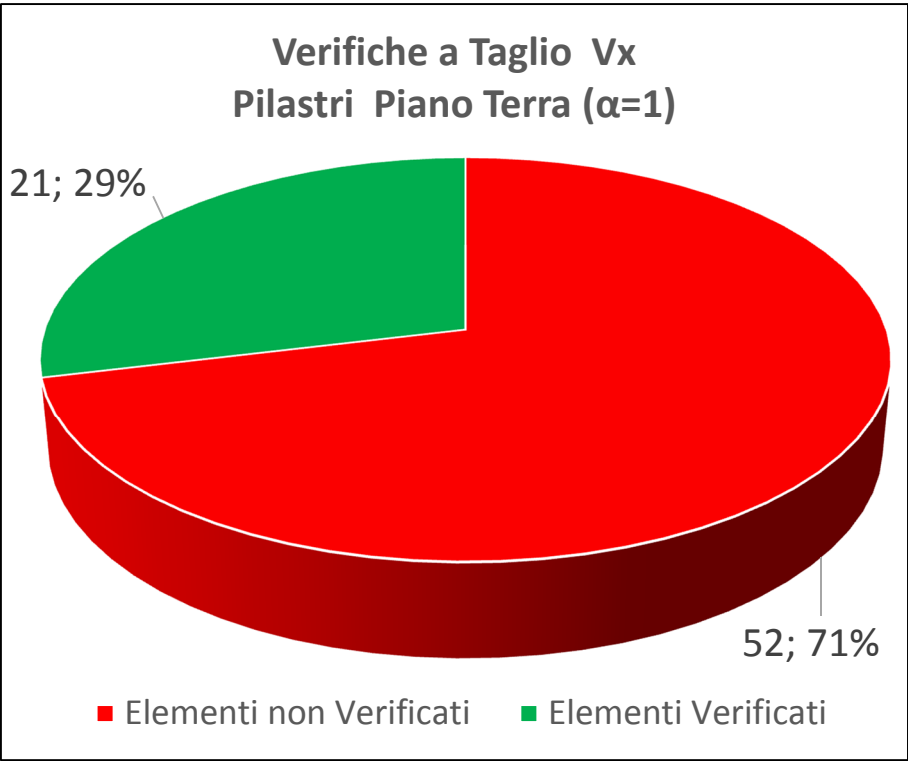
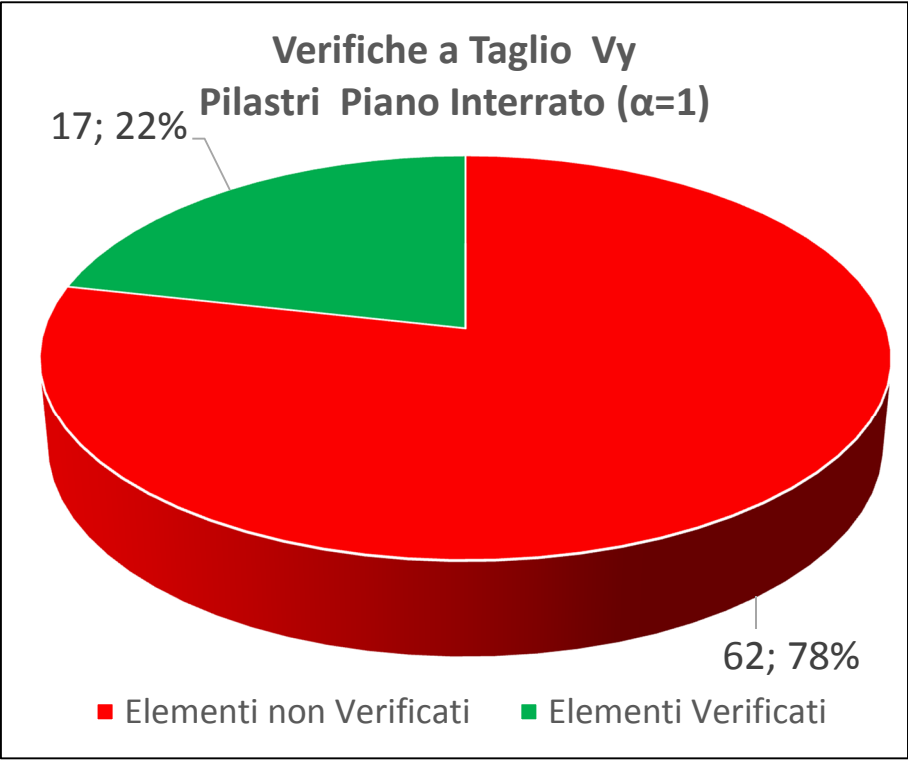
10.2. Vulnerabilità sismica: meccanismi fragili

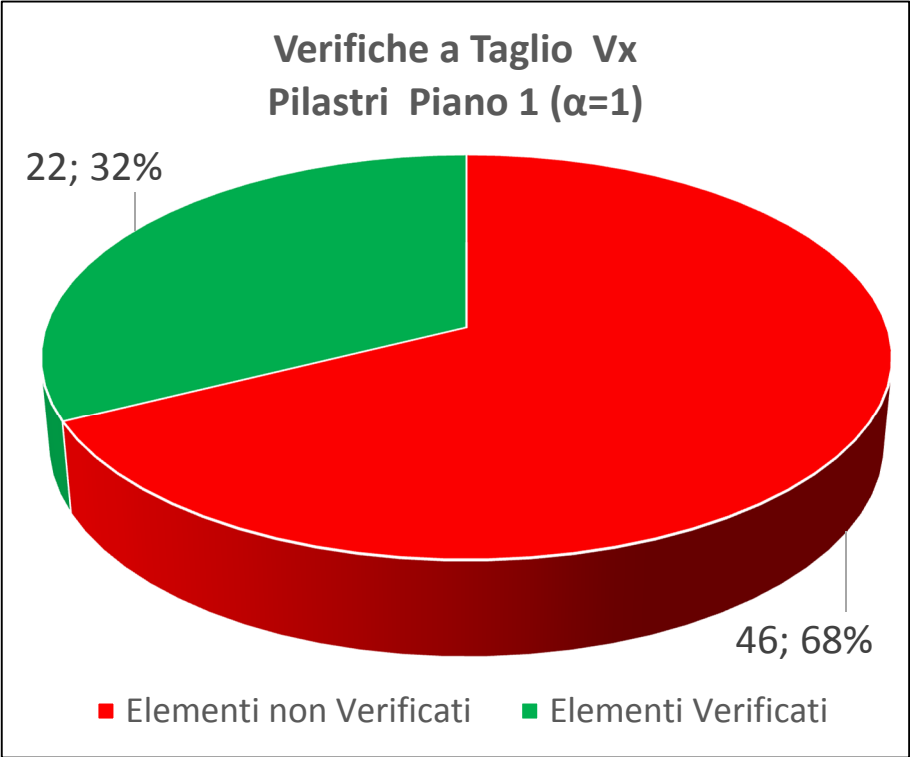
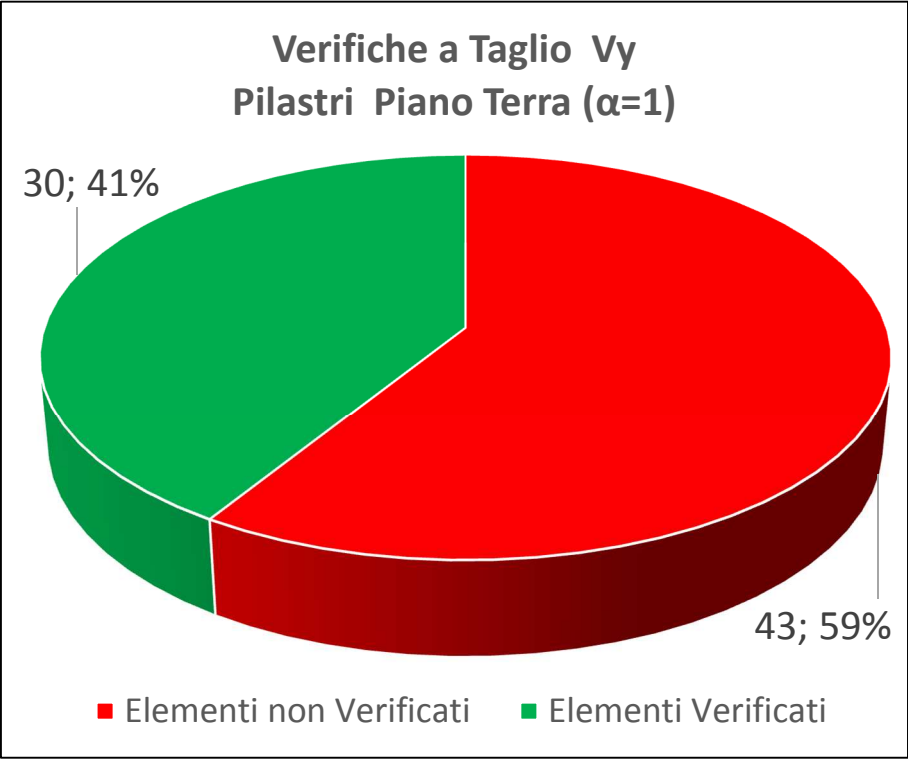
Esponiamo in primo luogo i risultati delle analisi condotte nei confronti delle sollecitazioni sismiche ottenute con lo spettro di riferimento (in figura quello in azzurro). Seguiranno poi i risultati delle verifiche riferite agli spettri via via ridotti.

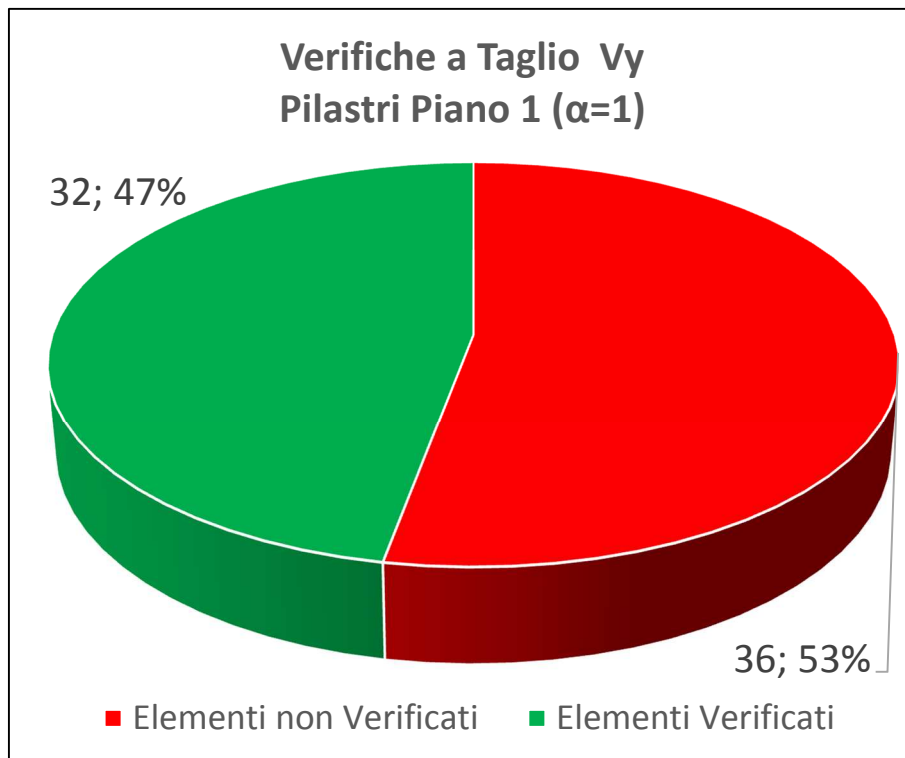


10.2.1. Verifiche a taglio: Spettro non ridotto ($\alpha = 1$)





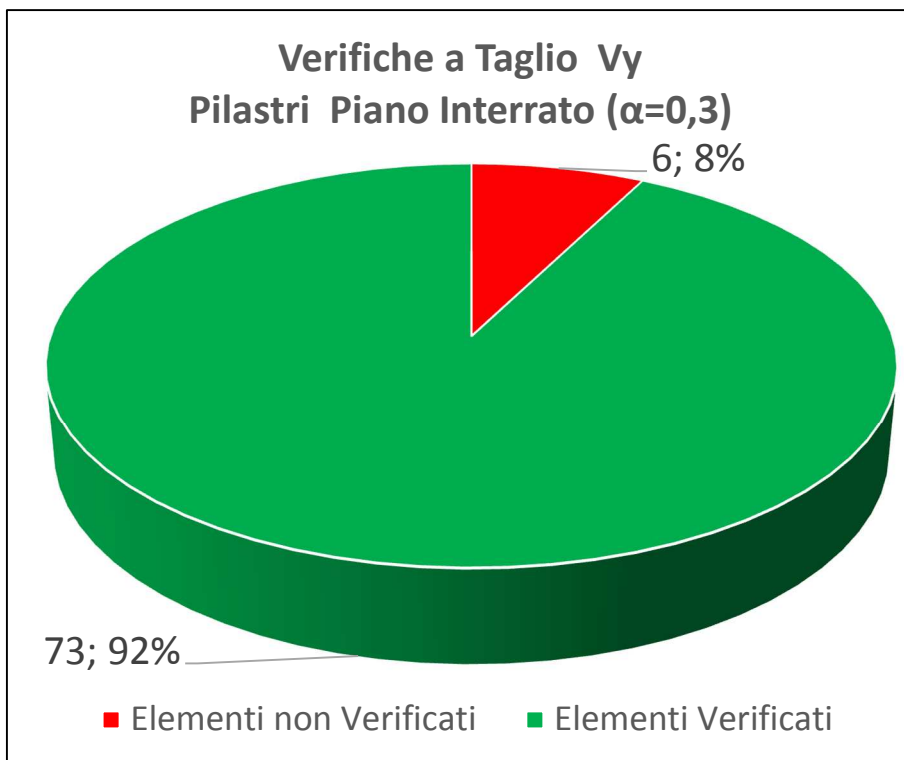
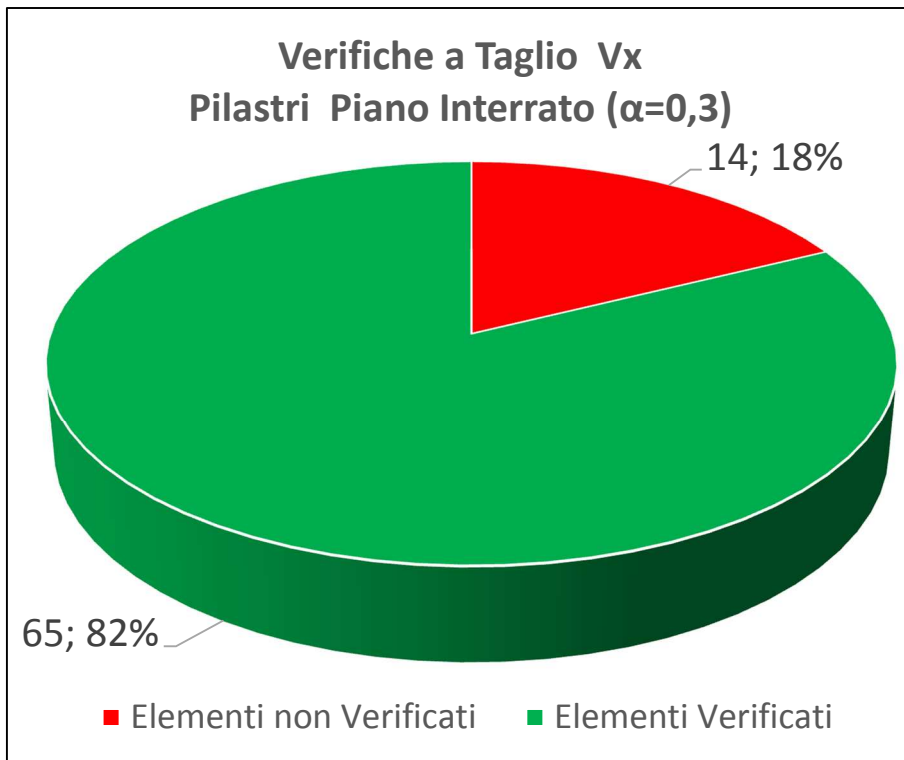


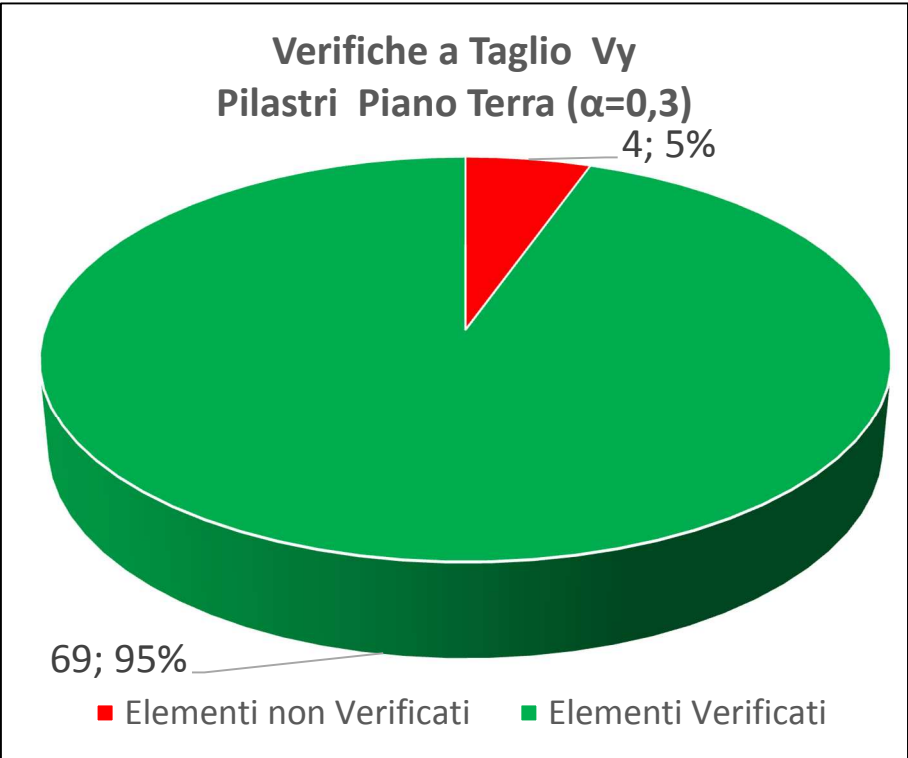
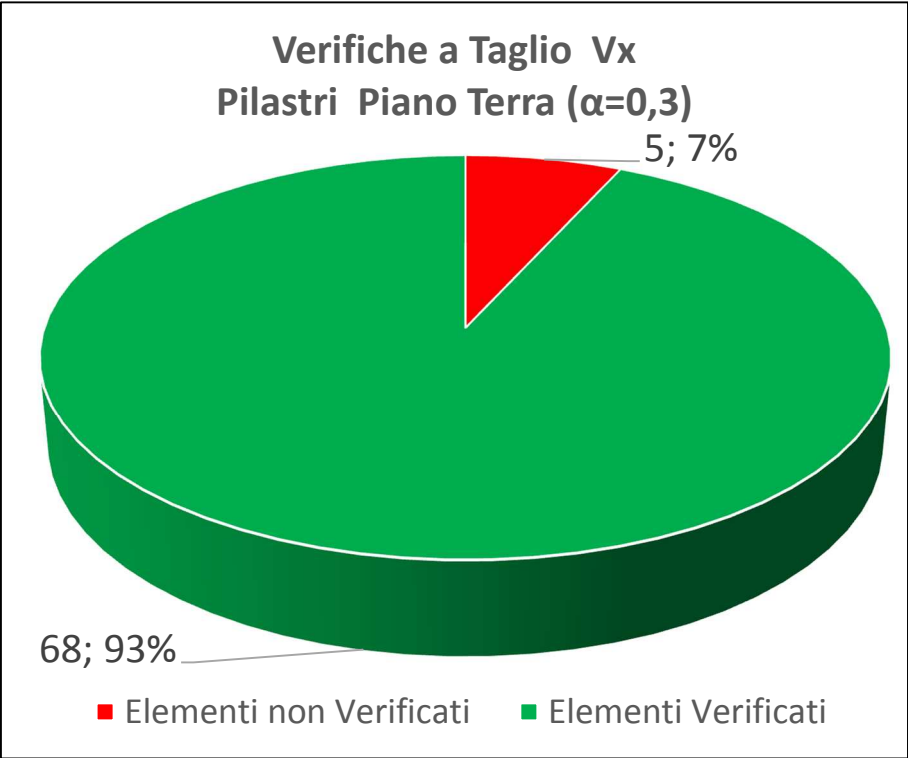


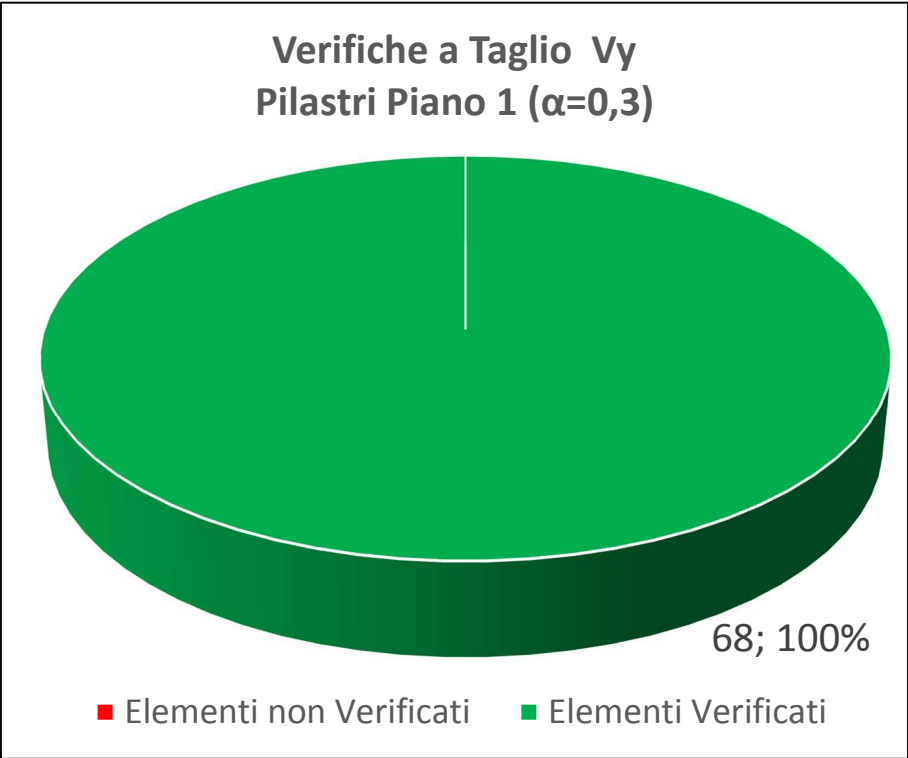
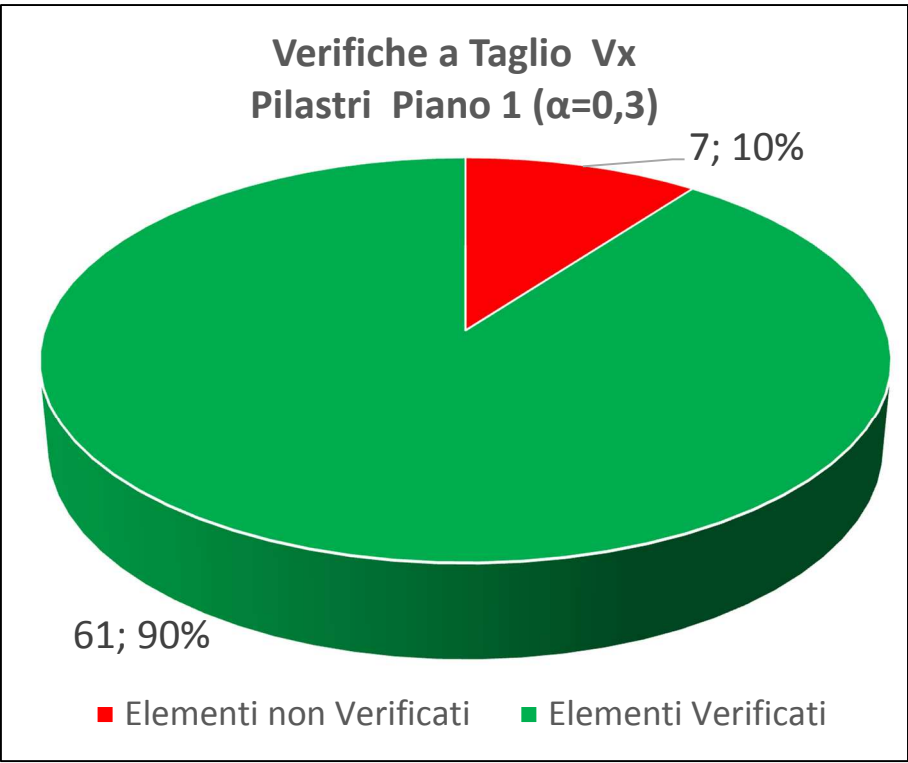
A seguito dell'applicazione dello spettro di riferimento ($\alpha=1$ dunque non ridotto), come risulta evidente dai grafici, la maggior parte dei pilastri relativi ai piani considerati risulta non verificata a taglio. Per questo motivo è stato necessario proseguire con ulteriori analisi usando lo spettro di riferimento ridotto. Riassumiamo tramite tabella i risultati:

$\alpha=1$								
Piano	Taglio: Vx				Taglio: Vy			
	Verificati		Non Verificati		Verificati		Non Verificati	
Interrato	22	28%	57	72%	17	22%	62	78%
Terra	21	29%	52	71%	30	41%	43	59%
Primo	22	32%	46	68%	32	47%	36	53%

10.2.2. Verifiche a taglio: Spettro ridotto ($\alpha = 0,3$)



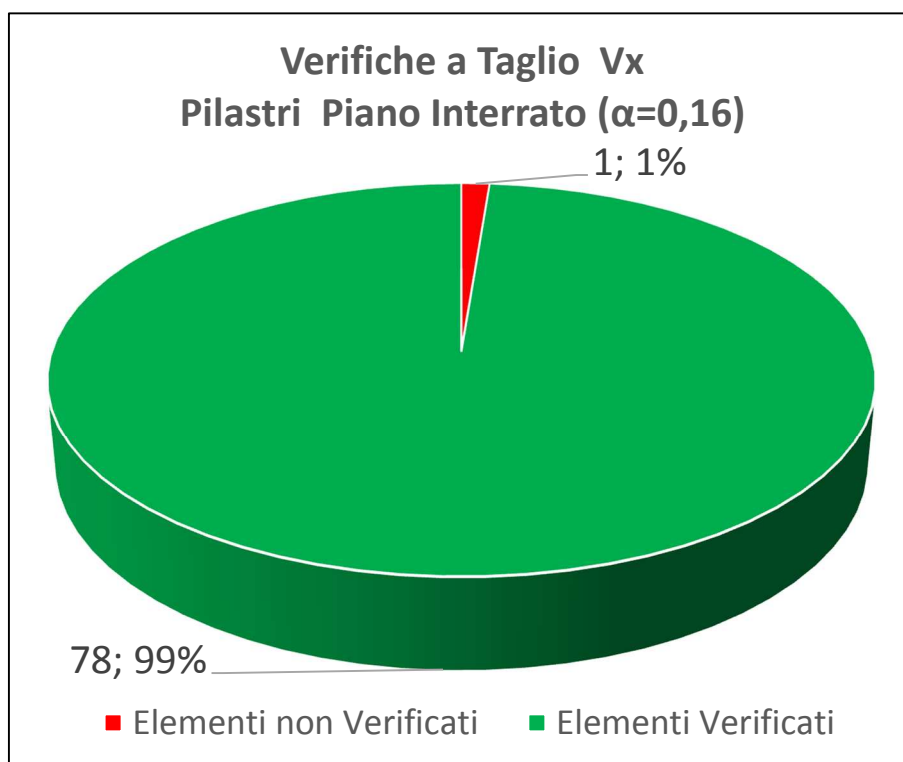




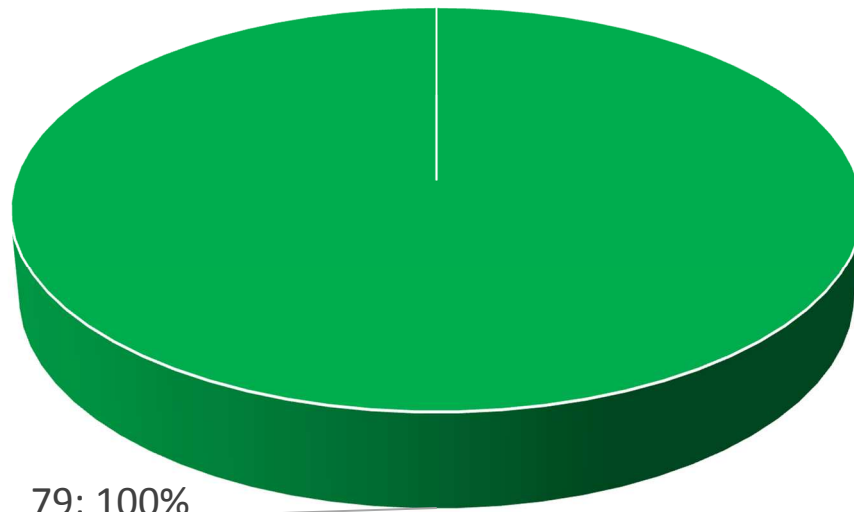
L'analisi è stata condotta applicando lo spettro di riferimento ridotto tramite un coefficiente α pari a 0,3. I grafici evidenziano come, a seguito della riduzione, molti pilastri risultano verificati a taglio. Nonostante ciò si presentano ancora un numero elevato di elementi non verificati, tale da imporre un'ulteriore iterazione di calcolo con relativa riduzione dello spettro di riferimento. Riassumiamo tramite tabella i risultati:

$\alpha=0,3$								
Piano	Taglio: Vx				Taglio: Vy			
	Verificati		Non Verificati		Verificati		Non Verificati	
Interrato	65	82%	14	18%	73	92%	6	8%
Terra	68	93%	5	7%	69	95%	4	5%
Primo	61	90%	7	10%	68	100%	0	0%

10.2.3. Verifiche a taglio: Spettro ridotto ($\alpha = 0,16$)

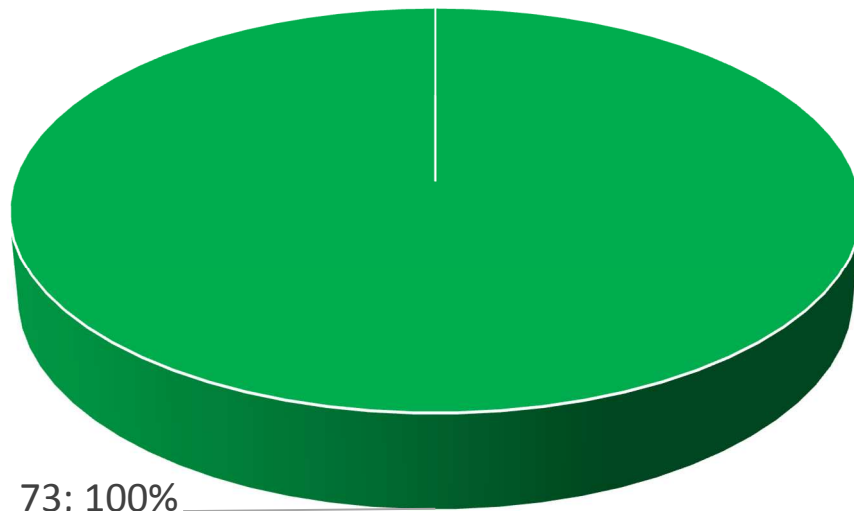


**Verifiche a Taglio V_y
Pilastri Piano Interrato ($\alpha=0,16$)**



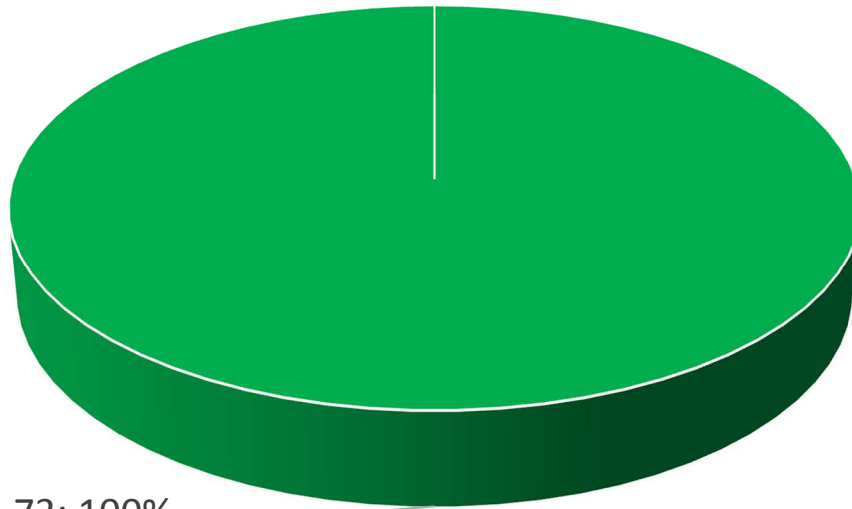
■ Elementi non Verificati ■ Elementi Verificati

**Verifiche a Taglio V_x
Pilastri Piano Terra ($\alpha=0,16$)**



■ Elementi non Verificati ■ Elementi Verificati

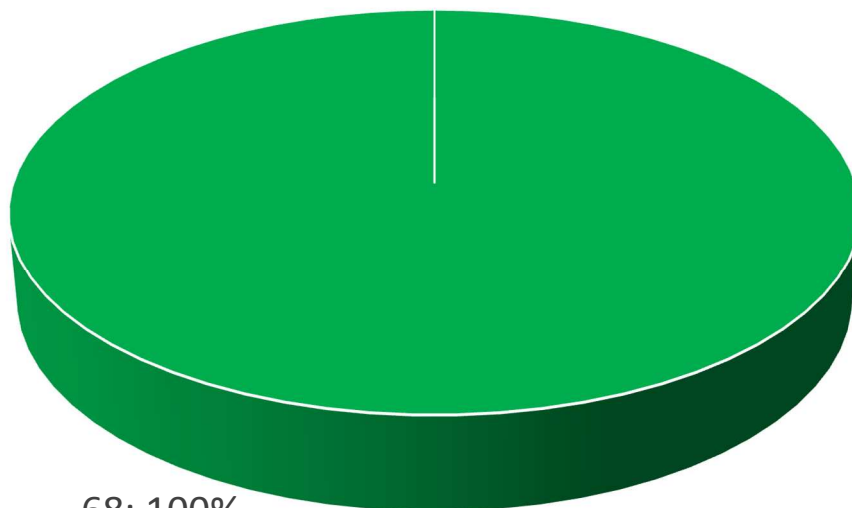
**Verifiche a Taglio V_y
Pilastri Piano Terra ($\alpha=0,16$)**



73; 100%

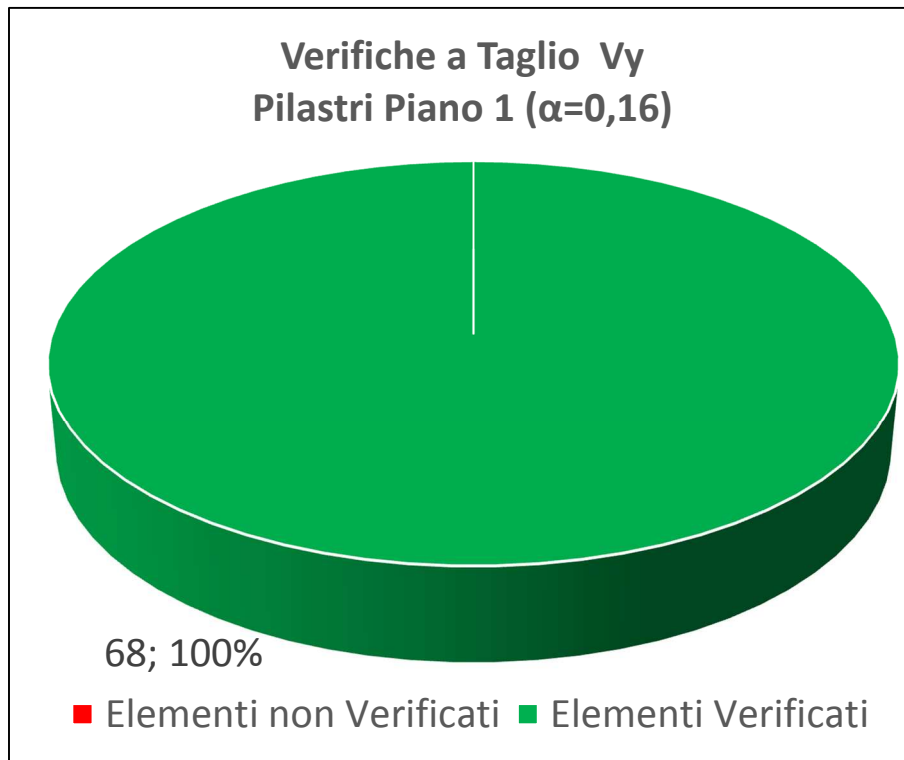
■ Elementi non Verificati ■ Elementi Verificati

**Verifiche a Taglio V_x
Pilastri Piano 1 ($\alpha=0,16$)**



68; 100%

■ Elementi non Verificati ■ Elementi Verificati



L'analisi è stata condotta applicando lo spettro di riferimento ridotto tramite un coefficiente α pari a 0,16. I grafici evidenziano come, a seguito della riduzione, tutti i pilastri dei piani terra e primo risultano verificati mentre al piano interrato si ha la prima crisi per taglio in direzione x. Per questo motivo arrestiamo il processo iterativo ed assumiamo come moltiplicatore di collasso relativo ai meccanismi fragili proprio 0,16. Riassumiamo tramite tabella i risultati:

$\alpha=0,16$								
Piano	Taglio: Vx				Taglio: Vy			
	Verificati		Non Verificati		Verificati		Non Verificati	
Interrato	78	<i>99%</i>	1	<i>1%</i>	79	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>
Terra	73	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>	73	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>
Primo	68	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>	68	<i>100%</i>	0	<i>0%</i>

10.3. Stima delle accelerazioni di collasso

In virtù delle verifiche appena condotte per meccanismi fragili e duttili, che ci hanno portati alla definizione dei coefficienti riduttivi degli spettri, possiamo calcolare le accelerazioni di collasso. Riassumendo quanto ottenuto in precedenza:

- Meccanismi Duttili: $\alpha_{(El. \text{Duttili})} = 0,20$
- Meccanismi Fragili: $\alpha_{(El. \text{Fragili})} = 0,16$

Tali coefficienti, usati per ridurre gli spettri di riferimento, possono essere altresì utilizzati per ridurre l'accelerazione orizzontale massima al suolo, che nel caso in esame è relativa allo stato limite di salvaguardia della vita; ricordiamo che tale valore di accelerazione è risultato pari a:

$$PGA_{(SLV)} = a_g \cdot S_T \cdot S_S = 0,191 \cdot 1,43 \cdot 1 = 0,273 \text{ g}$$

Possiamo dunque ragionevolmente affermare che le accelerazioni orizzontali che portano alla crisi rispettivamente per pressoflessione deviata e taglio saranno:

- Meccanismi Duttili: $PGA_{(El. \text{Duttili})} = \alpha \cdot PGA_{(SLV)} = 0,20 \cdot 0,273 = 0,054 \text{ g}$
- Meccanismi Fragili: $PGA_{(El. \text{Fragili})} = \alpha \cdot PGA_{(SLV)} = 0,16 \cdot 0,273 = 0,044 \text{ g}$

Volendo definire un valore univoco per tutto lo stabile sceglieremo ovviamente il minore tra i due appena ottenuti. Possiamo dunque affermare che la prima crisi a manifestarsi sarà relativa ad un meccanismo fragile. L'accelerazione orizzontale di collasso per l'intera struttura sarà quindi pari a:

$$PGA_C = 0,044 \text{ g}$$

risultando dunque inferiore a quella attesa.

$$\frac{PGA_C}{PGA_{(SLV)}} = 0,16 = \alpha_{(El. \text{Fragili})}$$

La capacità resistente corrisponderà per tanto al 16% dell'accelerazione attesa al sito, relativamente allo stato limite di salvaguardia della vita.

11 CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI COL METODO SPEDITIVO “RESISTO”

Come accennato nell'introduzione della tesi, a seguito degli eventi sismici che hanno colpito l'Emilia nel maggio del 2012, si è dovuto valutare la vulnerabilità dell'intero patrimonio scolastico della provincia di Bologna. Vista l'impossibilità di compiere analisi sismiche approfondite su tutti gli edifici, è stata utilizzata una metodologia di valutazione semplificata da applicare in modo veloce a tutti i plessi in esame. Il metodo conduce alla definizione di un'accelerazione al suolo di collasso dell'edificio, attraverso la valutazione del taglio resistente dello stesso. Analizzati tutti i plessi con tale metodo è stato infine redatto un elenco di edifici disposti in ordine di priorità d'intervento. Secondo tale metodologia l'accelerazione di collasso dell'edificio oggetto di questa tesi è pari a:

$$\mathbf{PGA_c = 0,415\ g}$$

A cui corrisponde una capacità resistente pari al 152% dell'accelerazione attesa, relativa allo stato limite di salvaguardia della vita.

Risulta evidente come tale valore si discosti enormemente da quello ottenuto in precedenza con le analisi approfondite. Tale discrepanza può essere imputata a diversi fattori che esponiamo di seguito.

11.1.1. Materiali e geometrie

Nell'analisi speditiva sono stati considerati in modo forfettario i seguenti valori delle proprietà meccaniche del calcestruzzo e dell'acciaio:

$$f_c = 25\ \text{MPa}$$

$$f_y = 400\ \text{MPa}$$

Tali valori, superiori a quelli usati nell'analisi dettagliata ($f_{cd} = 12,3\ \text{MPa}$, $f_{yd} = 232\ \text{MPa}$), in quanto non ridotti né dei fattori di confidenza né dei fattori di sicurezza, hanno probabilmente influito nel calcolo dei tagli resistenti di piano andando ad aumentarne significativamente i valori finali.

Inoltre bisogna ricordare che i calcoli semplificati sono stati condotti considerando per ogni piano una sola tipologia di pilastro; tale scelta semplifica di molto la complessa organizzazione strutturale e la forte diversificazione delle sezioni evidente dallo stato di fatto.

11.1.2. Masse considerate nel calcolo

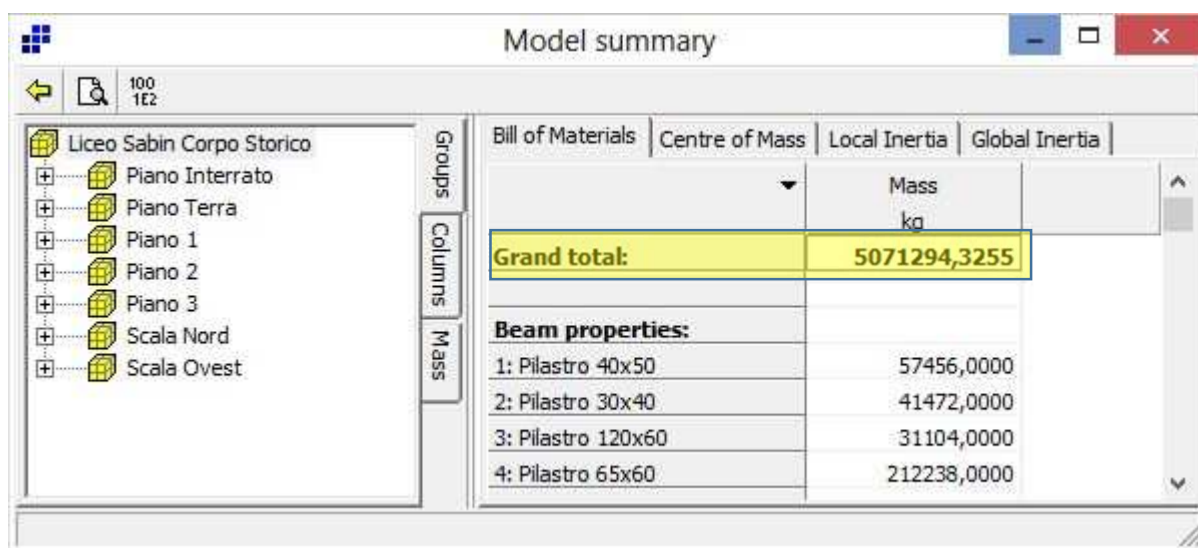
Il calcolo tramite metodologia speditiva ha determinato alcune semplificazioni anche per quanto riguarda le masse in gioco nell'analisi sismica. Infatti dai fogli di calcolo si evince che i pesi di piano sono stati calcolati come somma di un contributo dovuto al peso dei pilastri ed uno relativo agli orizzontamenti. Quest'ultimo è stato ricavato moltiplicando l'area di piano per un carico forfettario di 700 kg/m^2 (comprensivo di travi e solai) come è visibile dallo stralcio del foglio di calcolo:

E	F	G	H	I	J
Calcolo del taglio resistente (Vr)					
n° piano	5	4	3	2	1 (int)
n° pilastri	53	53	53	53	53
h [m]	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Apil [m2]	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
At [m2]	1058	1058	1058	1058	1058
pca [kN/m3]	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
ps [kN/m2]	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
q [kN/m2]	8,47	8,47	8,47	8,47	8,47
W [kN]	8956	8956	8956	8956	8956
N,pil,tipo [kN]	169	338	507	676	845
Mpil,tipo,x [kNm]	142	171	257	330	449
Mpil,tipo,y [kNm]	142	171	257	330	449
Vpil,tipo,x [kN]	87	105	158	203	276
Vpil,tipo,y [kN]	87	105	158	203	276
Vr [kN]	4631	5577	8382	10763	14644
F [kN]	14927	11942	8956	5971	2985
Vs [kN]	14927	26869	35825	41796	44781
Vr/Vs	0,310	0,208	0,234	0,258	0,327

La stima delle masse di piano ottenuta col metodo “resisto” è pari a:

$$W_{\text{Piano}} = 8956 \text{ kN} \approx 900 \text{ t}$$

Riportiamo gli output ottenuti invece a partire dal modello di calcolo agli elementi finiti:



The screenshot shows a software window titled "Model summary" with a tree view on the left and a table on the right. The tree view lists the following components: Liceo Sabin Corpo Storico, Piano Interrato, Piano Terra, Piano 1, Piano 2, Piano 3, Scala Nord, and Scala Ovest. The table on the right has columns for "Bill of Materials", "Centre of Mass", "Local Inertia", and "Global Inertia". The "Mass" column is highlighted, and the "Grand total" is 5071294,3255 kg. Below the table, "Beam properties" are listed: 1: Pilastro 40x50 (57456,0000), 2: Pilastro 30x40 (41472,0000), 3: Pilastro 120x60 (31104,0000), and 4: Pilastro 65x60 (212238,0000).

Bill of Materials	Centre of Mass	Local Inertia	Global Inertia
		Mass	
		kg	
Grand total:		5071294,3255	
Beam properties:			
1: Pilastro 40x50		57456,0000	
2: Pilastro 30x40		41472,0000	
3: Pilastro 120x60		31104,0000	
4: Pilastro 65x60		212238,0000	

La massa totale dell'edificio (al netto dei fattori dinamici di riduzione) risulta essere pari a circa:

$$W_{\text{Tot}} = 5000 \text{ t}$$

A tale valore corrisponde un peso di piano medio pari a circa:

$$W_{\text{Piano}} = 1000 \text{ t}$$

Risulta dunque evidente che le masse tenute in conto nel calcolo speditivo siano state sottodimensionate.

11.1.3. Spettri utilizzati

Un'altra importante differenza sta nell'uso del fattore di struttura. L'analisi condotta in questa tesi ha diversificato come precedentemente detto, le verifiche per meccanismi duttili e fragili assegnando loro diversi fattori di struttura in relazione al loro diverso livello di criticità ($q = 3$ per meccanismi duttili e $q = 2$ per meccanismi fragili).

Nel calcolo speditivo invece, basandosi sul solo comportamento a taglio dei pilastri, è stato ovviamente considerato un solo fattore di struttura, nello specifico pari a tre. Risulta dunque evidente che con tale assunzione la sollecitazione sismica sia stata ulteriormente sottostimata rispetto a quanto fatto nell'analisi approfondita.

12 CONCLUSIONI

In virtù delle considerazioni appena fatte, possiamo affermare che il calcolo speditivo, sottostimando da una parte le sollecitazioni sismiche ed incrementando dall'altra i tagli resistenti di piano, sia giunto a sovrastimare le prestazioni dell'edificio, ottenendo ad un valore eccessivo e poco verosimile dell'accelerazione di collasso.

D'altra parte invece, l'analisi condotta in modo più approfondito, ci ha portati a definire un valore forse troppo cautelativo per lo stesso parametro; i motivi di questo risultato possono essere ritrovati ricordando che l'accelerazione di collasso è stata definita come quel valore che porta alla crisi il primo elemento strutturale, (o per pressoflessione deviata o per taglio). Tale definizione esclude dunque che, una volta andato in crisi il primo pilastro, vi possano essere delle ulteriori risorse di resistenza da parte degli elementi rimanenti.

In conclusione, dati i numerosi ed evidentissimi elementi di vulnerabilità sismica rilevati in sede di sopralluogo, valutiamo troppo ottimistico il valore di accelerazione di collasso proposto nel calcolo speditivo; inoltre sulla scorta delle valutazioni appena fatte, possiamo ritenere che il valore ottenuto con l'analisi approfondita, sebbene probabilmente cautelativo, sia comunque molto più attendibile e ritragga una situazione più verosimile di quanto ottenuto col metodo semplificato.

13 BIBLIOGRAFIA

Giuseppe Colombo “Manuale dell'Ingegnere” 1950

Luigi Santarella “Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industriali” Volume Primo 1927

Luigi Santarella “Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industriali” Volume Primo 1956

Luigi Santarella “Il cemento armato nelle costruzioni civili ed industriali – Le applicazioni alle costruzioni civili ed industriali” Volume Secondo 1948

Luigi Santarella “Prontuario del cemento armato” Volume Primo 1963

Giuseppe Astrua “Manuale Pratico del Mastro Muratore” 1963

Giuseppe Astrua “Manuale del Capomastro Assistente Edile” 1963

G.M. Verderame, A. Stella, E. Cosenza “Le proprietà meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate negli anni '60” (Università Federico II di Napoli)

G.M. Verderame “Le caratteristiche meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate dal 1950 al 1980” (Università Federico II di Napoli)

14 Allegato A: Verifiche Sismiche

14.1. Verifiche a pressoflessione deviata: $\alpha = 1$

14.1.1. Piano Interrato

Asa	Proprietà	Pilastrata	L _x	L _y	Bending Moment 1	Bending Moment 2	Axial	Verifica (N,M1)										Verifica (N,M2)					VERIFICA
								A _{s,x}	A _{s,y}	Nc,Rd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd			
1	6	72	30	30	2993,6	2949,6	7522,9	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	3128,638	4054	15735	2046	1,77	3128,638	1,90		
2	6	71	30	30	3533,1	1643,3	9862,1	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	3388,506	4054	15735	2046	1,77	3388,506	1,53		
3	29	70	45	30	8422,4	2193,5	16784	6,03	6,03	81089	9122	27974	5735	1,74	8942,631	6082	27974	3637	1,74	5849,503	1,32		
4	6	69	30	30	4224	1596,6	15358,4	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	3957,787	4054	15735	2046	1,77	3957,787	1,47		
5	3	8	120	60	203346,5	57817,5	190519,6	20,36	10,18	432473	129742	47206	27379	1,90	114360,4	64871	94412	26435	1,82	69170,4	2,61		
6	2	7	30	40	3118,4	7075,9	28588,8	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	6078,498	7208	21417	3855	1,77	8210,633	1,37		
7	6	13	30	30	4068,1	2593,4	53547,9	4,62	4,62	54059	4054	21417	2784	1,72	6837,409	4054	21417	2784	1,72	6837,409	0,97		
8	2	6	30	40	2084,6	7030,3	28581	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	6077,827	7208	21417	3855	1,77	8209,727	1,20		
9	2	5	30	40	4266,3	8578,6	49662,1	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	7537,164	7208	21417	3855	1,77	10180,95	1,41		
10	2	4	30	40	4049,5	8615,5	67213,7	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	8146,535	7208	21417	3855	1,77	11004,07	1,28		
11	1	3	40	50	9992,8	14334	78002,7	7,63	7,63	120131	12013	35404	6373	1,77	16569,98	15016	35404	8143	1,77	20872,01	1,29		
12	1	2	40	50	10467,5	13944,2	86759,7	7,63	7,63	120131	12013	35404	6373	1,77	17184,38	15016	35404	8143	1,77	21645,93	1,25		
13	1	1	40	50	10602,4	12696	73364,5	7,63	7,63	120131	12013	35404	6373	1,77	16200,69	15016	35404	8143	1,77	20406,84	1,28		
14	7	55	50	60	11641,9	14989,3	168862,7	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	35924,35	27030	47206	13218	1,79	40060,86	0,70		
15	7	54	50	60	25123,2	24080,8	133491,4	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	34037,3	27030	47206	13218	1,79	37888,98	1,37		
16	7	53	50	60	21854,7	26144,8	104097	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	31250,24	27030	47206	13218	1,79	34589,98	1,46		
17	7	52	50	60	12147,6	17089,2	167780,4	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	35894,54	27030	47206	13218	1,79	40027,76	0,77		
18	4	51	65	60	53840,6	23058,4	159168,6	12,57	12,57	234256	38067	58279	17775	1,80	51017,75	35138	58279	16318	1,80	47011,39	1,55		
19	7	50	50	60	23871,7	19627,7	95627	8,04	8,04	180197	22525	37298	8579	1,83	25573,72	27030	37298	10444	1,83	30811,13	1,57		
20	5	65	55	60	32705,9	24313,3	17250,3	6,03	8,04	198217	27255	37298	9511	1,84	14133,83	29733	27974	7833	1,88	12847,16	4,21		
21	4	47	65	60	43112,1	29757,2	79178,2	21,24	26,55	234256	38067	123114	37550	1,66	56632,55	35138	98491	27578	1,70	45639,81	1,41		
22	5	66	55	60	36281,2	28439,9	27201,9	6,03	8,04	198217	27255	37298	9511	1,84	16372,67	29733	27974	7833	1,88	15336,02	4,07		
23	5	67	55	60	31499	32162,9	15974,6	6,03	8,04	198217	27255	37298	9511	1,84	13839,15	29733	27974	7833	1,88	12519,21	4,85		
24	25	68	40	30	8376,8	3526,5	10631	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	5802,182	5406	21417	2784	1,77	4295,473	2,26		
25	25	34	40	30	7312,9	5287,2	71463,6	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	11061,51	5406	21417	2784	1,77	8189,061	1,31		
26	25	29	40	30	6335,8	5604,5	68058,7	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	11020,97	5406	21417	2784	1,77	8159,048	1,26		
27	6	62	30	30	3034,8	4535,4	25352,3	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	4839,216	4054	15735	2046	1,77	4839,216	1,56		
28	6	59	30	30	2749,2	4500,2	19340,8	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	4333,257	4054	15735	2046	1,77	4333,257	1,67		
29	25	31	40	30	8900,1	7284,7	99618,4	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	9793,035	5406	21417	2784	1,77	7249,982	1,91		
30	6	64	30	30	2631,1	5167,1	15976,8	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	4018,155	4054	15735	2046	1,77	4018,155	1,94		
31	6	61	30	30	1732,4	6416	22979,1	3,39	3,39	54059	4054	15735	2046	1,77	4648,367	4054	15735	2046	1,77	4648,367	1,75		
32	25	32	40	30	7498,7	4321,7	63746,6	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	10910,15	5406	21417	2784	1,77	8077,004	1,22		
33	7	33	50	60	19364,8	56791,3	100305,9	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	30819,04	27030	47206	13218	1,79	34074,89	2,29		
34	7	38	50	60	20262,5	61805,3	118706,3	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	32761,46	27030	47206	13218	1,79	36386,46	2,32		
35	25	37	40	30	7683,9	4396,3	61807,2	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	10841,57	5406	21417	2784	1,77	8026,236	1,26		
36	25	36	40	30	9179,9	7079,1	101823,9	4,62	4,62	72079	7208	21417	3855	1,77	9607,392	5406	21417	2784	1,77	7112,547	1,95		
37	4	41	65	60	51393,3	42469,3	183857,2	21,24	26,55	234256	38067	123114	37550	1,66	72663,23	35138	98491	27578	1,70	62000,51	1,41		
38	7	39	50	60	25056,6	60891,8	156273,4	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	35459,15	27030	47206	13218	1,79	39536,29	2,25		
39	7	40	50	60	26279,4	48651,5	146684,6	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	34949,79	27030	47206	13218	1,79	38944,47	2,00		
40	7	42	50	60	27164,1	34405,9	216774	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	34755,02	27030	47206	13218	1,79	38725,6	1,67		
41	7	44	50	60	28171,7	28614,5	209122,8	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	35207,47	27030	47206	13218	1,79	39248,09	1,53		
42	7	46	50	60	25155,8	23026,4	191346,3	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	35929,25	27030	47206	13218	1,79	40066,27	1,27		
43	7	49	50	60	11987,6	19928,8	170592	10,18	12,72	180197	22525	59007	13572	1,75	35967,68	27030	47206	13218	1,79	40108,7	0,83		
44	4	48	65	60	52013,7	25828,7	172360,8	21,24	26,55	234256	38067	123114	37550	1,66	71466,68	35138	98491	27578	1,70	59145,9	1,16		
45	2	9	30	40	3705	9248	87150,7	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	7866,879	7208	21417	3855	1,77	10262,32	1,34		
46	2	10	30	40	4200,4	8893,3	53743,4	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	7732,718	7208	21417	3855	1,77	10445,1	1,39		
47	2	12	30	40	3789,6	7568	40334,5	4,62	4,62	72079	5406	21417	2784	1,77	6980,973	7208	21417	3855	1,77	9429,666	1,35		
48	4	14	65	60	35846,1	32124,2	185494,4	26,55	21,24	234256	38067	98491	30040	1,70	65524,26	35138	123114	34472	1,66	67036,38	1,03		
49	4	15	65	60	39066,7	36872,5	123558,7	15,71	12,57	234256	38067	58279	17775	1,80	46137,53	35138	72849	20398	1,76	46344,29	1,64		
50	4	16	65	60	35425,8	35849,1	168455,9	26,55	21,24	234256	38067	98491	30040	1,70	63803,55	35138	123114	34472	1,66	65383,05	1,10		
51	4	17	65	60	37423,7	35836,4	111716,3	15,71	12,57	234256	38067	58279	17775	1,80	44188,53	35138	72849	20398	1,76	44540,74	1,65		
52	4	18	65	60	33958,1	35855	142080,4	26,55	21,24	234256	38067	98491	30040	1,70	60464,42	35138	123114	34472	1,66	62224,34	1,14		
53	4	19	65	60	35595,7	36440,7	90194,3	15,71	12,57	234256	38067	58279	17775	1,80	40246,62	35138	72849	20398	1,76	40911,55	1,78		
54	6	20	30	30	1964,7	3565,4	35104,3	6,03	6,03	54059	4054	27974	3637	1,66	7014,296	4054	27974	3637	1,66	7014,296	0,79		
55	5	21	55	60	25806,3	28068	218416,5	26,55	21,24	198217	27255	98491	25115	1,67	51777,82	29733	123114	34472	1,66	63472,06	0,94		
56	4	28	65	60	33090,6	34861,6	163117,3	26,55	21,24	234256	38067												

14.1.2. Piano Terra

Asta	Proprietate	Pilastrata	L _x	L _y	Bending Moment 1	Bending Moment 2	Axial	A _{s,x}	A _{s,y}	Nc,Rd	Verifica (N,M1)						Verifica (N,M2)						VERIFICA
											Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd			
179	16	43	45	60	26140,7	31958,7	177145,2	21,24	26,55	162177	18245	172360	25238	1,48	43051,9	24327	172360	27578	1,48	51389,13	1,23		
181	3	8	120	60	82311,5	9807,3	156109	20,36	10,18	432473	129742	118015	27379	1,79	111216	64871	118015	26435	1,79	64629,93	0,89		
182	2	7	30	40	3664,6	7918,1	22233,6	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5737,61	7208	28557	3855	1,72	7750,167	1,66		
183	6	13	30	30	6834,7	1957,8	40327,1	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	6487,39	4054	28557	2784	1,65	6487,389	1,36		
184	2	5	30	40	4417,1	8654,6	24980,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5964,99	7208	28557	3855	1,72	8057,311	1,81		
185	2	4	30	40	5010,9	8256,4	37597,1	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6887,12	7208	28557	3855	1,72	9302,892	1,62		
186	1	3	40	50	15239,8	10493,2	60741	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	15283,9	15016	47206	8143	1,72	19252,05	1,54		
187	1	2	40	50	18781,2	8849,8	69421,4	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	16021,3	15016	47206	8143	1,72	20180,92	1,61		
188	1	1	40	50	15637	5525,7	56173,4	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	14862,8	15016	47206	8143	1,72	18721,66	1,35		
189	7	56	50	60	56573,8	66012,5	158356,8	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	35551,4	27030	82610	13218	1,69	39639,64	3,26		
190	7	57	50	60	54365,8	68067,4	119182,4	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	33017,3	27030	82610	13218	1,69	36814,12	3,50		
191	7	58	50	60	68179,8	64699,8	125334,7	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	33522,4	27030	82610	13218	1,69	37377,25	3,76		
192	7	55	50	60	26105,7	16368,3	166409,8	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	35845,4	27030	82610	13218	1,69	39967,41	1,14		
193	16	54	45	60	19405,9	26034,7	133448,1	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	29480,2	24327	82610	13218	1,66	36478,56	1,37		
194	16	53	45	60	19887,9	13407	76397,7	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	25033,6	24327	82610	13218	1,66	30976,41	1,23		
195	7	52	50	60	22524,2	18418,9	165327,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	35811,3	27030	82610	13218	1,69	39929,41	1,09		
196	16	51	45	60	17377,5	22129,2	133205,6	12,57	12,57	162177	18245	87418	11947	1,65	29327,3	24327	87418	16318	1,65	39480,42	1,15		
197	16	50	45	60	22024,6	3427,8	68891	8,04	8,04	162177	18245	65272	7646	1,71	20266,5	24327	65272	10444	1,71	27216,62	1,21		
198	16	47	45	60	17093,8	3012,3	59821,6	21,24	26,55	162177	18245	172360	25238	1,48	35990,4	24327	172360	27578	1,48	42960,14	0,55		
199	25	34	40	30	10745,1	6026	57371,3	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10655,2	5406	28557	2784	1,72	7888,275	1,77		
200	25	29	40	30	9309,8	6395,6	53742	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10467,6	5406	28557	2784	1,72	7749,361	1,71		
201	6	62	30	30	4890,1	4915,4	9322,8	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	4359,84	4054	28557	2784	1,65	4359,842	2,25		
202	6	59	30	30	4109	5094,7	6895,3	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	4133,39	4054	28557	2784	1,65	4133,392	2,23		
203	25	31	40	30	13404,5	8411,6	58176,8	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10692,8	5406	28557	2784	1,72	7916,093	2,32		
204	6	64	30	30	3673,4	5496,6	5848,1	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	4033,3	4054	28557	2784	1,65	4033,3	2,27		
205	6	61	30	30	1204,8	8803,9	9215,2	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	4349,97	4054	28557	2784	1,65	4349,971	2,20		
206	25	32	40	30	12580,2	1239,3	46712,7	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10023,8	5406	28557	2784	1,72	7420,819	1,42		
207	16	33	45	60	14527,6	35704,4	85348,4	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	25922,2	24327	82610	13218	1,66	32075,91	1,67		
208	16	38	45	60	15208,4	48266,9	83920	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	25784,8	24327	82610	13218	1,66	31905,85	2,10		
209	25	37	40	30	12776,6	1412,5	45694,9	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9951,21	5406	28557	2784	1,72	7367,08	1,48		
210	25	41	40	30	13525,2	8294,3	59699,3	21,24	26,55	72079	7208	172360	22161	1,29	28751,2	5406	172360	12804	1,29	17827,09	0,94		
211	16	36	45	60	25254,3	38174,9	153110,5	4,62	4,62	162177	18245	28557	4391	1,85	22554,8	24327	28557	5997	1,85	30215,37	2,38		
212	16	39	45	60	22321,4	48911,3	113774,7	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	28291,5	24327	82610	13218	1,66	35007,59	2,19		
213	7	40	50	60	32486,7	28834,8	115338,1	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	32683,3	27030	82610	13218	1,69	36441,68	1,79		
214	7	42	50	60	38584,6	35183,1	182003,1	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	36088,2	27030	82610	13218	1,69	40238,1	1,94		
215	7	44	50	60	38787,9	30919,7	175542,2	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	36056,1	27030	82610	13218	1,69	40202,33	1,84		
216	7	49	50	60	23833,2	21753,1	168139,6	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	35896,1	27030	82610	13218	1,69	40024	1,21		
217	16	48	45	60	23305,1	24157	145929,5	21,24	26,55	162177	18245	172360	25238	1,48	42996	24327	172360	27578	1,48	51322,41	1,01		
218	17	45	60	60	43669,9	34142,7	193063,1	21,24	26,55	216236	32435	172360	34472	1,56	66076,4	32435	172360	27578	1,56	59267,67	1,24		
219	2	9	30	40	6517,6	5754,4	51853,4	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	7668,59	7208	28557	3855	1,72	10358,48	1,41		
220	2	10	30	40	4411	9419,2	25354,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5995,23	7208	28557	3855	1,72	8098,158	1,90		
221	2	11	30	40	534,9	8421,2	25530,4	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6009,37	7208	28557	3855	1,72	8117,256	1,13		
222	2	12	30	40	5767,4	8235,5	33380,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6601,82	7208	28557	3855	1,72	8917,524	0,90		
223	4	14	65	60	38449,9	22770,2	140638,5	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	61378,2	35138	172360	34472	1,58	62733,52	0,99		
224	4	15	65	60	35901,6	39609,7	86804	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	42052,5	35138	101988	20398	1,70	41822,28	1,80		
225	4	16	65	60	45316,8	35834,3	137802,3	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	61054,1	35138	172360	34472	1,58	62402,3	1,32		
226	4	17	65	60	36444,7	37056,9	83140,9	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	41466,2	35138	101988	20398	1,70	41239,26	1,78		
227	4	18	65	60	43133,2	36772,8	116470,5	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	58443,8	35138	172360	34472	1,58	59734,35	1,35		
228	4	19	65	60	33477	36448,2	57595,6	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	37104,4	35138	101988	20398	1,70	36901,33	1,89		
229	6	20	30	30	2900,4	5814,2	22087,3	6,03	6,03	54059	4054	37298	3637	1,59	6244,95	4054	37298	3637	1,59	6244,955	1,40		
230	5	21	55	60	47643,5	23775,3	178560,9	26,55	21,24	198217	27255	172360	25115	1,53	51792,6	29733	172360	34472	1,53	63496,5	1,29		
231	4	28	65	60	44123,7	12405,8	131602,6	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	60326,6	35138	172360	34472	1,58	61658,68	0,93		
232	4	27	65	60	30570,2	19318,6	32618,1	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	32391	35138	101988	20398	1,70	32213,72	1,54		
233	4	26	65	60	41493,3	18804,4	126308,2	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	59684,8	35138	172360	34472	1,58	61002,77	1,00		
234	4	25	65	60	30057,1	19085,7	32514,8	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	32370,6	35138	101988	20398	1,70	32193,44	1,52		
235	4	24	65	60	40889,2	18738,4	122944,5	26,55	21,24	234256	38067	172											

14.1.3. Piano Primo

Asta	Proprietà	Pilastrata	L _x	L _y	Bending Moment 1		Bending Moment 2		Axial	A _{s,x}		A _{s,y}		N _c ,Rd	Verifica (N,M1)						Verifica (N,M2)						VERIFICA
359	21	1	30	50	9242,7	4800,3	38113,7	7,63	7,63	90099	6757	47206	4603	1,66	9086,01	11262	47206	8143	1,66	15520,92	1,33						
358	21	2	30	50	10652,6	7250,9	47220,5	7,63	7,63	90099	6757	47206	4603	1,66	9707,03	11262	47206	8143	1,66	16581,76	1,53						
357	21	3	30	50	8515,9	9187,1	40752,1	7,63	7,63	90099	6757	47206	4603	1,66	9273,95	11262	47206	8143	1,66	15841,96	1,50						
467	2	4	30	40	4974,2	7873,5	21926,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5711,64	7208	28557	3855	1,72	7715,094	1,89						
481	2	4	30	40	5441,4	8243,5	33727,5	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6626,17	7208	28557	3855	1,72	8950,407	1,74						
466	2	5	30	40	4517,4	8351,2	16032,9	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5190,92	7208	28557	3855	1,72	7011,724	2,06						
480	2	5	30	40	4975,1	8712,9	25104,1	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5974,98	7208	28557	3855	1,72	8070,803	1,91						
484	2	6	30	40	484,7	7951,9	15930,7	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5181,53	7208	28557	3855	1,72	6999,037	1,23						
493	2	6	30	40	673,1	7990	15667	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5157,24	7208	28557	3855	1,72	6966,225	1,28						
465	2	7	30	40	3905,1	7640	15830	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5172,26	7208	28557	3855	1,72	6986,52	1,85						
355	3	8	120	60	87384	14228,6	107737,4	20,36	10,18	432473	129742	118015	27379	1,79	95894,7	64871	118015	26435	1,79	55726,28	1,17						
468	2	9	30	40	5982,1	4898,3	31024,1	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6432,21	7208	28557	3855	1,72	8688,417	1,49						
482	2	9	30	40	7133	5269,9	41971,2	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	7157,76	7208	28557	3855	1,72	9668,464	1,54						
469	2	10	30	40	4359,1	8522,8	19221,3	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5477,76	7208	28557	3855	1,72	7399,171	1,95						
483	2	10	30	40	4852,6	8847,7	25261,5	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5987,7	7208	28557	3855	1,72	8087,99	1,90						
470	2	11	30	40	930,7	8053,5	18265,4	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5393,03	7208	28557	3855	1,72	7284,72	1,28						
492	2	11	30	40	784,3	8033,8	19055	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5463,09	7208	28557	3855	1,72	7379,365	1,23						
471	2	12	30	40	6108,3	7851,8	24051,3	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5889,09	7208	28557	3855	1,72	7954,788	2,02						
356	6	13	30	30	7306,5	1761,7	27506,2	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	5792,87	4054	28557	2784	1,65	5792,867	1,57						
383	4	14	65	60	38723,8	17023,5	89153,1	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	54682,9	35138	172360	34472	1,58	55890,42	1,01						
384	4	15	65	60	21311,5	31566,1	56612,1	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	36926,9	35138	101988	20398	1,70	36724,81	1,44						
385	4	16	65	60	49315,8	29179,3	102012,7	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	56509,5	35138	172360	34472	1,58	57757,28	1,38						
386	4	17	65	60	20677,4	30521,6	57126,2	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	37019,7	35138	101988	20398	1,70	36817,08	1,39						
387	4	18	65	60	43808,8	30039,7	84926	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	54061,4	35138	172360	34472	1,58	55255,21	1,35						
388	4	19	65	60	7276,9	28833,4	40602,4	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	33944,7	35138	101988	20398	1,70	33758,9	1,07						
389	6	20	30	30	2860,3	5419	16111,2	6,03	6,03	54059	4054	37298	3637	1,59	5791,49	4054	37298	3637	1,59	5791,489	1,43						
390	5	21	55	60	51429,1	18754	122841,9	26,55	21,24	198217	27255	172360	25115	1,53	47825,7	29733	172360	34472	1,53	58633,12	1,40						
397	4	22	65	60	38031,6	10385,2	70011	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	51787,7	35138	172360	34472	1,58	52931,28	0,93						
396	20	23	30	30	13093,9	11606,8	22276,1	15,71	12,57	108118	8109	101988	7576	1,51	11642,1	16218	101988	20398	1,51	27177,23	0,54						
395	4	24	65	60	41169,8	15099,7	87445,1	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	54433,1	35138	172360	34472	1,58	55635,02	1,03						
394	20	25	30	30	1257,4	11371,9	22712,6	15,71	12,57	108118	8109	101988	7576	1,51	11673,2	16218	101988	20398	1,51	27249,82	0,53						
393	4	26	65	60	42194,6	15105	89681,1	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	54759,8	35138	172360	34472	1,58	55969,03	1,04						
392	20	27	30	30	1225,9	11396,5	22723,8	15,71	12,57	108118	8109	101988	7576	1,51	11674	16218	101988	20398	1,51	27251,68	0,52						
391	4	28	65	60	43290,3	9888,2	94432	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	55444,5	35138	172360	34472	1,58	56668,83	0,96						
495	25	29	40	30	9839,1	5616	35445,9	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9110,25	5406	28557	2784	1,72	6744,501	1,91						
499	25	30	40	30	13360,8	4580,3	27655,5	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8344,27	5406	28557	2784	1,72	6177,435	2,34						
509	25	30	40	30	13823,6	5177,3	39451,3	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9462,19	5406	28557	2784	1,72	7005,048	2,20						
496	25	31	40	30	13937,3	7039,4	31928,6	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8777,49	5406	28557	2784	1,72	6948,157	2,67						
506	25	31	40	30	14393,9	7731	41390,6	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9621,99	5406	28557	2784	1,72	7123,355	2,58						
370	25	32	40	30	13367	1087,6	29670,2	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8552,44	5406	28557	2784	1,72	6331,542	1,73						
371	16	33	45	60	15789,8	26885,3	63623,9	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	23655,8	24327	82610	13218	1,66	29271,46	1,59						
494	25	34	40	30	10248	5480,8	38264,3	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9360,95	5406	28557	2784	1,72	6930,104	1,89						
498	25	35	40	30	13816,4	4538,8	29712,3	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8556,71	5406	28557	2784	1,72	6334,707	2,33						
508	25	35	40	30	14365,6	5080,4	42614,1	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9719,18	5406	28557	2784	1,72	7195,305	2,18						
497	25	36	40	30	14392	6950,9	36516	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9207,12	5406	28557	2784	1,72	6816,218	2,58						
507	25	36	40	30	14536	7687	46241,6	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9990,45	5406	28557	2784	1,72	7396,134	2,49						
372	16	37	45	60	16267	42924,2	53058,4	4,62	4,62	162177	18245	28557	4391	1,85	14580,9	24327	28557	5997	1,85	19533,16	3,31						
373	25	37	40	30	13616,1	1325,6	30942,7	10,18	12,72	72079	7208	82610	10621	1,47	15271,4	5406	82610	6137	1,47	9886,774	1,03						
375	16	39	45	60	19763,3	44857,9	73920,4	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	24776,4	24327	82610	13218	1,66	30658,06	2,26						
376	7	40	50	60	30965,6	27561,2	82408,6	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	29277,3	27030	82610	13218	1,69	32643,99	1,90						
374	1	41	40	50	18500	26802,3	99614,5	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	33368,8	15016	172360	22653	1,41	36782,2	1,28						
377	7	42	50	60	40374,6	40780	121058	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	33175,2	27030	82610	13218	1,69	36990,13	2,32						
354	1	43	40	50	18499,3	23253	120396,6	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	34171,9	15016	172360	22653	1,41	37667,47	1,16						
378	7	44	50	60	39049,1	37515,1	119456,2	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	33040,6	27030	82610	13218	1,69	36840,05	2,20						
382	1	45	40	50	16645,6	19986,1	132084,8	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	33798	15016	172360	22653	1,41	37255,36	1,03						
379	7	46	50	60	39256,7	34118,4	117830,5	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	32901,4	27030	82610	13218	1,69	36684							

14.2. Verifiche a pressoflessione deviata: $\alpha = 0,2$

14.2.1. Piano Interrato

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Bending Moment 1	Bending Moment 2	Axial	A _{s,x}	A _{s,y}	Nc,Rd	Verifica (N,M1)						Verifica (N,M2)						VERIFICA
											Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd			
1	6	72	30	30	1116,4	869,3	5948,4	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	3260,73	4054	20980	2046	1,72	3260,731	0,34		
2	6	71	30	30	889,2	354,2	8997	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	3563,15	4054	20980	2046	1,72	3563,151	0,16		
3	29	70	45	30	1871,7	437,3	16112,4	6,03	6,03	81089	9122	37298	5735	1,68	9450,53	6082	37298	3637	1,68	6181,728	0,11		
4	6	69	30	30	1014,6	322,2	11846,3	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	3832,79	4054	20980	2046	1,72	3832,794	0,16		
5	3	8	120	60	40892,3	11747,8	133239,6	20,36	10,18	432473	129742	118015	27379	1,79	104214	64871	118015	26435	1,79	60560,81	0,33		
6	2	7	30	40	973,6	1473,1	26230,4	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6065,35	7208	28557	3855	1,72	8192,873	0,14		
7	6	13	30	30	819,3	547,3	36520,2	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	6312,08	4054	28557	2784	1,65	6312,08	0,07		
8	2	6	30	40	432,2	1415,2	21953,1	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5713,87	7208	28557	3855	1,72	7718,107	0,10		
9	2	5	30	40	1724,6	1702,4	35504,2	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6748,45	7208	28557	3855	1,72	9115,578	0,21		
10	2	4	30	40	1071,9	1727,3	40352,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	7060,69	7208	28557	3855	1,72	9537,345	0,14		
11	1	3	40	50	3082,7	2865,2	57135,3	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	14953,4	15016	47206	8143	1,72	18835,7	0,15		
12	1	2	40	50	3838	2847,9	66119,1	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	15750,7	15016	47206	8143	1,72	19839,97	0,17		
13	1	1	40	50	3211,5	2747,7	51400,5	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	14399,2	15016	47206	8143	1,72	18137,61	0,16		
14	7	55	50	60	2503,8	3114,3	141445,2	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34663,8	27030	82610	13218	1,69	38649,96	0,04		
15	7	54	50	60	8171,3	4988,1	117703,4	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	32890,5	27030	82610	13218	1,69	36672,68	0,17		
16	7	53	50	60	7881,2	5307,3	90764,3	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	30230,4	27030	82610	13218	1,69	33706,73	0,20		
17	7	52	50	60	2597,6	3587,2	142058,5	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34701,8	27030	82610	13218	1,69	38692,34	0,05		
18	4	51	65	60	11520,1	4917,3	134009,4	12,57	12,57	234256	38067	87418	17775	1,73	48396,6	35138	87418	16318	1,73	44956,04	0,15		
19	7	50	50	60	5146,9	4123,6	94074,5	8,04	8,04	180197	22525	55948	8579	1,76	25849,5	27030	55948	10444	1,76	31143,42	0,14		
20	5	65	55	60	13195,5	4930,7	14232,4	6,03	8,04	198217	27255	46623	9511	1,81	14844,2	29733	46623	7833	1,81	15166,89	1,02		
21	4	47	65	60	11840	6091,5	67721,9	21,24	26,55	234256	38067	172360	37550	1,58	57098,7	35138	172360	27578	1,58	47357,42	0,14		
22	5	66	55	60	9708,5	5821,4	24870,8	6,03	8,04	198217	27255	46623	9511	1,81	17084,1	29733	46623	7833	1,81	17455,45	0,62		
23	5	67	55	60	7719,4	6614,6	10627,1	6,03	8,04	198217	27255	46623	9511	1,81	14060,7	29733	46623	7833	1,81	14366,36	0,72		
24	25	68	40	30	2567,4	702,7	6939,3	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	5818,99	5406	28557	2784	1,72	4307,915	0,36		
25	25	34	40	30	1517,2	1072,6	43223,1	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9766,5	5406	28557	2784	1,72	7230,334	0,12		
26	25	29	40	30	1296,5	1301,5	35671,9	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9130,88	5406	28557	2784	1,72	6759,774	0,14		
27	6	62	30	30	1619,2	945	14951,2	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	4112,04	4054	20980	2046	1,72	4112,039	0,36		
28	6	59	30	30	655	903,4	8477,2	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	3512,6	4054	20980	2046	1,72	3512,597	0,21		
29	25	31	40	30	1855,3	1788,3	60484,7	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10791,9	5406	28557	2784	1,72	7989,466	0,18		
30	6	64	30	30	556,1	1093,6	6994,9	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	3366,15	4054	20980	2046	1,72	3366,149	0,25		
31	6	61	30	30	366,2	1379,8	9552,1	3,39	3,39	54059	4054	20980	2046	1,72	3616,68	4054	20980	2046	1,72	3616,676	0,27		
32	25	32	40	30	1896	906,6	54657,4	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10517,7	5406	28557	2784	1,72	7786,451	0,12		
33	7	33	50	60	4601,6	12157	58780,2	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	26275,2	27030	82610	13218	1,69	29296,68	0,34		
34	7	38	50	60	4830,6	12909,9	71288,3	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	27919,7	27030	82610	13218	1,69	31130,36	0,34		
35	25	37	40	30	1856,3	920,9	54243,2	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10495,2	5406	28557	2784	1,72	7769,837	0,12		
36	25	36	40	30	1844,4	1585	62463	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	10866,4	5406	28557	2784	1,72	8044,59	0,16		
37	4	41	65	60	10212,5	8539,2	148283	21,24	26,55	234256	38067	172360	37550	1,58	69084,8	35138	172360	27578	1,58	57298,64	0,11		
38	7	39	50	60	8316,2	13091,5	100224,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31238	27030	82610	13218	1,69	34830,23	0,37		
39	7	40	50	60	8624,3	10224,8	106563	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31869,3	27030	82610	13218	1,69	35534,08	0,30		
40	7	42	50	60	5372,6	8181,3	176075,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	36063,5	27030	82610	13218	1,69	40210,65	0,15		
41	7	44	50	60	6190,7	7083,1	176562,4	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	36069,8	27030	82610	13218	1,69	40217,63	0,15		
42	7	46	50	60	8111,4	5198	159012,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	35578,7	27030	82610	13218	1,69	39670,09	0,16		
43	7	49	50	60	2578	4266	144020,6	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34820,6	27030	82610	13218	1,69	38824,79	0,06		
44	4	48	65	60	10413,2	5311,2	153964	21,24	26,55	234256	38067	172360	37550	1,58	69751,9	35138	172360	27578	1,58	57575,02	0,09		
45	2	9	30	40	938,9	1891,8	47742	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	7473,62	7208	28557	3855	1,72	10095,11	0,13		
46	2	10	30	40	1656,9	1817	39217,7	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6990,45	7208	28557	3855	1,72	9442,466	0,20		
47	2	12	30	40	996	1618,7	33301,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6596,25	7208	28557	3855	1,72	8910,002	0,14		
48	4	14	65	60	9753,5	6598,6	107918,6	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	57315,2	35138	172360	34472	1,58	55850,79	0,11		
49	4	15	65	60	10101,3	7763,2	100899,4	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	44213,7	35138	101988	20398	1,70	43971,72	0,18		
50	4	16	65	60	8546	7392,3	165474,7	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	63967,6	35138	172360	34472	1,58	65380,08	0,09		
51	4	17	65	60	9786,8	7357,4	103385,1	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	44579,1	35138	101988	20398	1,70	44325,07	0,17		
52	4	18	65	60	9733,9	7310,5	128451,2	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	59946,8	35138	172360	34472	1,58	61270,55	0,11		
53	4	19	65	60	11717,1	7411,5	72589,4	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	39722	35138	101988	20398	1,70	39504,61	0,24		
54	6	20	30	30	455,4	894,9	22416,1	6,03	6,03	54059	4054	37298	3637	1,59	6268,55	4054	37298	3637	1,59	6268,554	0,07		
55	5	21	55	60	7789,4	6088,6	159926,3	26,55	21,24	198217	27255	172360	25115	1,53	50763,1	29733	172360	34472	1,53	62234,32	0,09		
56	4	28	65	60	9787,8	7236,5	134702,1	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	60693,6	35138	172360	34472	1,58	62033,79	0,10		
57	4	27	65	60	12863,3	7761,9																	

14.2.2. Piano Terra

Asta	Proprietà	Pilastrata	L _x	L _y	Bending Moment 1	Bending Moment 2	Axial	A _{s,x}	A _{s,y}	Nc,Rd	Verifica (N,M1)						Verifica (N,M2)						VERIFICA
											Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd			
179	16	43	45	60	6421	8597,9	143614,9	21,24	26,55	162177	18245	172360	25238	1,48	42889,4	24327	172360	27578	1,48	51195,21	0,13		
181	3	8	120	60	20454,2	2045	110456,7	20,36	10,18	432473	129742	118015	27379	1,79	96807,2	64871	118015	26435	1,79	56256,54	0,10		
182	2	7	30	40	1552,1	1675,4	19943,2	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5541,02	7208	28557	3855	1,72	7484,629	0,25		
183	6	13	30	30	1422,2	481,3	29365	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	5911,19	4054	28557	2784	1,65	5911,189	0,14		
184	2	5	30	40	1850,8	2042,9	19981,5	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5544,36	7208	28557	3855	1,72	7489,139	0,34		
185	2	4	30	40	1606,6	1682,8	26177,6	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6061,15	7208	28557	3855	1,72	8187,198	0,23		
186	1	3	40	50	6172,1	2265,5	44830,7	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	13722,2	15016	47206	8143	1,72	17284,93	0,35		
187	1	2	40	50	6833,3	1791,7	52497,6	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	14507,9	15016	47206	8143	1,72	18274,52	0,35		
188	1	1	40	50	6179,2	1594,8	40067,8	7,63	7,63	120131	12013	47206	6373	1,72	13204,1	15016	47206	8143	1,72	16632,2	0,35		
189	7	56	50	60	13182	13952,6	83700,4	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	29428,4	27030	82610	13218	1,69	32812,53	0,58		
190	7	57	50	60	12020	13657,5	82175,6	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	29249,8	27030	82610	13218	1,69	32613,42	0,53		
191	7	58	50	60	14893,5	13828,9	89121,3	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	30047,6	27030	82610	13218	1,69	33502,92	0,61		
192	7	55	50	60	5300,8	4197,2	139031,8	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34510,2	27030	82610	13218	1,69	38478,72	0,10		
193	16	54	45	60	6537,5	7580,1	107629,5	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	27840,8	24327	82610	13218	1,66	34449,96	0,22		
194	16	53	45	60	6543,1	3321	71767,3	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	24548,8	24327	82610	13218	1,66	30376,51	0,17		
195	7	52	50	60	4545,2	4476,8	139601,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34547,1	27030	82610	13218	1,69	38519,81	0,09		
196	16	51	45	60	3701,5	6906,3	107983,2	12,57	12,57	162177	18245	87418	11947	1,65	27762	24327	87418	16318	1,65	37373,2	0,13		
197	16	50	45	60	5989,9	1736,1	67330,1	8,04	8,04	162177	18245	65272	7646	1,71	20104,3	24327	65272	10444	1,71	26998,82	0,18		
198	16	47	45	60	8599,2	624,6	52403,3	21,24	26,55	162177	18245	172360	25238	1,48	35170,1	24327	172360	27578	1,48	41980,97	0,12		
199	25	34	40	30	2264,2	1542,4	31746,6	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8759,68	5406	28557	2784	1,72	6484,972	0,25		
200	25	29	40	30	2167,9	1774,2	28773,7	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8460,66	5406	28557	2784	1,72	6263,6	0,28		
201	6	62	30	30	2454,3	1009,6	5566,1	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	4006,1	4054	28557	2784	1,65	4006,101	0,61		
202	6	59	30	30	1002	1156,8	2923,2	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	3746,18	4054	28557	2784	1,65	3746,18	0,31		
203	25	31	40	30	3717,3	1974,4	40067,9	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9513,76	5406	28557	2784	1,72	7043,226	0,39		
204	6	64	30	30	845,6	1140	2595,4	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	3713,31	4054	28557	2784	1,65	3713,315	0,28		
205	6	61	30	30	306,1	1954,6	3864,6	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	3839,8	4054	28557	2784	1,65	3839,797	0,39		
206	25	32	40	30	3173,8	266,1	39945,4	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9503,57	5406	28557	2784	1,72	7035,683	0,20		
207	16	33	45	60	4502,2	8148,8	47116,6	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	21692,6	24327	82610	13218	1,66	26842,24	0,26		
208	16	38	45	60	4501,1	9910	54661,3	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	22614,8	24327	82610	13218	1,66	27983,37	0,30		
209	25	37	40	30	3109,5	294,5	41417,7	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	9624,17	5406	28557	2784	1,72	7124,971	0,19		
210	25	41	40	30	3481,7	1855,2	42267,8	21,24	26,55	72079	7208	172360	22161	1,29	27442,5	5406	172360	12804	1,29	17015,62	0,08		
211	16	36	45	60	5180,8	10310,2	117307,5	4,62	4,62	162177	18245	28557	4391	1,85	21079,8	24327	28557	5997	1,85	28239,35	0,34		
212	16	39	45	60	8155,6	12504,5	77032,4	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	25098,8	24327	82610	13218	1,66	31057	0,44		
213	7	40	50	60	11849,7	8076,3	85083,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	29588,8	27030	82610	13218	1,69	32991,32	0,37		
214	7	42	50	60	8058,7	9084	142222,7	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34711,9	27030	82610	13218	1,69	38703,6	0,23		
215	7	44	50	60	8399,8	8600,6	142532,8	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34730,9	27030	82610	13218	1,69	38724,79	0,22		
216	7	49	50	60	4887,5	5394,3	141575,1	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	34671,9	27030	82610	13218	1,69	38658,97	0,11		
217	16	48	45	60	6492,1	6957,6	127708,7	21,24	26,55	162177	18245	172360	25238	1,48	41994,6	24327	172360	27578	1,48	50127,12	0,11		
218	17	45	60	60	9424,1	9433,9	163636,9	21,24	26,55	216236	32435	172360	34472	1,56	63931,2	32435	172360	27578	1,56	57343,45	0,12		
219	2	9	30	40	1544	1239,3	31867,6	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6493,74	7208	28557	3855	1,72	8771,532	0,17		
220	2	10	30	40	1794,1	2238,1	22515,9	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5761,4	7208	28557	3855	1,72	7782,302	0,33		
221	2	11	30	40	139,5	1693,5	20592,7	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5597,41	7208	28557	3855	1,72	7560,796	0,11		
222	2	12	30	40	1677,8	1958,1	27705,1	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6181,29	7208	28557	3855	1,72	8349,481	0,25		
223	4	14	65	60	15545,9	4745,6	85979,4	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	54217,3	35138	172360	34472	1,58	55414,49	0,18		
224	4	15	65	60	9982,8	9141,9	70388,7	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	39348	35138	101988	20398	1,70	39132,6	0,24		
225	4	16	65	60	13761,6	7214,1	136744,3	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	60931,8	35138	172360	34472	1,58	62277,3	0,15		
226	4	17	65	60	10156,8	7761,5	73453,5	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	39867,9	35138	101988	20398	1,70	39649,73	0,22		
227	4	18	65	60	18694,3	7741	105872,8	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	57038,5	35138	172360	34472	1,58	58297,98	0,24		
228	4	19	65	60	14112,7	7380,9	48327,4	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	35406,1	35138	101988	20398	1,70	35212,26	0,35		
229	6	20	30	30	754,5	1601,5	16934	6,03	6,03	54059	4054	37298	3637	1,59	5856,63	4054	37298	3637	1,59	5856,625	0,19		
230	5	21	55	60	16585,3	6750,6	134251,3	26,55	21,24	198217	27255	172360	25115	1,53	48837,7	29733	172360	34472	1,53	59873,82	0,24		
231	4	28	65	60	20017,6	2670,7	109759,3	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	57561,9	35138	172360	34472	1,58	58833	0,21		
232	4	27	65	60	13016,6	3942,1	31199,3	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	32110,4	35138	101988	20398	1,70	31934,6	0,30		
233	4	26	65	60	18546,7	3836,8	106093,6	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	57068,5	35138	172360	34472	1,58	58328,63	0,20		
234	4	25	65	60	12780,7	3898,1	30988,3	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	32068,5	35138	101988	20398	1,70	31892,98	0,29		
235	4	24	65	60	18210,8	3848,1	103687,4	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	56740,1	35138	172360	34472	1,5				

14.2.3. Piano Primo

Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Bending Moment 1	Bending Moment 2	Axial	Verifica (N,M1)								Verifica (N,M2)					VERIFICA
							A _{s,x}	A _{s,y}	Nc,Rd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd	Mc,Rd	Ns,Rd	Ms,Rd	m	MRd	
1	43	40	50	4737,4	6853,2	102862,9	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	33542,5	15016	172360	22653	1,41	36973,71	0,33
3	8	120	60	24332,4	3399,4	79029,5	20,36	10,18	432473	129742	118015	27379	1,79	85896,2	64871	118015	26435	1,79	49915,95	0,35
6	13	30	30	1629,5	455,8	21144,4	4,62	4,62	54059	4054	28557	2784	1,65	5346,67	4054	28557	2784	1,65	5346,674	0,39
21	3	30	50	3536,8	2125	31178,9	7,63	7,63	90099	6757	47206	4603	1,66	8561,94	11262	47206	8143	1,66	14625,69	0,56
21	2	30	50	3635	1482	37001,2	7,63	7,63	90099	6757	47206	4603	1,66	9004,85	11262	47206	8143	1,66	15382,28	0,50
21	1	30	50	3564,8	1377	28057,1	7,63	7,63	90099	6757	47206	4603	1,66	8312,17	11262	47206	8143	1,66	14199,02	0,53
7	56	50	60	8512,4	7906,1	55853,6	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	25872,8	27030	82610	13218	1,69	28848,08	0,60
7	57	50	60	7145,9	8768,5	56735,6	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	25994,8	27030	82610	13218	1,69	28984,05	0,58
7	58	50	60	10075,1	7484,4	62843,2	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	26822,8	27030	82610	13218	1,69	29907,26	0,63
7	55	50	60	9106,7	8241,8	99860,3	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31200,6	27030	82610	13218	1,69	34788,53	0,53
1	54	40	50	1689,3	6081,6	76414,2	10,18	12,72	120131	12013	82610	10621	1,59	20668	15016	82610	10857	1,59	23625,91	0,34
1	53	40	50	4645,7	2153,3	51287,7	10,18	12,72	120131	12013	82610	10621	1,59	18581,7	15016	82610	10857	1,59	21241,05	0,35
7	52	50	60	8120,8	7969,7	100921,7	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31309,2	27030	82610	13218	1,69	34909,55	0,49
1	51	40	50	1469,7	6334,2	76759,9	12,57	12,57	120131	12013	87418	10490	1,58	20603,2	15016	87418	13404	1,58	26020,76	0,31
1	50	40	50	4098,6	1282,8	44837,5	8,04	8,04	120131	12013	65272	6714	1,65	14485,3	15016	65272	8579	1,65	18250,85	0,35
1	47	40	50	5670,3	1421,8	39827,6	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	28656,1	15016	172360	22653	1,41	31587,42	0,24
25	32	40	30	3350,9	231,3	24740,8	4,62	4,62	72079	7208	28557	3855	1,72	8030,98	5406	28557	2784	1,72	5945,495	0,46
16	33	45	60	4972	6208,4	34050,7	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	19999,1	24327	82610	13218	1,66	24746,74	0,50
16	37	45	60	5012,8	9043,8	38708,5	4,62	4,62	162177	18245	28557	4391	1,85	12512,1	24327	28557	5997	1,85	26761,75	0,94
25	37	40	30	3352,2	279,3	29214,7	10,18	12,72	72079	7208	82610	10621	1,47	15112,4	5406	82610	6137	1,47	9783,813	0,25
1	41	40	50	3711	7938,3	82503,8	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	32280	15016	172360	22653	1,41	35582,05	0,34
16	39	45	60	6372	12329,5	54163,6	10,18	12,72	162177	18245	82610	12096	1,66	22555,3	24327	82610	13218	1,66	27909,68	0,72
7	40	50	60	9773,4	7808,7	61887	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	26695,1	27030	82610	13218	1,69	29764,85	0,63
7	42	50	60	8252,5	9545,2	101288	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31346,4	27030	82610	13218	1,69	34951,06	0,54
7	44	50	60	8056,3	9502,1	102289,9	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31447,6	27030	82610	13218	1,69	35063,91	0,53
7	46	50	60	7990,8	9178,9	102346,3	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31453,3	27030	82610	13218	1,69	35070,24	0,52
7	49	50	60	8421,1	8767,9	101907,5	10,18	12,72	180197	22525	82610	13572	1,69	31409,1	27030	82610	13218	1,69	35020,96	0,52
1	48	40	50	4936,6	6675,9	90018,9	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	32790,7	15016	172360	22653	1,41	36145,02	0,34
1	45	40	50	3413	6087,6	116984,3	21,24	26,55	120131	12013	172360	22161	1,41	34116,5	15016	172360	22653	1,41	37606,39	0,26
4	14	65	60	16360,6	3944,6	59811	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	50162,1	35138	172360	34472	1,58	51269,78	0,40
4	15	65	60	8454,5	7354	49548,9	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	35633,3	35138	101988	20398	1,70	35438,28	0,44
4	16	65	60	14995,2	6100	100683,8	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	56325,3	35138	172360	34472	1,58	57569,01	0,37
4	17	65	60	8892,6	6844,2	52174,9	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	36118,4	35138	101988	20398	1,70	35920,67	0,44
4	18	65	60	20615,3	6727,5	77241,2	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	52905,5	35138	172360	34472	1,58	54073,73	0,51
4	19	65	60	2415,2	5954,2	34895,1	15,71	12,57	234256	38067	101988	17775	1,70	32838,6	35138	101988	20398	1,70	32658,81	0,26
6	20	30	30	622,3	1696,3	12067,5	6,03	6,03	54059	4054	37298	3637	1,59	5459,28	4054	37298	3637	1,59	5459,285	0,42
5	21	55	60	18951,4	5749,1	97616,4	26,55	21,24	198217	27255	172360	25115	1,53	45292,1	29733	172360	34472	1,53	55527	0,52
4	28	65	60	22342,5	2070	79953,8	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	53317,3	35138	172360	34472	1,58	54494,67	0,46
20	27	30	60	545,6	2290,6	21646,1	15,71	12,57	108118	8109	101988	7576	1,51	11597	16218	101988	20398	1,51	27072,12	0,13
4	26	65	60	19996,4	3021,9	76811,7	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	52839,9	35138	172360	34472	1,58	54006,7	0,43
20	25	30	60	554,9	2290,8	21489,5	15,71	12,57	108118	8109	101988	7576	1,51	11585,8	16218	101988	20398	1,51	27045,93	0,13
4	24	65	60	19383,3	3052,7	75092,6	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	52576,4	35138	172360	34472	1,58	53737,33	0,43
20	23	30	60	559,8	2471,1	20456,4	15,71	12,57	108118	8109	101988	7576	1,51	11511,5	16218	101988	20398	1,51	26872,56	0,14
2	22	65	60	15638,2	2855,9	55944,8	26,55	21,24	234256	38067	172360	30040	1,58	49531,3	35138	172360	34472	1,58	50625,04	0,37
2	7	30	40	1675,1	1577,7	13915,2	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	4993,8	7208	28557	3855	1,72	6745,462	0,57
2	5	30	40	1909,2	2119,7	12171,3	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	4827,56	7208	28557	3855	1,72	6520,913	0,72
2	4	30	40	1629,8	1705,1	17327,1	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5308,8	7208	28557	3855	1,72	7170,951	0,54
2	9	30	40	1354,7	1078,4	21508,2	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5676,03	7208	28557	3855	1,72	7666,993	0,38
2	10	30	40	1764	2211,3	14846,5	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5081,13	7208	28557	3855	1,72	6863,427	0,67
2	11	30	40	205,6	1656,9	15283,6	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5121,77	7208	28557	3855	1,72	6918,323	0,28
2	12	30	40	1755	1991,7	20279,3	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5570,26	7208	28557	3855	1,72	7524,129	0,58
2	5	30	40	2007,7	2197,7	19001,4	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5458,36	7208	28557	3855	1,72	7372,972	0,67
2	4	30	40	1722,5	1771,2	21907,8	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5710,03	7208	28557	3855	1,72	7712,917	0,53
2	9	30	40	1612,7	1161,5	25711	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	6023,87	7208	28557	3855	1,72	8136,844	0,41
2	10	30	40	1851,5	2238,6	20949,2	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5628,15	7208	28557	3855	1,72	7602,312	0,62
2	6	30	40	171,4	1728,1	13283,7	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	4934,01	7208	28557	3855	1,72	6664,698	0,29
2	11	30	40	172	1666	16072,5	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	5194,56	7208	28557	3855	1,72	7016,636	0,27
2	6	30	40	215,1	1734,7	13020,6	4,62	4,62	72079	5406	28557	2784	1,72	4908,96	7208	28557	3855	1,72	6630,865	0,31
25	34	40	30	2600,6	1530,3	22279,														

14.3. Verifiche a Taglio: $\alpha = 1$

14.3.1. Piano Interrato

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Sollecitazioni			Staffe			V1					V2				
					Shear Plane 1	Shear Plane 2	Axial	ϕ_{st}	passo	Braccia	VRsd,x	α_{cp}	α	VRcd,x	Verifica	VRd,y	α_{cp}	α	VRcd,y	Verifica
1	6	72	30	30	2433	2432,2	8503,6	8	15	2	3916,337	9,4	1,08	25119	1,61	3916,337	9,4	1,08	25119	1,61
2	6	71	30	30	2977,8	969,3	10400,8	8	15	2	3916,337	11,6	1,09	25518	1,32	3916,337	11,6	1,09	25518	1,32
3	29	70	45	30	6373,1	1003,1	17201,2	8	15	2	6014,374	12,7	1,10	39532	0,94	3916,337	12,7	1,10	38612	3,90
4	6	69	30	30	3437,8	731	17545,1	8	15	2	3916,337	19,5	1,16	27018	1,14	3916,337	19,5	1,16	27018	5,36
5	3	8	120	60	92294,7	29045,6	226201,1	10	15	4	51576,76	31,4	1,86	366549	0,56	25351,29	31,4	1,86	360336	0,87
6	2	7	30	40	2111,9	5795,2	30057,4	8	15	2	3916,337	25,0	1,20	37423	1,85	5315,028	25,0	1,20	38091	0,92
7	6	13	30	30	3378,7	1793,7	64159,5	8	15	2	3916,337	71,3	1,06	24650	1,16	3916,337	71,3	1,06	24650	2,18
8	2	6	30	40	873,7	5757,1	32712,9	8	15	2	3916,337	27,3	1,22	37981	4,48	5315,028	27,3	1,22	38659	0,92
9	2	5	30	40	5801,3	11153,9	58489,8	8	15	2	3916,337	48,7	1,51	47071	0,68	5315,028	48,7	1,51	47911	0,48
10	2	4	30	40	5225,1	11213,4	83952,1	8	15	2	3916,337	70,0	1,08	33703	0,75	5315,028	70,0	1,08	34305	0,47
11	1	3	40	50	6971,5	9776	91000	8	15	2	5315,028	45,5	1,58	83316	0,76	6713,72	45,5	1,58	84193	0,69
12	1	2	40	50	7297,7	9202	99617,9	8	15	2	5315,028	49,8	1,49	78711	0,73	6713,72	49,8	1,49	79540	0,73
13	1	1	40	50	7504,8	7472,1	87050,2	8	15	2	5315,028	43,5	1,62	85427	0,71	6713,72	43,5	1,62	86326	0,90
14	7	55	50	60	1925,6	5121,3	185971	8	15	2	6713,72	62,0	1,24	99576	3,49	8112,412	62,0	1,24	100267	1,58
15	7	54	50	60	18470	16763,5	143342,3	8	15	2	6713,72	47,8	1,53	122595	0,36	8112,412	47,8	1,53	123447	0,48
16	7	53	50	60	14302,3	19591,1	112404,6	8	15	2	6713,72	37,5	1,74	139302	0,47	8112,412	37,5	1,74	140269	0,41
17	7	52	50	60	2105,9	5855,6	183854	8	15	2	6713,72	61,3	1,26	100719	3,19	8112,412	61,3	1,26	101418	1,39
18	4	51	65	60	40455,3	8611,7	174874,3	8	15	2	8811,758	44,8	1,59	167160	0,22	8112,412	44,8	1,59	166718	0,94
19	7	50	50	60	17968,7	8999,7	96613,5	8	15	2	6713,72	32,2	1,85	147829	0,37	8112,412	32,2	1,85	148855	0,90
20	5	65	55	60	23731,3	10574,2	19128,1	8	15	2	7413,066	5,8	1,05	92481	0,31	8112,412	5,8	1,05	92771	0,77
21	4	47	65	60	25830,3	13833,7	86317,6	8	15	2	8811,758	22,1	1,18	123824	0,34	8112,412	22,1	1,18	123496	0,59
22	5	66	55	60	29524,9	12509,3	28652,3	8	15	2	7413,066	8,7	1,07	94546	0,25	8112,412	8,7	1,07	94843	0,65
23	5	67	55	60	23319,3	14317	19301,7	8	15	2	7413,066	5,8	1,05	92518	0,32	8112,412	5,8	1,05	92809	0,57
24	25	68	40	30	6989,3	2131,3	12929,4	8	15	2	5315,028	10,8	1,09	34430	0,76	3916,337	10,8	1,09	33826	1,84
25	25	34	40	30	6203,7	4278,2	89053,9	8	15	2	5315,028	74,2	1,00	31578	0,86	3916,337	74,2	1,00	31024	0,92
26	25	29	40	30	5701,8	4574,6	88229,8	8	15	2	5315,028	73,5	1,01	32019	1,05	3916,337	73,5	1,01	31457	0,86
27	6	62	30	30	2335,7	3680,6	31835,4	8	15	2	3916,337	35,4	1,78	41620	1,68	3916,337	35,4	1,78	41620	1,06
28	6	59	30	30	2195,4	3686,6	26111,8	8	15	2	3916,337	29,0	1,24	28817	1,78	3916,337	29,0	1,24	28817	1,06
29	25	31	40	30	11668	9233,1	123994	8	15	2	5315,028	103,3	0,41	12907	0,46	3916,337	103,3	0,41	12681	0,42
30	6	64	30	30	2061,5	4132,7	21574,7	8	15	2	3916,337	24,0	1,19	27864	1,90	3916,337	24,0	1,19	27864	0,95
31	6	61	30	30	894,3	5546,8	31348,2	6	15	2	2202,939	34,8	1,79	41876	2,46	2202,939	34,8	1,79	41876	0,40
32	25	32	40	30	6490,8	2362,6	69406,9	8	15	2	5315,028	57,8	1,33	42077	0,82	3916,337	57,8	1,33	41339	1,66
33	7	33	50	60	12278,3	39102	126187,3	8	15	2	6713,72	42,1	1,65	131859	0,55	8112,412	42,1	1,65	132775	0,21
34	7	38	50	60	12952,1	45869,3	148258,7	8	15	2	6713,72	49,4	1,50	119940	0,52	8112,412	49,4	1,50	120773	0,18
35	25	37	40	30	6624,2	2461,4	66516,1	8	15	2	5315,028	55,4	1,38	43622	0,80	3916,337	55,4	1,38	42857	1,59
36	25	36	40	30	12020,6	9038,1	126339	8	15	2	5315,028	105,3	0,37	11654	0,44	3916,337	105,3	0,37	11450	0,43
37	4	41	65	60	38001,6	16154	206040,6	8	15	2	8811,758	52,8	1,43	150168	0,23	8112,412	52,8	1,43	149771	0,50
38	7	39	50	60	18044,5	44460,9	191205,9	8	15	2	6713,72	63,7	1,21	96749	0,37	8112,412	63,7	1,21	97421	0,18
39	7	40	50	60	18695,3	29095,8	171685,6	8	15	2	6713,72	57,2	1,34	107290	0,36	8112,412	57,2	1,34	108035	0,28
40	7	42	50	60	21463,3	14240,5	242237,3	8	15	2	6713,72	80,7	0,86	69192	0,31	8112,412	80,7	0,86	69672	0,57
41	7	44	50	60	22253,5	10771,3	229495,7	8	15	2	6713,72	76,5	0,95	76072	0,30	8112,412	76,5	0,95	76601	0,75
42	7	46	50	60	17622,5	7901,9	211558,5	8	15	2	6713,72	70,5	1,07	85758	0,38	8112,412	70,5	1,07	86354	1,03
43	7	49	50	60	2033	6784,3	187193	8	15	2	6713,72	62,4	1,24	98916	3,30	8112,412	62,4	1,24	99603	1,20
44	4	48	65	60	38462,3	8977,9	183939,2	8	15	2	8811,758	47,2	1,54	162218	0,23	8112,412	47,2	1,54	161789	0,90
45	2	9	30	40	4406,3	12164,9	111717,6	8	15	2	3916,337	93,1	0,61	19126	0,89	5315,028	93,1	0,61	19468	0,44
46	2	10	30	40	5712,3	11178,1	62796,3	8	15	2	3916,337	52,3	1,44	44810	0,69	5315,028	52,3	1,44	45610	0,48
47	2	12	30	40	3053,4	6106,1	44719,2	8	15	2	3916,337	37,3	1,75	54300	1,28	5315,028	37,3	1,75	55270	0,87
48	4	14	65	60	18509,8	16742,9	233839,3	10	15	2	13768,37	60,0	1,29	135013	0,74	12675,64	60,0	1,29	134655	0,76
49	4	15	65	60	22820,6	22189	137680,5	10	15	2	13768,37	35,3	1,79	187438	0,60	12675,64	35,3	1,79	186942	0,57
50	4	16	65	60	19425	21057,7	170311,9	10	15	2	13768,37	43,7	1,62	169647	0,71	12675,64	43,7	1,62	169198	0,60
51	4	17	65	60	21828,9	21059,7	116906,8	10	15	2	13768,37	30,0	1,24	130495	0,63	12675,64	30,0	1,24	130149	0,60
52	4	18	65	60	17877,1	21105,8	150568,1	10	15	2	13768,37	38,6	1,72	180411	0,77	12675,64	38,6	1,72	179934	0,60
53	4	19	65	60	19805,8	21812,1	101168,4	10	15	2	13768,37	25,9	1,21	127062	0,70	12675,64	25,9	1,21	126726	0,58
54	6	20	30	30	1293,9	2676,2	43012	8	15	2	3916,337	47,8	1,53	35752	3,03	3916,337	47,8	1,53	35752	1,46
55	5	21	55	60	17492,3	15001,8	254873,9	8	15	2	7413,066	77,2	0,94	82680	0,42	8112,412	77,2	0,94	82940	0,54
56	4	28	65	60	17383,5	15293	180824,7	10	15	2	13768,37	46,4	1,56	163916	0,79	12675,64	46,4	1,56	163482	0,83
57	4	27	65	60	20608,2	18069,2	65119,3	10	15	2	13768,37	16,7	1,14	119201	0,67	12675,64	16,7	1,14	118886	0,70
58	4	26	65	60	17381,7	17978,7	170033,4	10	15	2	13768,37	43,6	1,62	169799	0,79	12675,64	43,6	1,62	169350	0,71
59	4	25	65	60	21160,1	17946,2	65176,6	10	15	2	13768,37	16,7	1,14	119214	0,65	12675,64	16,7	1,14	118898	0,71
60	4	24	65	60	18130,5	17932,3	165794,5	10	15	2	13768,37	42,5	1,64	172110	0,76	12675,64	42,5	1,64	171655	0,71
61	4	23	65	60	21941,3	18139,7	65460	10	15	2	13768,37	16,8	1,14	119275	0,63	12675,64	16,8	1,14	118960	0,70
62	4	22	65	60	18298,5	15147,4	140381,1	10	15	2	13768,37	36,0	1,77	185965	0,75	12675				

14.3.2. Piano Terra

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Sollecitazioni			Staffe			V1					V2				
					Shear Plane 1	Shear Plane 2	Axial	Φ _{st}	passo	Braccia	VRsd,x	σ _{cp}	α _c	VRcd,x	Verifica	VRd,y	σ _{cp}	α _c	VRcd,y	Verifica
179	16	43	45	60	20571,1	16610,6	198084,9	10	15	2	9397,46	73,4	1,01	72696	0,46	12675,64	73,4	1,01	73541	0,76
181	3	8	120	60	47470,4	5969	184639	10	15	2	25788,38	25,6	1,21	237518	0,54	12675,64	25,6	1,21	233492	2,12
182	2	7	30	40	2592,5	6425,9	23664,8	10	15	2	6119,276	19,7	1,16	36081	2,36	8304,732	19,7	1,16	36725	1,29
183	6	13	30	30	5546,5	1554,8	47176,9	10	15	4	12238,55	52,4	1,44	33565	2,21	12238,55	52,4	1,44	33565	7,87
184	2	5	30	40	3530,7	12196,4	28101,5	10	15	2	6119,276	23,4	1,19	37012	1,73	8304,732	23,4	1,19	37673	0,68
185	2	4	30	40	7101,4	11920,1	44731,5	10	15	2	6119,276	37,3	1,75	54294	0,86	8304,732	37,3	1,75	55263	0,70
186	1	3	40	50	10976,1	8481,4	70683,8	10	15	2	8304,732	35,3	1,78	94173	0,76	10490,19	35,3	1,78	95164	1,24
187	1	2	40	50	13246,2	7181,4	79997,7	10	15	2	8304,732	40,0	1,69	89196	0,63	10490,19	40,0	1,69	90135	1,46
188	1	1	40	50	11338,7	4233,5	66238,2	10	15	2	8304,732	33,1	1,83	96548	0,73	10490,19	33,1	1,83	97565	2,48
189	7	56	50	60	37076	50349,1	205014,8	10	15	2	10490,19	68,3	1,12	89292	0,28	12675,64	68,3	1,12	89912	0,25
190	7	57	50	60	33805,7	53491,6	142310,8	10	15	2	10490,19	47,4	1,54	123152	0,31	12675,64	47,4	1,54	124007	0,24
191	7	58	50	60	48792,4	48656,7	147966,8	10	15	2	10490,19	49,3	1,50	120098	0,21	12675,64	49,3	1,50	120932	0,26
192	7	55	50	60	15121,6	8666,1	183516,2	10	15	2	10490,19	61,2	1,26	100901	0,69	12675,64	61,2	1,26	101602	1,46
193	16	54	45	60	12333,1	19016,4	149579,6	10	15	2	9397,46	55,4	1,38	98768	0,76	12675,64	55,4	1,38	99916	0,67
194	16	53	45	60	15563,4	6672,3	79267,7	10	15	2	9397,46	29,4	1,24	88709	0,60	12675,64	29,4	1,24	89741	1,90
195	7	52	50	60	13229,6	9592,2	181399,7	10	15	2	10490,19	60,5	1,28	102044	0,79	12675,64	60,5	1,28	102753	1,32
196	16	51	45	60	11282,8	11818,6	148966,2	10	15	2	9397,46	55,2	1,38	99097	0,83	12675,64	55,2	1,38	100250	1,07
197	16	50	45	60	17434,6	1427,7	69866,2	10	15	2	9397,46	25,9	1,21	86688	0,54	12675,64	25,9	1,21	87696	8,88
198	16	47	45	60	12136,9	1457,1	64457,3	10	15	2	9397,46	23,9	1,19	85525	0,77	12675,64	23,9	1,19	86519	8,70
199	25	34	40	30	8423,9	4820,3	73385,1	10	15	2	8304,732	61,2	1,26	39952	0,99	6119,276	61,2	1,26	39251	1,27
200	25	29	40	30	7425,1	5066,1	69345,8	10	15	2	8304,732	57,8	1,33	42110	1,12	6119,276	57,8	1,33	41371	1,21
201	6	62	30	30	3490,8	4024,3	11670,3	10	15	2	6119,276	13,0	1,11	25784	1,75	6119,276	13,0	1,11	25784	1,52
202	6	59	30	30	3302,9	4110,3	9377,6	10	15	2	6119,276	10,4	1,08	25303	1,85	6119,276	10,4	1,08	25303	1,49
203	25	31	40	30	17249,1	11817,4	69491,2	10	15	2	8304,732	57,9	1,33	42032	0,48	6119,276	57,9	1,33	41295	0,52
204	6	64	30	30	2952,6	4488,4	7880,8	10	15	2	6119,276	8,8	1,07	24988	2,07	6119,276	8,8	1,07	24988	1,36
205	6	61	30	30	923,5	7124,8	12557,3	10	15	2	6119,276	14,0	1,11	25970	6,63	6119,276	14,0	1,11	25970	0,86
206	25	32	40	30	10115,4	933	50941,3	10	15	2	8304,732	42,5	1,64	51945	0,82	6119,276	42,5	1,64	51034	6,56
207	16	33	45	60	10893	28761,8	109239,8	10	15	2	9397,46	40,5	1,68	120450	0,86	12675,64	40,5	1,68	121851	0,44
208	16	38	45	60	11394,6	39414,4	102204,9	10	15	2	9397,46	37,9	1,73	124232	0,82	12675,64	37,9	1,73	125676	0,32
209	25	37	40	30	10303,5	1087,4	48365,9	10	15	2	8304,732	40,3	1,68	53321	0,81	6119,276	40,3	1,68	52386	5,63
210	25	41	40	30	17591,3	11703	70590,7	10	15	2	8304,732	58,8	1,31	41445	0,47	6119,276	58,8	1,31	40718	0,52
211	16	36	45	60	20279,7	20625,1	175483,7	10	15	2	9397,46	65,0	1,18	84844	0,46	12675,64	65,0	1,18	85831	0,61
212	16	39	45	60	15857	38875,3	136736,9	10	15	2	9397,46	50,6	1,47	105671	0,59	12675,64	50,6	1,47	106899	0,33
213	7	40	50	60	23542	21272,3	134244,6	10	15	2	10490,19	44,7	1,59	127508	0,45	12675,64	44,7	1,59	128393	0,60
214	7	42	50	60	30912,5	19862,5	206853,9	10	15	2	10490,19	69,0	1,10	88299	0,34	12675,64	69,0	1,10	88912	0,64
215	7	44	50	60	30629,1	16580,5	196170	10	15	2	10490,19	65,4	1,18	94068	0,34	12675,64	65,4	1,18	94721	0,76
216	7	49	50	60	13906,8	11151,7	184739	10	15	2	10490,19	61,6	1,25	100241	0,75	12675,64	61,6	1,25	100937	1,14
217	16	48	45	60	18538,5	12552,2	157311,6	10	15	2	9397,46	58,3	1,32	94612	0,51	12675,64	58,3	1,32	95712	1,01
218	17	45	60	60	35395,8	17274,6	211444	10	15	2	12675,64	58,7	1,31	126694	0,36	12675,64	58,7	1,31	126694	0,73
219	2	9	30	40	9452,8	9216,5	64341	10	15	2	6119,276	53,6	1,41	43999	0,65	8304,732	53,6	1,41	44784	0,90
220	2	10	30	40	3814,9	12887,7	27120,9	10	15	2	6119,276	22,6	1,18	36807	1,60	8304,732	22,6	1,18	37464	0,64
221	2	11	30	40	510,9	6915	28614,9	10	15	2	6119,276	23,8	1,19	37120	11,98	8304,732	23,8	1,19	37783	1,20
222	2	12	30	40	4560,9	6637,5	36927,6	10	15	2	6119,276	30,8	1,25	38866	1,34	8304,732	30,8	1,25	39560	1,25
223	4	14	65	60	25975,8	18362,7	174797,7	10	15	2	13768,37	44,8	1,59	167202	0,53	12675,64	44,8	1,59	166759	0,69
224	4	15	65	60	20356,6	31362,7	97062,4	10	15	2	13768,37	24,9	1,20	126167	0,68	12675,64	24,9	1,20	125833	0,40
225	4	16	65	60	34101	28723	138462,1	10	15	2	13768,37	35,5	1,78	187012	0,40	12675,64	35,5	1,78	186517	0,44
226	4	17	65	60	20932,6	29480,3	89195	10	15	2	13768,37	22,9	1,19	124451	0,66	12675,64	22,9	1,19	124122	0,43
227	4	18	65	60	29230,5	29410,2	123092,5	10	15	2	13768,37	31,6	1,86	195391	0,47	12675,64	31,6	1,86	194874	0,43
228	4	19	65	60	16055,9	29626,1	63387,5	10	15	2	13768,37	16,3	1,13	118823	0,86	12675,64	16,3	1,13	118509	0,43
229	6	20	30	30	2075,5	4633,6	25305,3	10	15	2	6119,276	28,1	1,23	28647	2,95	6119,276	28,1	1,23	28647	1,32
230	5	21	55	60	35976,7	18199,8	206251,5	10	15	2	11582,92	62,5	1,23	109036	0,32	12675,64	62,5	1,23	109379	0,70
231	4	28	65	60	29676,5	9788,5	145252,8	10	15	2	13768,37	37,2	1,75	183309	0,46	12675,64	37,2	1,75	182824	1,29
232	4	27	65	60	12060,3	15511,9	33504,7	10	15	2	13768,37	8,6	1,07	112307	1,14	12675,64	8,6	1,07	112009	0,82
233	4	26	65	60	27854,4	15011,2	138940,6	10	15	2	13768,37	35,6	1,78	186751	0,49	12675,64	35,6	1,78	186257	0,84
234	4	25	65	60	11850,4	15342	33468,6	10	15	2	13768,37	8,6	1,07	112299	1,16	12675,64	8,6	1,07	112002	0,83
235	4	24	65	60	27367,7	14925,2	134978,7	10	15	2	13768,37	34,6	1,80	188911	0,50	12675,64	34,6	1,80	188411	0,85
236	4	23	65	60	11783,7	15693,4	34400,9	10	15	2	13768,37	8,8	1,07	112502	1,17	12675,64	8,8	1,07	112204	0,81
237	4	22	65	60	26079,7	9662,4	112940,5	10	15	2	13768,37	29,0	1,23	129630	0,53	12675,64	29,0	1,23	129287	1,31
238	25	35	40	30	17805,5	6175,7	54978,9	10	15	2	8304,732	45,8	1,57	49787	0,47	6119,276	45,8	1,57	48914	0,99
239	25	30	40	30	17029,2	6222,7	51156	10	15	2	8304,732	42,6	1,64	51830	0,49	6119,276	42,6	1,64	50921	0,98
240	6	63	30	30	4411,1	1135,5	10093,1	10	15	2	6119,276	11,2	1,09	25453	1,39	6119,276	11,2	1,09	25453	5,39
318	2	5	30	40	4693,3	12504,9														

14.3.3. Piano Primo

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Sollecitazioni			Staffe			V1				V2					
					Shear Plane 1	Shear Plane 2	Axial	φ _{st}	passo	Braccia	VRsd,x	σ _{cp}	α _c	VRcd,x	Verifica	VRd,y	σ _{cp}	α _c	VRcd,y	Verifica
359	21	1	30	50	6726,9	3616,3	44396,6	10	15	2	6119,276	29,6	1,24	48212	0,91	10490,19	29,6	1,24	49590	2,90
358	21	2	30	50	8058,7	5817,2	53605,2	10	15	2	6119,276	35,7	1,78	69079	0,76	10490,19	35,7	1,78	71053	1,80
357	21	3	30	50	6213,3	7203,7	46734,3	10	15	2	6119,276	31,2	1,87	72687	0,98	10490,19	31,2	1,87	74763	1,46
467	2	4	30	40	7530,1	11104,7	24799,9	10	15	2	6119,276	20,7	1,17	36319	0,81	8304,732	20,7	1,17	36968	0,75
481	2	4	30	40	8002,3	11824,3	41111	10	15	2	6119,276	34,3	1,81	56195	0,76	8304,732	34,3	1,81	57198	0,70
466	2	5	30	40	4215,9	11444,5	18445,7	10	15	2	6119,276	15,4	1,12	34985	1,45	8304,732	15,4	1,12	35609	0,73
480	2	5	30	40	4598,3	12146,1	28910,6	10	15	2	6119,276	24,1	1,20	37182	1,33	8304,732	24,1	1,20	37846	0,68
484	2	6	30	40	475,1	6545,8	17584,1	10	15	2	6119,276	14,7	1,12	34804	12,88	8304,732	14,7	1,12	35425	1,27
493	2	6	30	40	397,4	6486,4	17319,9	10	15	2	6119,276	14,4	1,12	34748	15,40	8304,732	14,4	1,12	35369	1,28
465	2	7	30	40	2819,1	6225,5	17026,1	10	15	2	6119,276	14,2	1,11	34687	2,17	8304,732	14,2	1,11	35306	1,33
355	3	8	120	60	57845,3	9554,5	125674,6	10	15	4	51576,76	17,5	1,14	224472	0,89	25351,29	17,5	1,14	220668	2,65
468	2	9	30	40	8594,4	7795	36969,7	10	15	2	6119,276	30,8	1,25	38875	0,71	8304,732	30,8	1,25	39569	1,07
482	2	9	30	40	10309,3	8098,2	52132,1	10	15	2	6119,276	43,4	1,62	50408	0,59	8304,732	43,4	1,62	51309	1,03
469	2	10	30	40	4254,6	11211,7	21954,5	10	15	2	6119,276	18,3	1,15	35722	1,44	8304,732	18,3	1,15	36359	0,74
483	2	10	30	40	4725,2	11930	27948,7	10	15	2	6119,276	23,3	1,19	36980	1,30	8304,732	23,3	1,19	37641	0,70
470	2	11	30	40	606,8	6523,1	20128,3	10	15	2	6119,276	16,8	1,14	35338	10,08	8304,732	16,8	1,14	35969	1,27
492	2	11	30	40	708,2	6612,2	20918,4	10	15	2	6119,276	17,4	1,14	35504	8,64	8304,732	17,4	1,14	36138	1,26
471	2	12	30	40	4821,7	6240,5	26408,4	10	15	2	6119,276	22,0	1,18	36657	1,27	8304,732	22,0	1,18	37311	1,33
356	6	13	30	30	5931,3	1408,7	31480,1	10	15	2	6119,276	35,0	1,79	41806	1,03	6119,276	35,0	1,79	41806	4,34
383	4	14	65	60	27418,3	12988,4	107483,5	10	15	2	13768,37	27,6	1,22	128440	0,50	12675,64	27,6	1,22	128100	0,98
384	4	15	65	60	14200,6	23817,8	61023,1	10	15	2	13768,37	15,6	1,13	118308	0,97	12675,64	15,6	1,13	117995	0,53
385	4	16	65	60	37878,1	22366,5	102840,6	10	15	2	13768,37	26,4	1,21	127427	0,36	12675,64	26,4	1,21	127090	0,57
386	4	17	65	60	14206,8	23117,9	60220	10	15	2	13768,37	15,4	1,13	118133	0,97	12675,64	15,4	1,13	117820	0,55
387	4	18	65	60	30622	22733	89726	10	15	2	13768,37	23,0	1,19	124567	0,45	12675,64	23,0	1,19	124238	0,56
388	4	19	65	60	3709,9	22214,7	44168,8	10	15	2	13768,37	11,3	1,09	114632	3,71	12675,64	11,3	1,09	114329	0,57
389	6	20	30	30	2157,7	4251,1	18638,2	10	15	2	6119,276	20,7	1,17	27247	2,84	6119,276	20,7	1,17	27247	1,44
390	5	21	55	60	38721	13951,1	138599,7	10	15	2	11582,92	42,0	1,65	145706	0,30	12675,64	42,0	1,65	146164	0,91
397	4	22	65	60	27127,5	6281,1	78798,8	10	15	2	13768,37	20,2	1,16	122184	0,51	12675,64	20,2	1,16	121861	2,02
396	20	23	30	60	492,4	8010,5	23412,9	10	15	2	6119,276	13,0	1,11	51583	12,43	12675,64	13,0	1,11	53426	1,58
395	4	24	65	60	28452,4	10752	95162	10	15	2	13768,37	24,4	1,20	125753	0,48	12675,64	24,4	1,20	125420	1,18
394	20	25	30	60	452,2	7912,1	23476,8	10	15	2	6119,276	13,0	1,11	51597	13,53	12675,64	13,0	1,11	53440	1,60
393	4	26	65	60	29163,9	10779	97721	10	15	2	13768,37	25,1	1,20	126311	0,47	12675,64	25,1	1,20	125977	1,18
392	20	27	30	60	423,5	7936,5	23397,1	10	15	2	6119,276	13,0	1,11	51580	14,45	12675,64	13,0	1,11	53422	1,60
391	4	28	65	60	29703,4	6157,4	103477,2	10	15	2	13768,37	26,5	1,21	127566	0,46	12675,64	26,5	1,21	127229	2,06
495	25	29	40	30	7860,6	4401,7	45351,4	10	15	2	8304,732	37,8	1,73	54932	1,06	6119,276	37,8	1,73	53968	1,39
499	25	30	40	30	17251,8	5255,3	32514,8	10	15	2	8304,732	27,1	1,22	38617	0,48	6119,276	27,1	1,22	37939	1,16
509	25	30	40	30	18115	5615,5	46794	10	15	2	8304,732	39,0	1,71	54161	0,46	6119,276	39,0	1,71	53211	1,09
496	25	31	40	30	17573,2	9754	36537,8	10	15	2	8304,732	30,4	1,25	39477	0,47	6119,276	30,4	1,25	38784	0,63
506	25	31	40	30	18262,4	11092,3	49680,9	10	15	2	8304,732	41,4	1,66	52618	0,45	6119,276	41,4	1,66	51695	0,55
370	25	32	40	30	10729,2	724,4	32748,6	10	15	2	8304,732	27,3	1,22	38667	0,77	6119,276	27,3	1,22	37988	8,45
371	16	33	45	60	12025,3	21467,2	82101,2	10	15	2	9397,46	40,2	1,25	89318	0,78	12675,64	40,2	1,25	90357	0,59
494	25	34	40	30	8170,4	4340,8	48253,7	10	15	2	8304,732	40,4	1,69	53381	1,02	6119,276	40,4	1,69	52445	1,41
498	25	35	40	30	17923,5	5223,8	34286,3	10	15	2	8304,732	28,6	1,23	38995	0,46	6119,276	28,6	1,23	38311	1,17
508	25	35	40	30	18850,6	5549,2	50341,9	10	15	2	8304,732	42,0	1,65	52265	0,44	6119,276	42,0	1,65	51348	1,10
497	25	36	40	30	18235,2	9676,8	41464	10	15	2	8304,732	34,6	1,80	57009	0,46	6119,276	34,6	1,80	56009	0,63
507	25	36	40	30	18641,8	11031,5	54939,8	10	15	2	8304,732	45,8	1,57	49808	0,45	6119,276	45,8	1,57	48934	0,55
372	16	37	45	60	12373,8	34146,1	62023,7	10	15	2	9397,46	23,0	1,19	85002	0,76	12675,64	23,0	1,19	85990	0,37
373	25	37	40	30	10938,2	907,8	32016,2	10	15	2	8304,732	26,7	1,22	38510	0,76	6119,276	26,7	1,22	37835	6,74
375	16	39	45	60	15009,8	34873,7	86263,3	10	15	2	9397,46	31,9	1,85	132800	0,63	12675,64	31,9	1,85	134344	0,36
376	7	40	50	60	23640	20895,4	95229,2	10	15	2	10490,19	31,7	1,86	148576	0,44	12675,64	31,7	1,86	149608	0,61
374	1	41	40	50	14850,6	20514,9	110305,5	10	15	2	8304,732	55,2	1,38	73000	0,56	10490,19	55,2	1,38	73768	0,51
377	7	42	50	60	32813,4	30477,2	133402,9	10	15	2	10490,19	44,5	1,60	127962	0,32	12675,64	44,5	1,60	128851	0,42
354	1	43	40	50	14619,3	17778,3	131339,2	10	15	2	8304,732	65,7	1,17	61760	0,57	10490,19	65,7	1,17	62410	0,59
378	7	44	50	60	31642	27620,9	130180,3	10	15	2	10490,19	43,4	1,62	129703	0,33	12675,64	43,4	1,62	130603	0,46
382	1	45	40	50	12692,4	15363,2	141509,7	10	15	2	8304,732	70,8	1,07	56325	0,65	10490,19	70,8	1,07	56918	0,68
379	7	46	50	60	31813,2	24814,2	127505,8	10	15	2	10490,19	42,5	1,64	131147	0,33	12675,64	42,5	1,64	132058	0,51
369	1	47	40	50	9164,8	4040,5	49817,8	10	15	2	8304,732	24,9	1,20	63426	0,91	10490,19	24,9	1,20	64094	2,60
381	1	48	40	50	12347,2	15787,6	98702,1	10	15	2	8304,732	49,4	1,50	79201	0,67	10490,19	49,4	1,50	80034	0,66
380	7	49	50	60	33040	22966,8	124927,9	10	15	2	10490,19	41,6	1,66	132539	0,32	12675,64	41,6	1,66	133459	0,55
368	1	50	40	50	11459,4	1644,2	46146,5	10	15	2	8304,732	23,1	1,19	62642	0,72	10490,19	23,1	1,19	63301	6,38
367	1	51	40	50	4900,3	14274,6	99778,6	10	15	2	8304,732	49,9	1,49	78625	1,69	10490,19	49,9	1,49	79453	0,73
366	7	52	50	60	32273,6	21496,6	124628,5	10	15	2										

14.4. Verifiche a Taglio: $\alpha = 0,16$

14.4.1. Piano Interrato

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Sollecitazioni			Staffe			V1				V2					
					Shear Plane 1	Shear Plane 2	Axial	Φ_{st}	passo	Braccia	VRsd,x	σ_{cp}	α_c	VRcd,x	Verifica	VRd,y	σ_{cp}	α_c	VRcd,y	Verifica
1	6	72	30	30	642	519,1	6029,9	10	15	2	6119,276	6,7	1,05	24600	9,53	6119,276	6,7	1,05	24600	11,79
2	6	71	30	30	566,4	180,6	9042,9	8	15	2	3916,337	10,0	1,08	25232	6,91	3916,337	10,0	1,08	25232	21,69
3	29	70	45	30	1222,3	161,2	16146,5	8	15	2	6014,374	12,0	1,10	39305	4,92	3916,337	12,0	1,10	38391	24,29
4	6	69	30	30	635,1	118,5	12032,9	8	15	2	3916,337	13,4	1,11	25860	6,17	3916,337	13,4	1,11	25860	33,05
5	3	8	120	60	15789,5	4739,7	136275	10	15	4	51576,76	18,9	1,15	226818	3,27	25351,29	18,9	1,15	222973	5,35
6	2	7	30	40	600,6	979,9	26354,7	8	15	2	3916,337	22,0	1,18	36646	6,52	5315,028	22,0	1,18	37300	5,42
7	6	13	30	30	549,7	310,8	37415,2	8	15	2	3916,337	41,6	1,66	38690	7,12	3916,337	41,6	1,66	38690	12,60
8	2	6	30	40	160	928,7	22298,8	8	15	2	3916,337	18,6	1,15	35794	24,48	5315,028	18,6	1,15	36433	5,72
9	2	5	30	40	1972,5	1792,7	36242,5	8	15	2	3916,337	30,2	1,24	38722	1,99	5315,028	30,2	1,24	39414	2,96
10	2	4	30	40	1308,7	1816,1	41768,1	8	15	2	3916,337	34,8	1,80	55850	2,99	5315,028	34,8	1,80	56847	2,93
11	1	3	40	50	1910,3	1575,5	58243,8	8	15	2	5315,028	29,1	1,24	65227	2,78	6713,72	29,1	1,24	65914	4,26
12	1	2	40	50	2253,5	1516,2	67212,1	8	15	2	5315,028	33,6	1,82	96028	2,36	6713,72	33,6	1,82	97039	4,43
13	1	1	40	50	2005,1	1375,2	52558,3	8	15	2	5315,028	26,3	1,21	64012	2,65	6713,72	26,3	1,21	64686	4,88
14	7	55	50	60	406,5	950,5	142849,1	8	15	2	6713,72	47,6	1,54	122861	16,52	8112,412	47,6	1,54	123715	8,53
15	7	54	50	60	4924	2837,4	118499,3	8	15	2	6713,72	39,5	1,70	136010	1,36	8112,412	39,5	1,70	136955	2,86
16	7	53	50	60	4636	3251,8	91443,6	8	15	2	6713,72	30,5	1,25	99752	1,45	8112,412	30,5	1,25	100445	2,49
17	7	52	50	60	430	1085,2	143336,1	8	15	2	6713,72	47,8	1,53	122599	15,61	8112,412	47,8	1,53	123450	7,48
18	4	51	65	60	7156,1	1707	135289,5	8	15	2	8811,758	34,7	1,80	188741	1,23	8112,412	34,7	1,80	188242	4,75
19	7	50	50	60	3224,1	1622,7	94122,5	8	15	2	6713,72	31,4	1,86	149174	2,08	8112,412	31,4	1,86	150210	5,00
20	5	65	55	60	7482,9	1724	14392,3	8	15	2	7413,066	4,4	1,04	91454	0,99	8112,412	4,4	1,04	91741	4,71
21	4	47	65	60	7090,3	2302,7	68324,5	8	15	2	5315,028	17,5	1,14	119900	1,24	8112,412	17,5	1,14	119583	3,52
22	5	66	55	60	6254,3	2059,9	24994,3	8	15	2	7413,066	7,6	1,06	93753	1,19	8112,412	7,6	1,06	94047	3,94
23	5	67	55	60	5057,4	2368,4	10910,5	8	15	2	7413,066	3,3	1,03	90699	1,47	8112,412	3,3	1,03	90984	3,43
24	25	68	40	30	1533,6	350,5	7135,4	8	15	2	5315,028	5,9	1,05	33192	3,47	3916,337	5,9	1,05	32610	11,17
25	25	34	40	30	1047	723,7	44722	8	15	2	5315,028	37,3	1,75	55268	5,08	3916,337	37,3	1,75	54299	5,41
26	25	29	40	30	863,1	885,7	37394,4	8	15	2	5315,028	31,2	1,87	59184	6,16	3916,337	31,2	1,87	58146	4,42
27	6	62	30	30	854,6	618,1	15496,7	8	15	2	3916,337	17,2	1,14	26588	4,58	3916,337	17,2	1,14	26588	6,34
28	6	59	30	30	440,7	615,1	9047,6	8	15	2	3916,337	10,1	1,08	25233	8,89	3916,337	10,1	1,08	25233	6,37
29	25	31	40	30	1940	2042,5	62562,3	8	15	2	5315,028	52,1	1,44	45735	2,74	3916,337	52,1	1,44	44933	1,92
30	6	64	30	30	361,3	708,5	7466,7	8	15	2	3916,337	8,3	1,07	24901	10,84	3916,337	8,3	1,07	24901	5,53
31	6	61	30	30	162	946,7	10256,2	6	15	2	2202,939	11,4	1,09	25487	13,60	2202,939	11,4	1,09	25487	2,33
32	25	32	40	30	1236,3	403,2	55139,6	8	15	2	5315,028	45,9	1,57	49701	4,30	3916,337	45,9	1,57	48829	9,71
33	7	33	50	60	2647,5	6859,3	60958,9	8	15	2	6713,72	20,3	1,16	93167	2,54	8112,412	20,3	1,16	93814	1,18
34	7	38	50	60	2785,7	7720,5	73780,3	8	15	2	6713,72	24,6	1,20	95937	2,41	8112,412	24,6	1,20	96603	1,05
35	25	37	40	30	1233,6	418,6	54645,5	8	15	2	5315,028	45,5	1,58	49965	4,31	3916,337	45,5	1,58	49089	9,36
36	25	36	40	30	1928,5	1854,5	64555,9	8	15	2	5315,028	53,8	1,41	44670	2,76	3916,337	53,8	1,41	43886	2,11
37	4	41	65	60	6279,8	2720	150131,3	8	15	2	8811,758	38,5	1,72	180650	1,40	8112,412	38,5	1,72	180172	2,98
38	7	39	50	60	5044,4	7830	103168,5	8	15	2	6713,72	34,4	1,80	144289	1,33	8112,412	34,4	1,80	145291	1,04
39	7	40	50	60	5262	5430,1	108675,6	8	15	2	6713,72	36,2	1,77	141315	1,28	8112,412	36,2	1,77	142297	1,49
40	7	42	50	60	3525,9	3729,6	178048,7	8	15	2	6713,72	59,3	1,30	103854	1,90	8112,412	59,3	1,30	104575	2,18
41	7	44	50	60	4054	3177,7	178149,6	8	15	2	6713,72	59,4	1,30	103799	1,66	8112,412	59,4	1,30	104520	2,55
42	7	46	50	60	4908,6	1950,1	160618,4	8	15	2	6713,72	53,5	1,42	113266	1,37	8112,412	53,5	1,42	114053	4,16
43	7	49	50	60	429,3	1303,6	145351,6	8	15	2	6713,72	48,5	1,52	121510	15,64	8112,412	48,5	1,52	122354	6,22
44	4	48	65	60	6160,2	1685,3	154750,7	8	15	2	8811,758	39,7	1,70	178131	1,43	8112,412	39,7	1,70	177660	4,81
45	2	9	30	40	1106,8	2005,2	49804,5	8	15	2	3916,337	41,5	1,66	51630	3,54	5315,028	41,5	1,66	52552	2,65
46	2	10	30	40	1897,2	1842,9	39981,3	8	15	2	3916,337	33,3	1,83	56788	2,06	5315,028	33,3	1,83	57802	2,88
47	2	12	30	40	644,5	1070,4	33668,7	8	15	2	3916,337	18,1	1,23	38182	6,08	5315,028	18,1	1,23	38863	4,97
48	4	14	65	60	5079,5	2768,2	111999,4	10	15	2	13768,37	28,7	1,23	129424	2,71	12675,64	28,7	1,23	129082	4,58
49	4	15	65	60	5549,5	3829,8	102090,5	10	15	2	13768,37	26,2	1,21	127264	2,48	12675,64	26,2	1,21	126927	3,31
50	4	16	65	60	4337,7	3509,8	165632,3	10	15	2	13768,37	42,5	1,64	172199	3,17	12675,64	42,5	1,64	171743	3,61
51	4	17	65	60	5445,5	3483,3	103825,3	10	15	2	13768,37	26,6	1,22	127642	2,53	12675,64	26,6	1,22	127304	3,64
52	4	18	65	60	5356,6	3448,9	129175,1	10	15	2	13768,37	33,1	1,83	192075	2,57	12675,64	33,1	1,83	191567	3,68
53	4	19	65	60	6392,2	3549,3	73511	10	15	2	13768,37	18,8	1,15	121031	2,15	12675,64	18,8	1,15	120711	3,57
54	6	20	30	30	264	509	23083	8	15	2	3916,337	25,6	1,21	28181	14,83	3916,337	25,6	1,21	28181	7,69
55	5	21	55	60	4303,8	2752,2	162992	8	15	2	7413,066	49,4	1,50	132484	1,72	8112,412	49,4	1,50	132901	2,95
56	4	28	65	60	5417,4	2571,9	136196,5	10	15	2	13768,37	34,9	1,79	188247	2,54	12675,64	34,9	1,79	187749	4,93
57	4	27	65	60	6880,8	3062,9	54362,7	10	15	2	13768,37	13,9	1,11	116855	2,00	12675,64	13,9	1,11	116546	4,14
58	4	26	65	60	5352,9	3045	129261,9	10	15	2	13768,37	33,1	1,83	192027	2,57	12675,64	33,1	1,83	191519	4,16
59	4	25	65	60	6853,1	3043,1	54017,9	10	15	2	13768,37	13,9	1,11	116780	2,01	12675,64	13,9	1,11	116471	4,17
60	4	24	65	60	5389,3	3030,9	126671	10	15	2	13768,37	32,5	1,84	193440	2,55	12675,64	32,5	1,84	192928	4,18
61	4	23	65	60	6773,9	3101,9	52173,7	10	15	2	13768,37	13,4	1,11	116378	2,03	12675,64	13,4	1,11	116070	4,09
62	4	22	65	60	4890	2770,8	96501,4	10	15	2	13768,37	24,7	1,20	126045	2,82	12675,64	24,7	1,20	125711	4,57
63	25	35	40	30	2162,2															

14.4.2. Piano Terra

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Sollecitazioni			Staffe			V1				V2					
					Shear Plane 1	Shear Plane 2	Axial	φ _{s1}	passo	Braccia	VRsd,x	σ _{cc}	α _c	VRcd,x	Verifica	VRd,y	σ _{cc}	α _c	VRcd,y	Verifica
179	16	43	45	60	3837,1	3459,8	145287,8	10	15	2	9397,46	53,8	1,41	101074	2,45	12675,64	53,8	1,41	102250	3,66
181	3	8	120	60	9205,6	1098,6	112737,6	10	15	2	25788,38	15,7	1,13	221610	2,80	12675,64	15,7	1,13	217854	11,54
182	2	7	30	40	885,4	1083,8	20057,6	10	15	2	6119,276	16,7	1,14	35323	6,91	8304,732	16,7	1,14	35954	7,66
183	6	13	30	30	910,9	292,1	29912,6	10	15	4	12238,55	33,2	1,83	42629	13,44	12238,55	33,2	1,83	42629	41,90
184	2	5	30	40	1188	2199,9	20230,7	10	15	2	6119,276	16,9	1,14	35360	5,15	8304,732	16,9	1,14	35991	3,78
185	2	4	30	40	1804,7	1934,5	26747,8	10	15	2	6119,276	22,3	1,18	36728	3,39	8304,732	22,3	1,18	37384	4,29
186	1	3	40	50	3453,8	1462,9	45625,6	10	15	2	8304,732	22,8	1,18	62530	2,40	10490,19	22,8	1,18	63188	7,17
187	1	2	40	50	3919,6	1149,7	53343,2	10	15	2	8304,732	26,7	1,22	64180	2,12	10490,19	26,7	1,22	64855	9,12
188	1	1	40	50	3478	937,5	40872,4	10	15	2	8304,732	20,4	1,17	61514	2,39	10490,19	20,4	1,17	62162	11,19
189	7	56	50	60	7580,1	8560,5	87431,1	10	15	2	10490,19	29,1	1,24	98885	1,38	12675,64	29,1	1,24	99572	1,48
190	7	57	50	60	6451,1	8663,5	84025	10	15	2	10490,19	28,0	1,23	98149	1,63	12675,64	28,0	1,23	98831	1,46
191	7	58	50	60	8975,3	8409,6	90930,9	10	15	2	10490,19	30,3	1,25	99641	1,17	12675,64	30,3	1,25	100333	1,51
192	7	55	50	60	2476,9	1740,4	140399,3	10	15	2	10490,19	46,8	1,55	124184	4,24	12675,64	46,8	1,55	125047	7,28
193	16	54	45	60	2941,7	3994,8	108919	10	15	2	9397,46	40,3	1,68	120623	3,19	12675,64	40,3	1,68	122025	3,17
194	16	53	45	60	3149,7	1688,7	71994,9	10	15	2	9397,46	26,7	1,22	87146	2,98	12675,64	26,7	1,22	88159	7,51
195	7	52	50	60	2159,6	1848,5	140886,4	10	15	2	10490,19	47,0	1,55	123921	4,86	12675,64	47,0	1,55	124782	6,86
196	16	51	45	60	1881,6	2829,9	109243,1	10	15	2	9397,46	40,5	1,68	120449	4,99	12675,64	40,5	1,68	121849	4,48
197	16	50	45	60	3454	642,8	67408	10	15	2	9397,46	25,0	1,20	86159	2,72	12675,64	25,0	1,20	87161	19,72
198	16	47	45	60	4568,3	251	52773,9	10	15	2	9397,46	19,5	1,16	83013	2,06	12675,64	19,5	1,16	83978	50,50
199	25	34	40	30	1457,7	944,9	33026,9	10	15	2	8304,732	27,5	1,22	38726	5,70	6119,276	27,5	1,22	38047	6,48
200	25	29	40	30	1376,1	1085,3	30021,2	10	15	2	8304,732	25,0	1,20	38084	6,03	6119,276	25,0	1,20	37416	5,64
201	6	62	30	30	1409	654,3	5753,8	10	15	2	6119,276	6,4	1,05	24542	4,34	6119,276	6,4	1,05	24542	9,35
202	6	59	30	30	613,7	735,2	3121,6	10	15	2	6119,276	3,5	1,03	23989	9,97	6119,276	3,5	1,03	23989	8,32
203	25	31	40	30	3532,1	2368,6	40972,3	10	15	2	8304,732	34,1	1,81	57272	2,35	6119,276	34,1	1,81	56267	2,58
204	6	64	30	30	536,7	735,5	2757,9	10	15	2	6119,276	3,1	1,02	23912	11,40	6119,276	3,1	1,02	23912	8,32
205	6	61	30	30	188,9	1237,5	4131,6	10	15	2	6119,276	4,6	1,04	24201	32,39	6119,276	4,6	1,04	24201	4,94
206	25	32	40	30	1979,9	153,7	40283,5	10	15	2	8304,732	33,6	1,82	57640	4,19	6119,276	33,6	1,82	56629	39,81
207	16	33	45	60	2715,2	5174,2	49026,6	10	15	2	9397,46	18,2	1,15	82207	3,46	12675,64	18,2	1,15	83163	2,45
208	16	38	45	60	2701	6456,2	56123,1	10	15	2	9397,46	20,8	1,17	83733	3,48	12675,64	20,8	1,17	84707	1,96
209	25	37	40	30	1953,9	175,5	41631,1	10	15	2	8304,732	34,7	1,80	56920	4,25	6119,276	34,7	1,80	55921	34,87
210	25	41	40	30	3381,9	2266,9	43138,3	10	15	2	8304,732	35,9	1,77	56115	2,46	6119,276	35,9	1,77	55130	2,70
211	16	36	45	60	3368,5	4294,6	119096	10	15	2	9397,46	44,1	1,61	115153	2,79	12675,64	44,1	1,61	116492	2,95
212	16	39	45	60	4436,2	7533,6	78868,1	10	15	2	9397,46	29,2	1,24	88623	2,12	12675,64	29,2	1,24	89654	1,68
213	7	40	50	60	6547	4891,9	86595,4	10	15	2	10490,19	28,9	1,23	98705	1,60	12675,64	28,9	1,23	99390	2,59
214	7	42	50	60	5028,7	4822,8	144208,6	10	15	2	10490,19	48,1	1,53	122127	2,09	12675,64	48,1	1,53	122975	2,63
215	7	44	50	60	5158	4434,4	144181,8	10	15	2	10490,19	48,1	1,53	122142	2,03	12675,64	48,1	1,53	122990	2,86
216	7	49	50	60	2297,9	2200,1	142902	10	15	2	10490,19	47,6	1,54	122833	4,57	12675,64	47,6	1,54	123686	5,76
217	16	48	45	60	3818	2796,7	128618,3	10	15	2	9397,46	47,6	1,54	110034	2,46	12675,64	47,6	1,54	111314	4,53
218	17	45	60	60	5895,9	3697,1	165105,6	10	15	2	12675,64	45,9	1,57	151890	2,15	12675,64	45,9	1,57	151890	3,43
219	2	9	30	40	1908,4	1561,6	32865,8	10	15	2	6119,276	27,4	1,22	38013	3,21	8304,732	27,4	1,22	38692	5,32
220	2	10	30	40	1207,2	2345,5	22656,5	10	15	2	6119,276	18,9	1,15	35869	5,07	8304,732	18,9	1,15	36509	3,54
221	2	11	30	40	95,3	1114,5	20839,2	10	15	2	6119,276	17,4	1,14	35487	64,21	8304,732	17,4	1,14	36121	7,45
222	2	12	30	40	1020,7	1229,6	27988,6	10	15	2	6119,276	23,3	1,19	36989	6,00	8304,732	23,3	1,19	37649	6,75
223	4	14	65	60	8664,5	3069,3	88710,3	10	15	2	13768,37	22,7	1,18	124346	1,59	12675,64	22,7	1,18	124017	4,13
224	4	15	65	60	3620,9	5598,4	71208,8	10	15	2	13768,37	18,3	1,15	120529	3,80	12675,64	18,3	1,15	120210	2,26
225	4	16	65	60	8151,4	4596,8	136796,9	10	15	2	13768,37	35,1	1,79	187919	1,69	12675,64	35,1	1,79	187422	2,76
226	4	17	65	60	3652,6	4903,2	73937,5	10	15	2	13768,37	19,0	1,15	121124	3,77	12675,64	19,0	1,15	120804	2,59
227	4	18	65	60	10576,4	4930,2	106402,1	10	15	2	13768,37	27,3	1,22	128204	1,30	12675,64	27,3	1,22	127865	2,57
228	4	19	65	60	5364,8	4791	48790,2	10	15	2	13768,37	12,5	1,10	115640	2,57	12675,64	12,5	1,10	115334	2,65
229	6	20	30	30	414,9	970,6	17191,1	10	15	2	6119,276	19,1	1,15	26943	14,75	6119,276	19,1	1,15	26943	6,30
230	5	21	55	60	9818	3881,4	136465	10	15	2	11582,92	41,4	1,66	146863	1,18	12675,64	41,4	1,66	147325	3,27
231	4	28	65	60	11466,6	1607,4	110850,5	10	15	2	13768,37	28,4	1,23	129174	1,20	12675,64	28,4	1,23	128832	7,89
232	4	27	65	60	4113,5	2486	31270,2	10	15	2	13768,37	8,0	1,06	111819	3,35	12675,64	8,0	1,06	111523	5,10
233	4	26	65	60	10595,4	2411,7	107103,5	10	15	2	13768,37	27,5	1,22	128357	1,30	12675,64	27,5	1,22	128017	5,26
234	4	25	65	60	4033,5	2456,7	31064,6	10	15	2	13768,37	8,0	1,06	111774	3,41	12675,64	8,0	1,06	111479	5,16
235	4	24	65	60	10365,6	2392,1	104649,5	10	15	2	13768,37	26,8	1,22	127822	1,33	12675,64	26,8	1,22	127483	5,30
236	4	23	65	60	3922,9	2603,6	29953,3	10	15	2	13768,37	7,7	1,06	111532	3,51	12675,64	7,7	1,06	111237	4,87
237	4	22	65	60	8751,5	1990,8	78620,1	10	15	2	13768,37	20,2	1,16	122145	1,57	12675,64	20,2	1,16	121822	6,37
238	25	35	40	30	3043	1646,6	34865,8	10	15	2	8304,732	29,1	1,24	39119	2,73	6119,276	29,1	1,24	38433	3,72
239	25	30	40	30	3027,4	1723,6	31323,7	10	15	2	8304,732	26,1	1,21	38362	2,74	6119,276	26,1	1,21	37689	3,55
240	6	63	30	30	1188,1	184,7	7689,3	10	15	2	6119,276	8,5	1,07	24948	5,15	6119,276	8,5	1,07	24948	33,13
318	2	5	30	40	1418,1	2205,3	27869,7	10	15	2	6119,276	23,2	1,19	36964	4,32	8304,732	23,			

14.4.3. Piano Primo

Asta	Proprietà	Piastrata	L _x	L _y	Sollecitazioni			Staffe			V1					V2				
					Shear-Plane 1	Shear-Plane 2	Axial	φ _{st}	passo	Braccia	VRsd,x	σ _{cp}	α _c	VRcd,x	Verifica	VRd,y	σ _{cp}	α _c	VRcd,y	Verifica
359	21	1	30	50	1692,8	597,7	27427,9	10	15	2	6119,276	18,3	1,15	44649	3,61	10490,19	18,3	1,15	45924	17,55
358	21	2	30	50	1702,1	610,5	36361,9	10	15	2	6119,276	24,2	1,20	46525	3,60	10490,19	24,2	1,20	47854	17,18
357	21	3	30	50	1702,2	890,4	30580,2	10	15	2	6119,276	20,4	1,17	45311	3,59	10490,19	20,4	1,17	46605	11,78
467	2	4	30	40	1528,8	1257,7	17039,3	10	15	2	6119,276	14,2	1,12	34689	4,00	8304,732	14,2	1,12	35309	6,60
481	2	4	30	40	1566	1331,2	21168,3	10	15	2	6119,276	17,6	1,14	35556	3,91	8304,732	17,6	1,14	36191	6,24
466	2	5	30	40	1138,3	1554,3	11929,7	10	15	2	6119,276	9,9	1,08	33616	5,38	8304,732	9,9	1,08	34217	5,34
480	2	5	30	40	1188,2	1638,5	18619,1	10	15	2	6119,276	15,5	1,13	35021	5,15	8304,732	15,5	1,13	35646	5,07
484	2	6	30	40	95,3	739	13118,1	10	15	2	6119,276	10,9	1,09	33866	64,21	8304,732	10,9	1,09	34471	11,24
493	2	6	30	40	87,5	733,1	12855	10	15	2	6119,276	10,7	1,09	33811	69,93	8304,732	10,7	1,09	34414	11,33
465	2	7	30	40	826,9	651,5	13795,4	10	15	2	6119,276	11,5	1,09	34008	7,40	8304,732	11,5	1,09	34615	12,75
355	3	8	120	60	9422,5	1098,3	77233,9	10	15	4	51576,76	10,7	1,09	213755	5,47	25351,29	10,7	1,09	210132	23,08
468	2	9	30	40	1205,7	827,3	20913	10	15	2	6119,276	17,4	1,14	35503	5,08	8304,732	17,4	1,14	36137	10,04
482	2	9	30	40	1398,5	878,9	24694	10	15	2	6119,276	20,6	1,17	36297	4,38	8304,732	20,6	1,17	36945	9,45
469	2	10	30	40	1036,9	1583,7	14572,8	10	15	2	6119,276	12,1	1,10	34171	5,90	8304,732	12,1	1,10	34782	5,24
483	2	10	30	40	1064,3	1618,7	20678,7	10	15	2	6119,276	17,2	1,14	35454	5,75	8304,732	17,2	1,14	36087	5,13
470	2	11	30	40	71,3	684,7	15097,1	10	15	2	6119,276	12,6	1,10	34282	85,82	8304,732	12,6	1,10	34894	12,13
492	2	11	30	40	81,5	693,6	15885,9	10	15	2	6119,276	13,2	1,11	34447	75,08	8304,732	13,2	1,11	35062	11,97
471	2	12	30	40	811,8	868,3	20043,4	10	15	2	6119,276	16,7	1,14	35320	7,54	8304,732	16,7	1,14	35951	9,56
356	6	13	30	30	692,2	202,2	20746,3	10	15	2	6119,276	23,1	1,19	27690	8,84	6119,276	23,1	1,19	27690	30,26
383	4	14	65	60	8014,8	1596,1	57975,3	10	15	2	13768,37	14,9	1,12	117643	1,72	12675,64	14,9	1,12	117332	7,94
384	4	15	65	60	4172,1	3003,5	49106,8	10	15	2	13768,37	12,6	1,10	115709	3,30	12675,64	12,6	1,10	115403	4,22
385	4	16	65	60	6967,9	2358,7	100600,4	10	15	2	13768,37	25,8	1,21	126939	1,98	12675,64	25,8	1,21	126603	5,37
386	4	17	65	60	4367,6	2706,4	51865,2	10	15	2	13768,37	13,3	1,11	116311	3,15	12675,64	13,3	1,11	116003	4,68
387	4	18	65	60	10301,5	2656,6	76760,4	10	15	2	13768,37	19,7	1,16	121740	1,34	12675,64	19,7	1,16	121418	4,77
388	4	19	65	60	828,9	2313,7	34538,2	10	15	2	13768,37	8,9	1,07	112532	16,61	12675,64	8,9	1,07	112234	5,48
389	6	20	30	30	251,7	785,3	11814,6	10	15	2	6119,276	13,1	1,11	25814	24,31	6119,276	13,1	1,11	25814	7,79
390	5	21	55	60	9191,6	2576,4	96038,2	10	15	2	11582,92	29,1	1,24	109156	1,26	12675,64	29,1	1,24	109499	4,92
397	4	22	65	60	7632,1	1079,1	55064,9	10	15	2	13768,37	14,1	1,11	117008	1,80	12675,64	14,1	1,11	116699	11,75
396	20	23	30	60	149,5	864,6	20342,5	10	15	2	6119,276	11,3	1,09	50939	40,93	12675,64	11,3	1,09	52758	14,66
395	4	24	65	60	9683,8	1131,9	74319,8	10	15	2	13768,37	19,1	1,15	121207	1,42	12675,64	19,1	1,15	120887	11,20
394	20	25	30	60	142,6	819,1	21413	10	15	2	6119,276	11,9	1,10	51163	42,91	12675,64	11,9	1,10	52991	15,48
393	4	26	65	60	10006,2	1116,3	76006,6	10	15	2	13768,37	19,5	1,16	121575	1,38	12675,64	19,5	1,16	121254	11,36
392	20	27	30	60	134,5	818,7	21578,7	10	15	2	6119,276	12,0	1,10	51198	45,50	12675,64	12,0	1,10	53027	15,48
391	4	28	65	60	11346,1	618	79048,1	10	15	2	13768,37	20,3	1,16	122239	1,21	12675,64	20,3	1,16	121915	20,51
495	25	29	40	30	1110,3	773,7	18603,4	10	15	2	8304,732	15,5	1,13	35643	7,48	6119,276	15,5	1,13	35018	7,91
499	25	30	40	30	2358,8	1292	19389,7	10	15	2	8304,732	16,2	1,13	35811	3,52	6119,276	16,2	1,13	35183	4,74
509	25	30	40	30	2300,2	1334,6	26964,9	10	15	2	8304,732	22,5	1,18	37430	3,61	6119,276	22,5	1,18	36774	4,59
496	25	31	40	30	2635	1478,1	24082,3	10	15	2	8304,732	20,1	1,16	36814	3,15	6119,276	20,1	1,16	36168	4,14
506	25	31	40	30	2862,8	1599	27289,3	10	15	2	8304,732	22,7	1,18	37500	2,90	6119,276	22,7	1,18	36842	3,83
370	25	32	40	30	1487,3	78,4	24432,3	10	15	2	8304,732	20,4	1,16	36889	5,58	6119,276	20,4	1,16	36242	78,05
371	16	33	45	60	2329,5	2676,7	32200,7	10	15	2	9397,46	11,9	1,10	78590	4,03	12675,64	11,9	1,10	79504	4,74
494	25	34	40	30	1153,7	702,3	21280	10	15	2	8304,732	17,7	1,14	36215	7,20	6119,276	17,7	1,14	35580	8,71
498	25	35	40	30	2248,7	1254,3	21931,3	10	15	2	8304,732	18,3	1,15	36354	3,69	6119,276	18,3	1,15	35717	4,88
508	25	35	40	30	2313,7	1272,2	29470,8	10	15	2	8304,732	24,6	1,20	37966	3,59	6119,276	24,6	1,20	37300	4,81
497	25	36	40	30	2632,6	1394	28097,1	10	15	2	8304,732	23,4	1,19	37672	3,15	6119,276	23,4	1,19	37012	4,39
507	25	36	40	30	2687	1537,8	31450,1	10	15	2	8304,732	26,2	1,21	38389	3,09	6119,276	26,2	1,21	37716	3,98
372	16	37	45	60	2285,3	3638,5	37810,8	10	15	2	9397,46	14,0	1,11	79796	4,11	12675,64	14,0	1,11	80724	3,48
373	25	37	40	30	1469,9	95,6	29106	10	15	2	8304,732	24,3	1,20	37888	5,65	6119,276	24,3	1,20	37223	64,01
375	16	39	45	60	2916,2	5534,9	52927,6	10	15	2	9397,46	19,6	1,16	83046	3,22	12675,64	19,6	1,16	84012	2,29
376	7	40	50	60	4480,2	3486,4	60603,1	10	15	2	10490,19	20,2	1,16	93090	2,34	12675,64	20,2	1,16	93737	3,64
374	1	41	40	50	1504,5	3704,8	81433,4	10	15	2	8304,732	40,7	1,68	88428	5,52	10490,19	40,7	1,68	89359	2,83
377	7	42	50	60	3388,7	4071,7	100050,5	10	15	2	10490,19	34,4	1,82	145973	3,10	12675,64	33,4	1,82	146986	3,11
354	1	43	40	50	2074,6	3189,8	101764,9	10	15	2	8304,732	50,9	1,47	77564	4,00	10490,19	50,9	1,47	78380	3,29
378	7	44	50	60	3341,9	4156,2	101215,9	10	15	2	10490,19	33,7	1,82	145343	3,14	12675,64	33,7	1,82	146353	3,05
382	1	45	40	50	1309	2820,9	116038,8	10	15	2	8304,732	58,0	1,33	69936	6,34	10490,19	58,0	1,33	70672	3,72
379	7	46	50	60	3196,6	4078,4	101377,7	10	15	2	10490,19	33,8	1,82	145256	3,28	12675,64	33,8	1,82	146265	3,11
369	1	47	40	50	2785,6	437,3	39443,1	10	15	2	8304,732	19,7	1,16	61209	2,98	10490,19	19,7	1,16	61853	23,99
381	1	48	40	50	2293,8	3067	89684,5	10	15	2	8304,732	44,8	1,59	84019	3,62	10490,19	44,8	1,59	84904	3,42
380	7	49	50	60	3466,9	3860,2	101021,2	10	15	2	10490,19	33,7	1,82	145449	3,03	12675,64	33,7	1,82	146459	3,28
368	1	50	40	50	1772,6	419,4	44787,1	10	15	2	8304,732	22,4	1,18	62351	4,69	10490,19	22,4	1,18	63007	25,01
367	1	51	40	50	569,3	3008,6	75873,9	10	15	2	8304,732	37,9	1,73	91399	14,59	10490,19	37,9	1,73	92361	3,49
366	7	52	50	60	3363,8	3454,6	100008,8	10	15	2	10490,19	33,3	1,82	145995	3,12	12675,64	33,3			

15 Allegato B: Calcoli statici delle principali strutture

15.1. Calcolo dei solai

IN CARTA LIBERA
D.L. 8/8/1949 - n. 589
D.L. 6/2/1961 - n. 226

PROVINCIA DI BOLOGNA
UFFICIO TECNICO

PROGETTO DEL NUOVO ISTITUTO TECNICO COMMERCIALE "G.MARCONI"
IN BOLOGNA

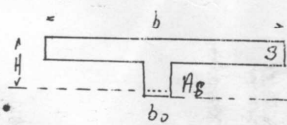
CALCOLI STATICI
DELLE PRINCIPALI STRUTTURE
FABBRICATO AULE NORMALI

A) CALCOLO DEI SOLAI

- Solaio di luce netta m. 2,90 (corridoi)

caratteristiche della sezione:

$H = 12 \text{ cm.}$ $b = 25 \text{ cm.}$
 $h = 10 \text{ cm.}$ $b_0 = 5 \text{ cm.}$
 $s = 2,5 \text{ cm.}$ $A_F = 2 \varnothing 6 = 0,57 \text{ cmq.}$



Cemento T. 550 Ferro acciaioso

$$x = \frac{10 \times 0,57}{25} \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{25 \times 10}{5 \times 0,57}} \right\} = 1,92 \text{ cm.}$$
$$z = h - \frac{x}{3} = 10 - 0,64 = 9,36 \text{ cm.}$$

Analisi dei carichi:

peso proprio del solaio	118 Kg/mq.
carico permanente del pavimento e soffitto	100 "
Carico accidentale	300 "
TOTALE	<u>518 Kg/mq.</u>

$$Q = 518 \times 2,90 \times 0,25 = 368 \text{ Kg.}$$

$$M = \frac{368 \times 290 \times 1,05}{12} = 9300 \text{ Kgcm.}$$

Sollecitazioni unitarie massime:

$$\sigma_c = \frac{2 \times 9300}{25 \times 1,92 \times 9,36} = 41,5 \text{ Kg/cmq.}$$

$$\sigma_f = \frac{9300}{0,57 \times 9,36} = 1750 \text{ Kg/cmq.}$$

Solaio di luce netta m. 6,00 (aule a sud)

Caratteristiche della sezione (solaio ad elementi composti):

$$H = 26 \text{ cm.}$$

$$b = 68 \text{ cm.}$$

$$h = 24 \text{ cm.}$$

$$b_o = 8,5 \text{ cm.}$$

$$s = 5 \text{ cm.}$$

$$A_f = 3,08 \text{ cmq.} = 2 \text{ } \emptyset \text{ 14 (acciaioso)}$$

$$x = \frac{10 \times 3,08}{68} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{68 \times 24}{5 \times 3,08}} \right) = 4,23 \text{ cm.}$$

$$z = h - \frac{x}{3} = 22,59 \text{ cm.}$$

Analisi dei carichi

Peso proprio del solaio	172 Kg/mq
Carico permanente del pavimento e soffitto	100 "
Carico accidentale	300 "
	<hr/>
	572 Kg/mq
	<hr/>

$$Q = 572 \times 6,30 \times 0,68 = 2334 \text{ Kg.}$$

$$M = \frac{2334 \times 600 \times 1,05}{12} = 122.500 \text{ Kg/cm.}$$

Sollecitazioni unitarie massime

Compressione:

$$\sigma_c = \frac{2 \times 122.500}{68 \times 4,23 \times 22,59} = 37,70 \text{ Kg/cm.}^2$$

Tensione

$$\sigma_f = \frac{122.500}{3,08 \times 22,59} = 1760 \text{ Kg/cm.}^2$$

Cemento T. 550 - Ferro acciaccio

- Solaio di luce netta m. 6,50 (spogliatoio femmine)

Caratteristiche della sezione (solaio ed elementi, composti)

$$H = 29 \text{ cm.} \quad b = 68 \text{ cm.}$$

$$h = 27 \text{ cm.} \quad B_o = 8,7 \text{ cm.}$$

$$s = 5 \text{ cm.} \quad A_f = 1 \varnothing 14 + 1 \varnothing 16 = 3,55 \text{ cm.}^2$$

$$X = \frac{10 \times 3,55}{68} \left\} - 1 \sqrt[3]{1 + \frac{68 \times 27}{5 \times 3,55}} = 4,8 \text{ cm.}$$

$$Z = h - \frac{X}{3} = 25,4 \text{ cm.}$$

Analisi dei carichi:

Peso proprio del solaio	185	Kg/mq.
Carico permanente del pavimento e soffetti	100	Kg/mq.
Carico accidentale	300	Kg/mq.
TOTALE	585	Kg/mq.

$$Q = 5,85 \times 6,50 \times 0,68 = 2586 \text{ Kg.}$$

$$M = \frac{2586 \times 650 \times 1,05}{12} = 147.100 \text{ Kg/cm.}$$

Sollecitazioni unitarie massime:

Compressione:

$$\sigma_c = \frac{2 \times 147.100}{68 \times 4,80 \times 25,40} = 35,50 \text{ Kg/cm.}^2$$

Tensione

$$\sigma_f = \frac{146.100}{3,55 \times 25,40} = 1630 \text{ Kg/cm.}^2$$

Cemento T. 550 ± Ferro acciaioso

- Solaio di luce netta m. 4,80 (atrio)

Caratteristiche della sezione (solaio ad elementi composti)

$$M. = 34 \text{ cm.}$$

$$b = 69 \text{ cm.}$$

$$h = 32 \text{ cm.}$$

$$b_o = 9,7 \text{ cm.}$$

$$s = 5 \text{ cm.}$$

$$A_f = 2 \text{ } \emptyset \text{ } 18 = 5,08 \text{ cmq. acciaioso}$$

$$X = \frac{10 \times 32 \times 5,08 + \frac{69 \times 5^2}{2}}{(10 \times 5,08) + (69 \times 5)} = 6,29 \text{ cm.}$$

$$Z = 32 - \frac{5}{2} + \frac{5^2}{6 [(2 \times 6,29) - 5]} = 30,05 \text{ cm.}$$

Analisi dei carichi:

Peso proprio solaio 213 Kg/mq.

Pavimento e soffitto 100 Kg/mq.

Sovraccarico accidentale 200 Kg/mq.

TOTALE 613 Kg/mq.

=====

$$Q = 613 \times 8,40 \times 0,69 = 3550 \text{ kg.}$$

$$M = \frac{3550 \times 840 \times 1,05}{12} = 261.000 \text{ Kgc.}$$

Sollecitazioni unitarie massime:

$$\sigma_c = \frac{261.000}{\frac{10 \times 5,08}{6,29} \times 30,05 (32 - 6,29)} = 42 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma_f = \frac{261.000}{6,08 \times 30,05} = 1710 \text{ Kg/cm}^2.$$

Le sollecitazioni sono soddisfacenti ma l'altezza complessiva del solaio compreso il pavimento (34 + 5 = 39 cm.) è eccessiva in confronto all'altezza che si può avere nelle aule (cm. 31).

Per mantenere quindi un'altezza netta di m. 3,30 nell'atrio ci si troverebbe costretti a sopraelevare l'edificio.

Si ritiene più opportuno ricorrere al tipo di solaio in laterizio e travetti in cemento armato precompresso.

Adottando un solaio del tipo:

Altezza laterizio di riempimento	cm. 20
" solettina in calcestruzzo	" 4
" complessiva solaio	" 24
Interasse travetti	" 40
Peso solaio finito	Kg/ mq. 305

Si ha che una striscia della larghezza di m. 1 resiste

alle seguenti sollecitazioni (riportate dal catalogo di una
seria Ditta costruttrice di solai in C.A.P.)

Momento massimo positivo	5723 Kgm.
" " negativo	3598 "

Invece la sollecitazione alla quale il solaio dovrà essere
sottoposto, considerando i travetti come parzialmente inca-
strati (incastro imperfetto):

Momento massimo positivo:

$$M = \frac{1}{10} Q l^2 = \frac{1}{10} 705 \times 8,40^2 \times 1,05 = 5217 \text{ Kgm.}$$

Momento massimo negativo:

$$M = \frac{1}{18} Q l^2 = \frac{1}{18} 705 \times 8,40^2 \times 1,05 = 2898 \text{ Kgm.}$$

Come si vede, adottando travetti in C.A.P. è possibile
contenere l'altezza del solaio e sovrastante pavimento in
cm. 29

- Solai di luce netta m. 9,00 (sopra la sala di pro-
iezione)

Caratteristiche della sezione (solaio ad elementi
composti)

H = 38 cm.	b = 69 cm.
h = 36 cm.	b ₀ = 9.7 cm.
s = 5 cm.	A _f = 2 Ø 20 = 6,28 cmq. acciaioso

$$X = \frac{10 \times 36 \times 6,28 + \frac{69 \times 5^2}{2}}{(10 \times 6,28) + (69 \times 5)} = 7,65 \text{ cm.}$$

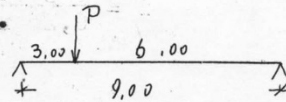
$$Z = 36 - \frac{5}{2} + \frac{5^2}{6 [(2 \times 7,65) - 5]} = 33,90 \text{ cm.}$$

Analisi dei carichi:

Peso proprio solaio	233	Kg/mq.
Pavimento e soffitto	100	"
Sovraccarico accidentale	300	"
TOTALE	633	Kg/mq.

Carico del muro divisorio del corridoio in foratoni dello spessore di cm. 15 (200 Kg/mq. compreso intonaco)

$$P = 0,69 \times 3,30 \times 200 = 455 \text{ Kg.}$$



Carico totale ripartito corrispondente ad una nervatura

$$Q = 633 \times 9,00 \times 0,69 = 3930 \text{ Kg.}$$

Momento flettente massimo dovuto ai due carichi

./.

$$M_p = \frac{8}{12} \frac{455 \times 3 \times 6}{9} = 606,66 \text{ Kg.}$$

$$M_q = \frac{3930 \times 9 \times 1,05}{12} = 3095 \text{ Kgm.}$$

Per la sovrapposizione degli effetti si ha che il momento massimo totale è sempre in mezzaria ed è dato da:

$$M_{\max} = 3095 + \frac{606,66 \times 4,50}{6} = 3550 \text{ Kgm.}$$

Sollecitazioni unitarie massime :

Compressione:

$$\sigma_c = \frac{355.000}{\frac{10 \times 6,28}{7,65} \times 33,90 (36 - 7,65)} = 45 \text{ Kg/cmq.}$$

$$\sigma_f = \frac{355.000}{6,28 \times 33,90} = 1670 \text{ Kg/cmq.}$$

Sollecitazioni che rientrano nei limiti ammessi.

Eseguendo lo stesso solaio con travetti in C.A.P.

ad interasse di cm. 50 con solettina di cm. 4 in

calcestruzzo (peso proprio di 287 Kg/mq.) occor-

re un'altezza di 30 cm.

In tale caso l'altezza delle aule, tenuto conto

dello spessore del pavimento verrebbe ridotta di

pochi centimetri, rispetto a quella degli altri

locali

15.2. Calcolo delle travi e dei pilastri

15.2.1. Trave 12-13-14-15-16-17-18

- 9 -

B) - CALCOLO DELLE TRAVI E PILASTRI

- Calcolo della trave collegante i pilastri

n. 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 (Vedi
figura 1)

Si considera come trave continua ed applicando
la formula di Winckler per la trave a 5 appog-
gi si ha che il momento massimo in mezzaria
delle campate centrali è dato da:

$$M = \frac{p l^2}{14} \quad \text{dove } l \text{ è l'interasse fra i pilastri} \\ = m. 3,58$$

Analisi dei carichi:

Peso proprio del trave $1,00 \times 0,65 \times 0,30 \times 2400 = 468$ Kg.

peso del solaio di m. 9,00 di luce e del

muro del corridoio

$$\frac{633 \times 9,00}{2} + \frac{200 \times 3,30 \times 6,00}{9} = 3289 \text{ "}$$

Peso del solaio di m. 6,50

$$\frac{585 \times 6,50}{2} = 1900 \text{ "}$$

Peso del muro divisorio $200 \times 3,30 = 660 \text{ "}$

TOTALE 6317 Kg.

15.2.2. Pilastro n.14

- 10 -

$$M = \frac{6317 \times 3,58^2}{14} = 5780 \text{ Kgm.} = 578.000 \text{ Kg/cm.}$$

Adottando $\sigma_c = 50 \text{ Kg/cmq.}$ $\sigma_f = 1800 \text{ Kg/cmq.}$ $m = 10$

$$h = 0,4454 \sqrt{\frac{578.000}{30}} = 62 \text{ cm.} \quad H = 64 \text{ cm.}$$

$$A_f = 0,001344 \sqrt{578.000 \times 30} = 5,60 \text{ cm}^2 = 5 \text{ } \emptyset \text{ 12}$$

Calcolo del pilastro n. 14 (Vedi Fig. 2)

Dal 3° piano al coperto

Analisi dei carichi:

Carico dovuto al peso proprio del coperto,
del soffitto e carico accidentale per neve
e vento.

$$\frac{450 \times (6,50 + 9,00) \times 1,04 \times 3,58}{2} = \text{Kg. } 12.983=$$

Trave a sostegno del coperto:

$$3,58 \times 0,30 \times 0,96 \times 2400 = \text{" } 2.474=$$

Trave a sostegno del soffitto:

$$3,58 \times 0,30 \times 0,50 \times 2400 = \text{" } 1.288=$$

Peso proprio del pilastro

$$0,30 \times 0,30 \times (3,00 + 1,50) \times 2400 = \text{" } 972=$$

TOTALE CARICO AL PIEDE ^{del} ~~PILASTRO~~ **PILASTRO** Kg. 17.717=

FABBRICATO AULE NORMALI
PIANTA PILASTRI

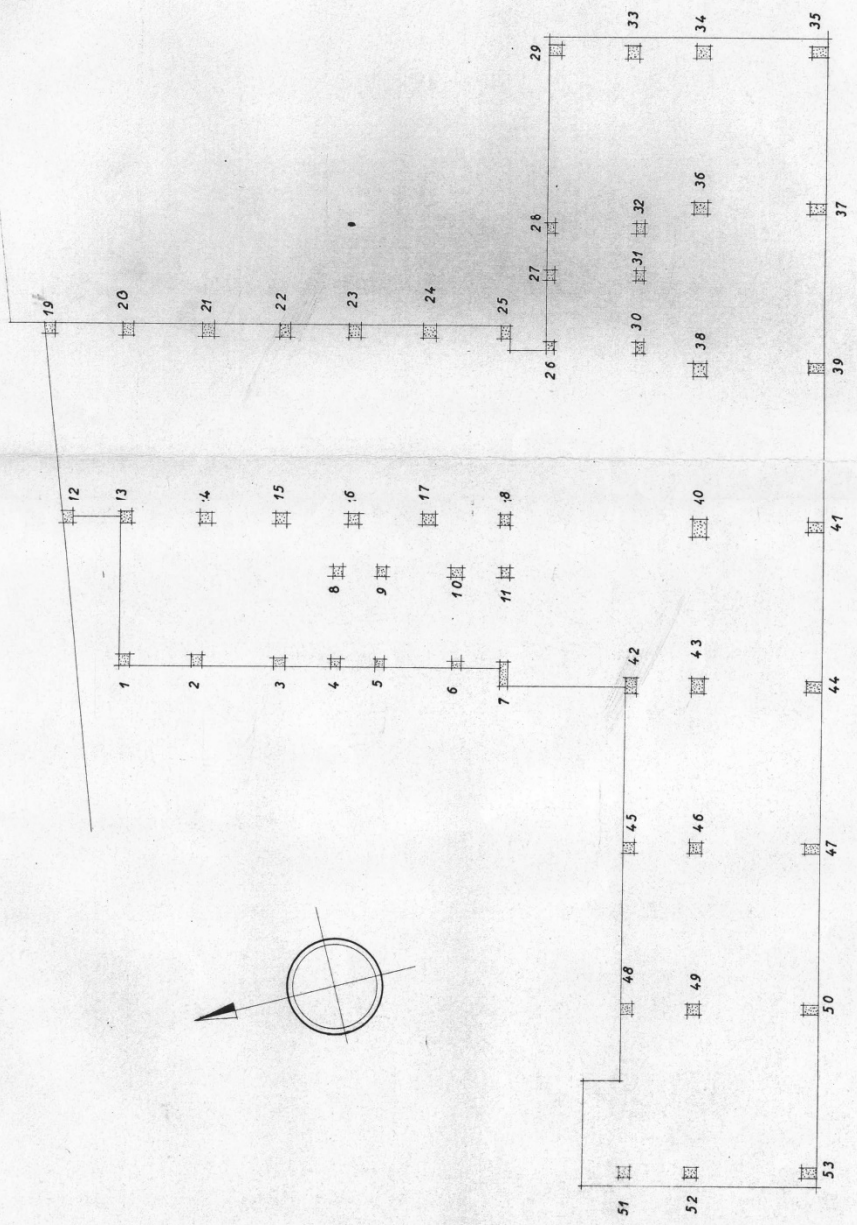


FIGURA N.1

Determinazione della sezione metallica:

$$A_{\frac{g}{f}} = 0,8 \times \frac{17.717}{50 \times 100} = 2,83 \text{ cmq.}$$

Si adotta in eccesso 4 \emptyset 10 (pari a 3,14 cmq.)

con sezione del pilastro di cm. 30 x 30

Verifica:

$$\sigma'_c = \frac{17.717}{(30 \times 30) + 31,40} = 19 \text{ Kg/cmq.}$$

Sollecitazione, come si vede, irrisoria.

- Dal 2° al 3° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 17.717=

Carico trasmesso dal trave di sostegno
dei solai 6317 x 3,58 = " 22.618=

Peso proprio del pilastro:

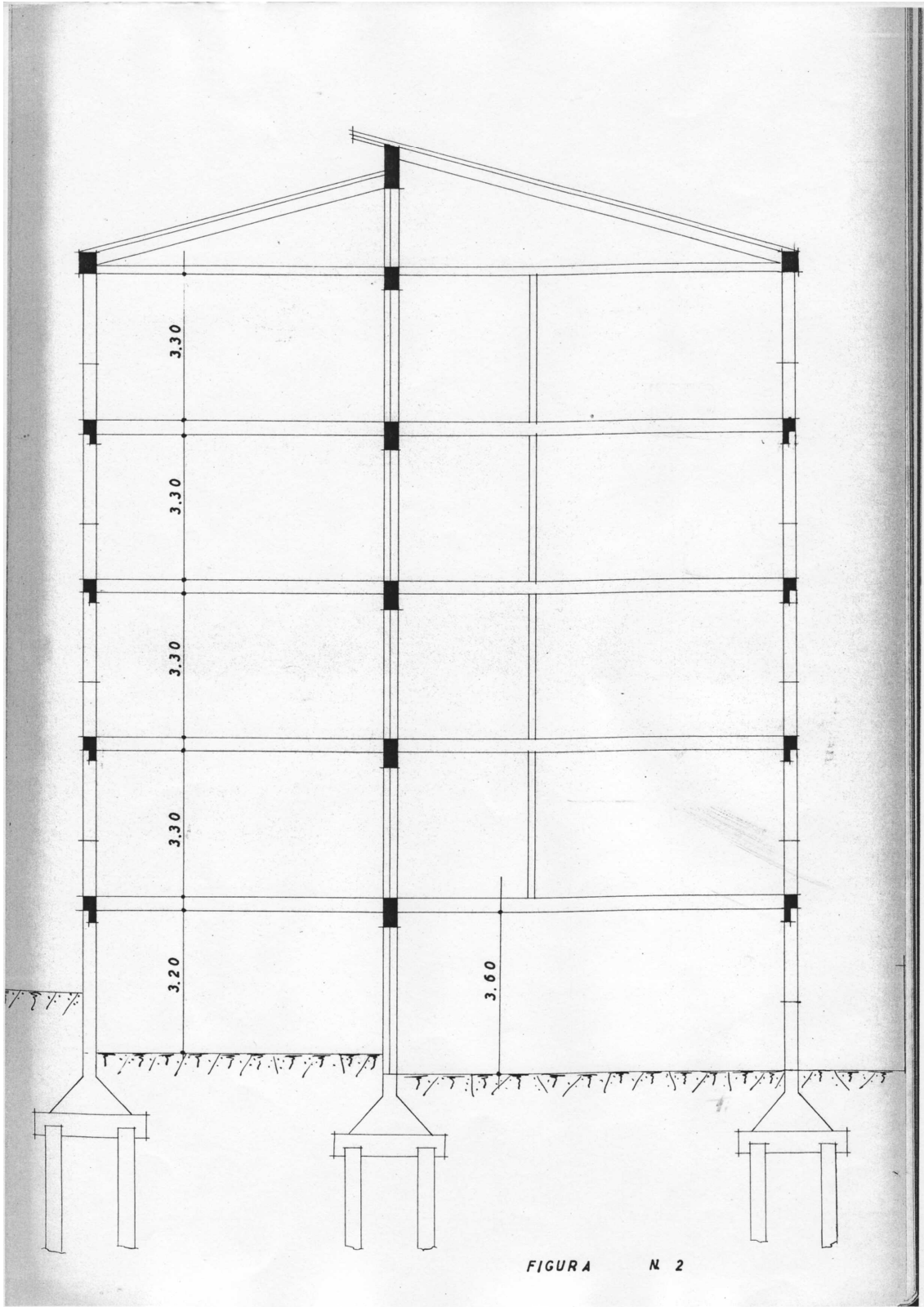
0,30 x 0,30 x 3,00 x 2400 = " 648=

TOTALE carico al piede del pilastro Kg. 40.983=

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \times \frac{40.983}{50 \times 100} = 6,59 \text{ cmq.}$$

./.



Si adotta in eccesso 6 \emptyset 12 (pari a 6,78 cmq.)

con sezione del pilastro di cm. 30 x 30

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{40.983}{(30 \times 30) + 67,80} = 42,50 \text{ Kg/cmq.}$$

Sollecitazioni contenute nei limiti ammessi.

- Dal 1° al 2° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 40.983=

" trasmesso dal trave di sostegno
dei solai " 22.618=

Peso proprio del pilastro

" 0,40 x 0,40 x 3,00 x 2400 " 1.152=

TOTALE carico al piede del pilastro Kg. 64.753=

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \times \frac{64.753}{50 \times 100} = 10,36 \text{ cmq.}$$

./.

Si adatta in eccesso 4 \emptyset 12 + 2 \emptyset 14 (pari a
11,12 cmq.) con sezione del pilastro di
cm. 40 x 40

Vetifica:

$$\sigma_c = \frac{64.753}{(40 \times 40) \times 111,20} = 37,8 \text{ Kg/cmq.}$$

Sollecitazione contenuta nei limiti ammessi.

- Dal Piano rialzato al 1° Piano -

Analisi carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 64.753=

" " dal trave di sostegno
dei solai " 22.618=

Peso proprio del pilastro:

0,45 x 0,45 x 3,00 x 2400 = " 1.458=

TOTALE CARICO AL PIEDE DEL PILASTRO Kg. 88.829=

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \frac{88.829}{50 \times 100} = 14,20 \text{ cmq.}$$

./.

Si adatta 4 \emptyset 16 + 4 \emptyset 14 (pari a 14,20 cmq.)

con sezione del pilastro di cm. 45 x 45

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{88.829}{(45 \times 45) + 142} = 41 \text{ Kg/cm}^2.$$

Sollecitazione contenuta nei limiti ammessi.

- Dal Piano seminterrato al piano rialzato -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 88.829=

" " dal trave di sostegno
dei solai " 22.618=

Peso proprio del pilastro:

$$0,50 \times 0,50 \times 3,50 \times 2400 = \underline{\underline{2.100=}}$$

CARICO TOTALE al piede del pilastro Kg. 113.547=
=====

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \frac{113.547}{50 \times 100} = 18,17 \text{ cm}^2.$$

Si adatta in eccesso 4 \emptyset 18 + 4 \emptyset 16 (pari
a 18,20 cmq.) con sezione del pilastro di

50 x 50

./.

15.2.3. Trave 52-49-46-43

- 15 -

Verifica :

$$\sigma_c = \frac{113.547}{(50 \times 50) + 182} = 42,30 \text{ Kg./cmq.}$$

Sollecitazioni contenute nei limiti ammessi.

Riassumendo, le caratteristiche del pilastro

n. 14 saranno:

PIANO	SEZIONE CALCESTRUZZO	FERRO
Interrato	50 x 50	4 Ø 18+ 4 Ø 16
Rialzato	45 x 45	4 Ø 16+ 4 Ø 14
Primo	40 x 40	4 Ø 16+ 2 Ø 14
Secondo	30 x 30	6 Ø 12
Terzo	30 x 30	4 Ø 16

- Calcolo della trave collegante i pilastri 52 - 49
46 - 43 (vedi figura 1)

Si adotta, come precedentemente, la formula di

Winckler:

$$M_{\max} = \frac{1}{14} p l^2 \text{ (dove } l \text{ è l'interasse dei}$$

pilastri = m. 7,66)

./.

Analisi dei carichi:

Peso proprio della trave

$$1,00 \times 0,40 \times 0,70 \times 2400 = \text{Kg. } 672=$$

" del solaio di m. 6,00 di luce
compreso carico permanente ed
accidentale

$$\frac{6,00 \times 572}{2} = \text{" } 1.720=$$

" del solaio di m. 2,70 c.s.

$$\frac{2,70 \times 518}{2} = \text{" } 700=$$

" del muro divisorio $200 \times 3,00 =$ " 600=

TOTALE Kg. 3.692=

$$M = \frac{3700 \times 7,66^2}{14} = 15,507 \text{ Kgm.} = 1.550.700 \text{ Kg/cm.}$$

Adottando:

$$c = 50 \text{ Kg./cmq.} \quad f = 1800 \text{ Kg/cmq.} \quad m = 10$$

si ha:

$$h = 0,4454 \sqrt{\frac{1.550.700}{40}} = 0,4454 \times 197 = 88 \text{ cm.}$$

$$H = 90 \text{ cm.}$$

$$A_f = 0,001344 \sqrt{1.550.700 \times 40} = 10,56 \text{ cmq.} =$$

$$= 4 \varnothing 16 + 1 \varnothing 18$$

./.

15.2.4. Pilastro n.46

- 17 -

Calcolo del pilastro n. 46 (vedi fig. 1)

- Dal 3° piano al coperto -

Carico dovuto al peso proprio del coperto, del
soffitto e carico accidentale per neve e vento:

$$7,66 \times \frac{9,60}{2} \times 1,04 \times 450 = \text{Kg. } 17.207=$$

Trave di sostegno del soffitto:

$$7,66 \times 0,30 \times 0,50 \times 2400 = " \quad 2.758=$$

Peso proprio del pilastro

$$0,30 \times 0,30 \times 3,00 \times 2400 = " \quad 648=$$

Carico dovuto alla capriata di so-
stegno del coperto

$$= " \quad 1.717=$$

TOTALE Kg. 22.330=

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \times \frac{22.330}{100 \times 50} = 3,57 \text{ cmq.}$$

Si adotta in eccesso 4 \emptyset 12 (pari a 4,52 cmq.)

con sezione del pilastro di cm. 30 x 30

./.

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{22.330}{(30 \times 30) + 45,20} = 23,6 \text{ Kg/cm}^2.$$

Sollecitazione; come si vede, irrisoria.

- Dal 2° al 3° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 22.330=

" " dal trave di sostegno

" " dei solai $3700 \times 7,66 = "$ 28.340=

Peso proprio del pilastro

" $0,35 \times 0,35 \times 3,00 \times 2400 = "$ 880=

TOTALE Kg. 51.550=

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \times \frac{51.550}{100 \times 50} = 8,25 \text{ cm}^2.$$

Si adotta in eccesso $4 \varnothing 14 + 2 \varnothing 12$ (pari a 8,42 cm²)

con sezione del pilastro di cm. 35 x 35

./.

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{51.550}{(35 \times 35) + 84,20} = 39,4 \text{ Kg/cm}^2.$$

Sollecitazione contenuta nei limiti ammessi.

- Dal 1° al 2° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 51.550=

" " dal trave di sostegno
del solaio " " 28.340=

Peso proprio del pilastro

0,40 x 0,40 x 3,00 x 2400 = " 1.150=

TOTALE Kg. 81.040=
=====

Determinazione della sezione metallica:

$$A_f = 0,8 \frac{81.040}{50 \times 100} = 12,97 \text{ cm}^2$$

Si adotta in eccesso 2 \emptyset 14 + 4 \emptyset 18 (pari a 13,24 cm²)

con sezione del pilastro di cm. 40 x 40

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{81.040}{(40 \times 40) + 132,4} = 46,8 \text{ Kg/cm}^2.$$

Sollecitazione contenuta nei limiti ammessi.

- Dal piano rialzato al 1° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 81.040=

" " dal trave di sostegno

del solaio " 28.340=

Peso proprio del pilastro

0,50 x 0,50 x 3 x 2400 = " 1.800=

TOTALE Kg. 111.180=

Determinazione della sezione metallica:

$$A_{\phi} = 0,8 \frac{111.180}{50 \times 100} = 17,78 \text{ cm}^2.$$

Si adotta in eccesso 4 ϕ 16 + 4 ϕ 18 pari a

18,20 cm².) con sezione del pilastro di cm. 50x50

./.

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{111.180}{(50 \times 50) + 182} = 41,50 \text{ Kg/cm}^2.$$

Sollecitazione contenuta nei limiti ammessi.

-- Dal piano interrato al piano rialzato --

Analisi ^{dei} Carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore	Kg. 111.180=
" " " dal trave di sostegno	
" " " del solaio	" 28.340=
Peso proprio del pilastro:	
0,55 x 0,55 x 3,00 x 2400 =	" 2.180=
TOTALE	Kg. 141.700=
	=====

Determinazione della sezione metallica:

$$A_{\#} = 0,8 \frac{141.700}{50 \times 100} = 22,67 \text{ cm}^2.$$

Si adotta in eccesso 4- ϕ 18 + 4 ϕ 20 (pari a 22,72 cm²)

con sezione del pilastro di cm. 55 x 55

./.

15.2.5. Trave 43-40-38

- 22 -

Verifica:

$$\sigma_c = \frac{141.700}{(55 \times 55) + 227} = 43,50 \text{ Kg/cm}^2$$

Sollecitazioni contenute nei limiti ammessi.

Riassumendo, le caratteristiche del pilastro n.46

saranno:

PIANO	SEZIONE CALCESTRUZZO	FERRO
INTERRATO	55 x 55	4 \emptyset 20 + 4 \emptyset 18
RIALZATO	50 x 50	4 \emptyset 18 + 4 \emptyset 16
PRIMO	40 x 40	4 \emptyset 18 + 2 \emptyset 14
SECONDO	35 x 35	4 \emptyset 14 + 2 \emptyset 12
TERZO	30 x 30	4 \emptyset 12

- Calcolo della trave collegante i pilastri n.43 -

40 e 38

Si adotta come precedentemente la formula di Winckler

$$M_{\max} = \frac{1}{14} p l^2 \text{ dove } l = m.7,66 \text{ (interasse fra i)}$$

pilastrini)

Analisi dei carichi:

Peso proprio della trave

1,00 x 1,10 x 0,40 x 2400 = Kg. 960=

Peso del solaio di m. 6,00 di luce

$\frac{6,00 \times 572}{2} = 1.715=$

Peso del solaio di m. 8,40 di luce

$\frac{8,40 \times 613}{2} = 2.575=$

Peso del muro divisorio 200 x 3,00 =

" 600=

TOTALE Kg. 5.850=

$M = \frac{5.850 \times 7,66^2}{14} = 24.518 \text{ Kgm.} = 2.451.800 \text{ Kg/cm.}$

Adottando

$\sigma_c = 50 \text{ Kg/cm}^2 \quad \sigma_f = 1.800 \text{ Kg/cm}^2 \quad m. = 10$

$h = 0,4454 \sqrt{\frac{2.451.800}{40}} = 110 \text{ cm.} \quad H = 112$

$A_f = 0,001344 \sqrt{2.451.800 \times 40} = 13,30 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \phi 18 + 1 \text{ } \phi 20$

15.2.6. Pilastro n. 40

- Calcolo del pilastro n. 40 -

- Dal 3° piano al Coperto -

Analisi dei carichi:

Carico dovuto al peso proprio del coperto,
del soffitto e carico accidentale neve e
vento:

$$7,66 \times \left(\frac{6,00 + 8,40}{2} + 0,30 \right) 1,04 \times 450 = \text{Kg. } 26.890=$$

Trave a sostegno del soffitto:

$$7,66 \times 0,30 \times 0,50 \times 2400 = \text{ " } 2.760=$$

Peso proprio del pilastro

$$0,30 \times 0,30 \times 3,00 \times 2400 = \text{ " } 648=$$

Carico dovuto alla capriata di sostegno

del coperto

$$\text{ " } 650=$$

TOTALE Kg. 30.948=

=====

$$A_f = 0,8 \times \frac{30.948}{100 \times 50} = 4,95 \text{ cmq. } 2 \text{ } \varnothing / 12 + 2 \text{ } \varnothing 14 =$$

$$= 5,34 \text{ cmq.}$$

./b

$$A_c = \frac{30.948}{50} - 53 = 566 \text{ cmq. pari a } 24 \times 24 \text{ cm.}$$

Si adotta una sezione di pilastro di cm. 30 x 30

- Dal 2° al 3° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 30.300=

" " Dal trave di sostegno
del solaio 7,66 x 5850 = " 44.810=

- Peso proprio del pilastro

$$0,35 \times 0,35 \times 2,60 \times 2400 = " \underline{770=}$$

TOTALE Kg. 75.880=

$$A_f = 0,8 \frac{75.880}{100 \times 50} = 11,40 \text{ cmq. } 6 \text{ } \varnothing 16 = 12,06 \text{ cmq.}$$

$$A_c = \frac{75.880}{50} - 120 = 1392 \text{ cmq. pari a } 38,3 \times 38,3 \text{ cm.}$$

Si adotta una sezione di pilastro 40 x 40 cm.

./.

- Dal 1° al 2° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore - Kg. 75.880=

" " dal trave di sostegno
del solaio " 44.810=

Peso proprio del pilastro

" " 0,50 x 0,50 x 2,60 x 2400 = " 1.560=

TOTALE Kg. 122.250=

$$A_f = 0,8 \times \frac{122.250}{100 \times 50} = 18,34 \text{ cmq.}$$

$$6 \varnothing 20 = 18,84 \text{ cmq.}$$

$$A_c = \frac{122.250}{50} - 188 = 2257 \text{ cmq. pari a } 47,7 \times 47,7 \text{ cm.}$$

Si adotta una sezione di pilastro di cm. 50 x 50

./.

- Dal piano rialzato al 1° piano -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 122.250=

" " dal trave di sostegno
del solaio " 44.810=

Peso del pilastro:

0,30 x 1,20 x 2,60 x 2400 " 2.250=

TOTALE Kg. 169.310=

$$A_f = 0,8 \frac{169.310}{50 \times 100} = 25,4 \text{ cmq.}$$

$$8 \varnothing 20 = 25,12 \text{ cmq.}$$

$$A_c = \frac{169.310}{50} = 251 = 3135 \text{ cmq.}$$

Si adotta una sezione di cm. 121 x 26

./.

- Dal piano inetrato al piano rialzato -

Analisi dei carichi:

Carico trasmesso dal pilastro superiore Kg. 169.310=

" " dal trave di sostegno
del solaio " 44.810=

Peso proprio del pilastro

0,65 x 0,65 x 2,60 x 2400 " 2.640=

TOTALE Kg. 216.760=
=====

$$A_f = 0,8 \frac{216.760}{50 \times 100} = 35,50 \text{ cmq.}$$

$$8 \varnothing 20 + 2 \varnothing 22 = 32,72 \text{ cmq.}$$

$$A_c = \frac{216.760}{50} - 327 = 4008 \text{ cmq. pari a}$$

cm. 64 x 64

Si adotta una sezione di cm. 65 x 65

./.

Riassumendo, le caratteristiche del pilastro
n. 40 saranno:

PIANO	SEZIONE CALCESTRUZZO	FERRO
INTERRATO	65 X 65	8 \emptyset 20 + 2 \emptyset 22
RIALZATO	121 x 26	8 \emptyset 20
PRIMO	50 x 50	6 \emptyset 20
SECONDO	40 x 40	6 \emptyset 16
TERZO	30 x 30	2 \emptyset 12 + 2 \emptyset 14

Le dimensioni dei pilastri, ricavate per quelli maggiormente gravati, si adottano, a vantaggio della sicurezza, per tutti gli altri pilastri della struttura.

Ciò ci permette di stabilire, in via di massima, salvo esatto calcolo al momento esecutivo, i carichi gravanti sulle fondazioni.

./.

15.3. Calcolo delle fondazioni dei pali

- 30 -

C) - CALCOLO DELLE FONDAZIONI DEI PALI -

Nei calcoli che seguono si assumerà come carico accidentale sul piano rialzato 300 Kg/mq. diminuendo gradatamente di 1/10 i carichi per i piani superiori (27 per il I° - 240 per il II° - 210 per il III°) e si assumerà, per il coperto, un carico accidentale di 100 Kg/mq. (neve e vento)

I muri esterni e divisori interni, eseguiti con foratoni, si considereranno del peso specifico di circa 1000 Kg/mc. e cioè:

- Muro di spessore cm. 28 = 320 Kg/mq.
compreso intonaco sulle 2 facce.
- Muro di spessore cm. 14 = 180 Kg/mq.
compreso intonaco sulle 2 facce.

I pesi propri dei telai e pavimenti sono quelli risultanti dai calcoli precedenti; così pure le dimensioni dei pilastri e delle travi si assumeranno dai calcoli precedenti.

15.3.1. Plinto del Pilastro n. 21

- CARICHI GRAVANTI SUL PUNTO DI FONDAZIONE
DEL PILASTRO N. 21

PILASTRO: piano interrato

$$4,30 \times 0,50 \times 0,50 \times 2400 = \text{Kg. } 2.580=$$

" piano rialzato

$$3,30 \times 0,45 \times 0,45 \times 2400 = " \quad 1.604=$$

" primo

$$3,30 \times 0,40 \times 0,40 \times 2400 = " \quad 1.867=$$

" { secondo

" } terzo

$$2 \times 3,30 \times 0,30 \times 0,30 \times 2400 = " \quad 1.426=$$

SOLAI (pavimento ed intonaco compresi)

$$4 \times \frac{9,00}{2} \times 3,58 \times 333 = " \quad 21.458=$$

TRAVI di collegamento in c.a. fra i pilastri
 pilastri

$$6 \times 3,58 \times 0,64 \times 0,30 \times 2400 = " \quad 9.898=$$

$$\text{MURI divisori: } 4 \times \frac{9}{2} \times 3,30 \times 180 = " \quad 10.692=$$

A riportare Kg. 48.925=

	RIPORTO	Kg.	48.925=
- MURI esterni			
	$5 \times 3,58 \times 0,90 \times 3,20$	=	" 5.155=
- COPERTO			
	$\frac{9,45}{2} \times 3,58 \times 350$	=	" 5.920=
- CARICHI accidentali per i 4 piani			
	$\frac{9,00}{2} \times 3,58 \times (300 + 270 + 240 + 210)$	"	16.432=
- CARICHI accidentali sul coperto			
	$\frac{9,45}{2} \times 3,58 \times 100$	=	" 1.692=
	CARICO TOTALE SUL PLINTO	Kg.	78.124=
- PESO plinto(arrotondato)		"	8.876=
	CARICO TOTALE	Kg.	87.000=

=====
.....

./.

15.3.2. Pilto del Pilastro n. 14

- - 33 - -

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DI FONDAZIONE

DEL PILASTRO N. 14

-	PILASTRO	piano interrato			
			4,30 x 0,50 x 0,50 x 2400	= Kg.	2.580=
-	"	piano rialzato			
			3,30 x 0,45 x 0,45 x 2400	= "	1.604=
-	"	primo			
			3,30 x 0,40 x 0,40 x 2400	= "	1.267=
-	"	{secondo e terzo			
-	"				
			2 x 3,30 x 0,30 x 0,30 x 2400	= "	1.426=
-	SOLAI	(pavimento ed intonaco compresi)			
			4 x $\frac{9,00}{2}$ x 3,58 x 333	= "	21.458=
-			4 x $\frac{6,50}{2}$ x 3,58 x 285	= "	13.264=
-	TRAVI	di collegamento in c.a. fra i pilastri			
			6 x 3,58 x 0,64 x 0,30 x 2400	= "	<u>9.898=</u>
				A RIPORTARE	Kg. 51.497=

	RIPORTO	Kg. 51.497=
- MURI divisori		
	$4 \times \frac{9,00}{2} \times 3,30 \times 180$	= " 10.692=
-	$4 \times \frac{6,50}{2} \times 3,30 \times 180$	= " 7.722=
-	$4 \times \frac{3,58}{2} \times 3,30 \times 180$	= " 8.506=
- COPERTO		
	$\frac{9,45}{2} \times 3,58 \times 350$	= " 5.920=
	$\frac{7,15}{2} \times 3,58 \times 350$	= " 4.479=
- CARICHI accidentali su i 4 piani		
	$\frac{9,00}{2} \times 3,58 \times (300+270+240+210)$	= " 16.432=
	$\frac{6,50}{2} \times 3,58 \times (300+270+240+210)$	= " 11.868=
- CARICHI accidentali sul coperto		
	$\frac{9,45}{2} \times 3,58 \times 100$	= " 1.692=
	$\frac{7,15}{2} \times 3,58 \times 100$	= " 1.280=
	CARICO TOTALE SUL PLINTO	Kg. 120.088=
- PESO plinto		" 11.912=
	CARICO TOTALE	Kg. <u>132.000=</u>

15.3.3. Plinto del Pilastro n. 2

- 35 -

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL

PILASTRO n.2

- PILASTRO : piano interrato

$$4,30 \times 0,50 \times 0,50 \times 2400 = \text{Kg. } 2.580=$$

- " piano rialzato

$$3,30 \times 0,45 \times 0,45 \times 2400 = " 1.604=$$

- " piano primo

$$3,30 \times 0,40 \times 0,40 \times 2400 = " 1.267=$$

- " (piano secondo
piano terzo

$$2 \times 3,30 \times 0,30 \times 0,30 \times 2400 = " 1.426=$$

- SOLAI (pavimento ed intonaco compresi)

$$4 \times \frac{6,50}{2} \times 3,58 \times 285 = " 13.264=$$

- TRAVI di collegamento in c.a. fra i pilastri

$$6 \times 3,58 \times 0,64 \times 0,30 \times 2400 = " 9.898=$$

- MURI divisori

$$4 \times \frac{6,50}{2} \times 3,30 \times 180 = " 7.722=$$

- MURI Esterni

$$5 \times 3,58 \times 0,90 \times 320 = " 5.155=$$

A RIPORTARE Kg. 42.926=

	RIPORTO	Kg.	42.926=
- COPERFO			
	$\frac{7,15}{2} \times 3,58 \times 350$	= "	4.479=
- CARICHI accidentali su i 4 piani			
	$\frac{6,50}{2} \times 3,58 \times (300+270+240+210)$	= "	11.868=
- CARICO accidentale sul coperto			
	$\frac{7,15}{2} \times 3,58 \times 100$	= "	1.280=
	CARICO TOTALE SUL PLINTO	Kg.	60.543=
- PESO plinto (arrotondato)		= "	8.957=
	CARICO TOTALE	Kg.	69.500=

15.3.4. Plinto del Pilastro n. 9

- - 37 -

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL
PILASTRO n. 9

- CARICO SCALA -

Peso proprio pilastro

(pilastro) $18 \times 0,40 \times 0,30 \times 2400 = \text{Kg. } 5.200=$

" travi

$4 \times \frac{4,10}{2} \times 0,40 \times 0,35 \times 2400 = " 2.760=$

" pianerottoli

$4 \times \frac{1,70 \times 4,10}{4} \times 120 = " 836=$

" rampa

$4 \times \frac{2,00 \times 3,50}{2} \times 170 = " 2.380=$

" Pavimento

$4 \times \frac{2,00 \times 4,10}{4} \times 100 = " 820=$

" gradini e parapetto

$4 \times \frac{3,50 \times 2,00}{2} \times 140 = " 1.960=$

- CARICO accidentale

$1/8 \times 600 \times 55 \times 1,25 = " 5.160=$

{ Dove : 1/8 del n. dei pilastri }
600 alunni }
55 peso medio di un alunno }
1,25 carico dinamico }

CARICO SCALA A Riporto 38.500=

CARICO SCALA - RIPORTO Kg. 19.116

- CARICO solai e muri

- peso solai (compreso carico accidentale)

$$4 \times \frac{2,50}{2} \times \frac{3,08 + 2,50}{2} \times 320 = \text{Kg. } 4.464=$$

- peso muri

$$4 \times 3,30 \times \frac{3,08 + 1,70}{2} \times 180 = \text{" } 5.700=$$

-- peso del plinto (arrotondato) = " 9.220=

CARICO TOTALE Kg. 38.500=

15.3.5. Plinto del Pilastro n. 5 (Scala Nord)

- - 39 =

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL

PILASTRO n. 5

- CARICO scala (vedi pilastro n.4) Kg. 19.116

- PESO muri esterni

$$5 \times 3,30 \times \frac{3,08 + 1,70}{2} \times 320 = " 12.600=$$

- PESO coperto (compreso carico accidentale)

$$\frac{7,15}{2} \times \frac{3,08 + 2,50}{2} \times 450 = " 4.488=$$

- PESO del plinto = " 9.296=

CARICO TOTALE Kg. 45.500=

15.3.6. **Plinto del Pilastro n. 18**

- 40 -

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL

PILASTRO n. 18

-	PILASTRO	piano interrato			
			4,50 x 0,50 x 0,50 x 2400	= Kg.	2.580=
-	"	piano rialzato			
			3,30 x 0,45 x 0,45 x 2400	= "	1.604=
-	"	piano primo			
			3,30 x 0,40 x 0,40 x 2400	= "	1.267
-	"	{ piano secondo e piano terzo			
			2 x 3,30 x 0,30 x 0,30 x 2400	= "	1.426=
-	SOLAI		4 x $\frac{8,40}{2}$ x 5,35 x 313	= "	28.132=
			4 x $\frac{9,00}{2}$ x $\frac{3,58}{2}$ x 333	= "	10.729=
					<hr/>
		A RIPORTARE		Kg.	45.738=

RIPORTO = Kg. 45.738=

- TRAVI di collegamento fra i pilastri

$$6 \times 5,35 \times 0,90 \times 0,40 \times 2400 = 27.734=$$

$$5 \times \frac{3,58}{2} \times 0,64 \times 0,30 \times 2400 = 4.124=$$

- MURI divisori

$$4 \times 5,35 \times 2,70 \times 180 = 10.400=$$

$$5 \times 3,58 \times 3,00 \times 180 = 9.666=$$

- COPERTO

$$8,40 \times 1,75 = \text{mq. } 14,70$$

$$8,20 \times 4,60 = \text{mq. } \underline{37,72}$$

$$\text{mq. } 52,42 \times 350 = 18.347=$$

- CARICHI accidentali su i 4 piani

$$\frac{9,40}{2} \times 5,35 \times (300+270+240+210) = 22.919=$$

$$\frac{9,00}{2} \times \frac{3,58}{2} \times (300+270+240+210) = 8.216=$$

- CARICHI accidentali sul coperto

$$\text{mq. } 52,42 \times 100 = \underline{5.242=}$$

A RIPORTARE CARICO TOTALE
SUL PLINTO = Kg. 152.386=

15.3.7. Plinto del Pilastro n. 40

- 42 -

RIPORTO = Kg. 152.386=

CARICO TOTALE SUL PLINTO Kg. 152.386=

- PESO plinto (arrotondato) = " 12.114=

CARICO TOTALE Kg. 164.500=

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL PILASTRO

N. 40

- PILASTRO: piano interrato

3,20 x 0,65 x 0,65 x 2400 = Kg. 3.250=

- " piano rialzato

3 x 1,21 x 0,26 x 2400 = " 2.260=

- " Piano primo

3 x 0,50 x 0,50 x 2400 = " 1.800=

- " piano secondo

3 x 0,40 x 0,40 x 2400 = " 1.150=

- " piano terzo

3 x 0,30 x 0,30 x 2400 = " 650=

A RIPORTARE Kg. 9.110=

RIPORTO = Kg. 9.110=

- Solai (pavimento ed intonaco compresi)

$$4 \times \frac{8,40}{2} \times 7,66 \times 313 = " 40.279=$$

$$4 \times \frac{6,00}{2} \times 7,66 \times 272 = " 25.002=$$

- TRAVI di collegamento in c.a. fra i pilastri

$$5 \times 7,66 \times 1,12 \times 0,40 \times 2400 = " 41.180=$$

- MURI divisori

$$\text{fra le aule } 3 \times \frac{6,00}{2} \times 3,30 \times 180 = " 5.346=$$

$$\text{fra aule e atrio } 3 \times 7,66 \times 2,50 \times 180 = " 10.341=$$

- COPERTO

$$8,20 \times 1,30 = \text{mq. } 10,66$$

$$7,70 \times 6,40 = " 49,28$$

$$3,20 \times \frac{2,60}{2} = " 0,96$$

$$\text{mq. } 60,90 \times 350 = " 21.315=$$

- CARICHI accidentali sui 4 piani

$$\frac{8,40}{2} \times 7,66 (300+270+240+210) = " 32.815=$$

$$\frac{6,00}{2} \times 7,66 (300+270+240+210) = " 23.440=$$

A RIPORTER Kg. 208.828=

15.3.8. Plinto del Pilastro n. 41

- 44 -

RIPORTO Kg. 208.828=

- CARICHI accidentali del coperto
mq. 60,90 x 100 = " 6.090=

CARICO TOTALE SUL PLINTO Kg. 214.918=

- PESO del plinto (arrotondato) Kg. 16.082=

CARICO TOTALE Kg. 231.000=

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL

PILASTRO n. 41

- PILASTRO: piano interrato
4,30 x 0,55 x 0,55 x 2400 = Kg. 3.120=

- " piano rialzato
3,30 x 0,50 x 0,50 x 2400 = " 1.980=

- " piano primo
3,30 x 0,40 x 0,40 x 2400 = " 1.267=

- " piano secondo
3,30 x 0,35 x 0,35 x 2400 = " 970=

- " piano terzo
3,30 x 0,30 x 0,30 x 2400 = " 713=

A RIPORTARE Kg. 8.050=

	RIPORTO	Kg.	8.050=
- SOLAI	(pavimento ed intonaco compresi)		
	$4 \times \frac{6,00}{2} \times 7,66 \times 272$	= "	25.002=
- TRAVI	di collegamento in c.a. fra i pilastri		
	$6 \times 7,66 \times 0,90 \times 0,40 \times 2400$	= "	39.709=
- MURI	divisori		
	$3 \times \frac{6,00}{2} \times 3,30 \times 180$	= "	5.346=
- MURI	esterni		
	$3 \times 7,66 \times 0,60 \times 320$	= "	4.412=
	$1 \times 7,66 \times 1,50 \times 320$	= "	3.677=
	$1 \times 7,66 \times 1,40 \times 500$	= "	5.362=
- COPERTO			
	$7,70 \times 3,30 \times 350$	= "	8.893=
- CARCHI	accidentali su i 4 piani		
	$\frac{6,00}{2} \times 7,50 (300+270+240+210)$	= "	22.950=
- CARCHI	accidentali sul coperto		
	$7,70 \times 3,30 \times 100$	= "	2.543=
	CARICO TOTALE SUL PLINTO	Kg.	125.942=
- PESO	plinto (arrotondato)	= "	14.458=
	CARICO TOTALE	= Kg.	140.400=
			=====

15.3.9. Plinto del Pilastro n. 46

- 46 -

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL PILASTRO

N. 46

-	PILASTRO:	piano interrato		
		4,30 x 0,55 x 0,55 x 2400	= "	3.120=
-	"	piano rialzato		
		3;30 x 0,50 x 0,50 x 2400	= "	1.980=
-	"	piano primo		
		3,30 x 0,40 x 0,40 x 2400	= "	1.267=
-	"	piano secondo		
		3,30 x 0,35 x 0,35 x 2.400	= "	970=
-	"	piano terzo		
		3,30 x 0,30 x 0,30 x 2400	= "	713=
-	SOLAI	(pavimenti ed intonaco compresi)		
		$4 \times \frac{6,00}{2} \times 7,66 \times 272$	= "	25.002=
		$4 \times \frac{2,65}{2} \times 7,66 \times 230$	= "	9.337=

A RIPORTARE Kg. 42.389=

	RIPORTO	= Kg. 42.389=
- TRAVI	di collegamento in c.a. fra i pilastri	
	5 x 7,66 x 0,90 x 0,40 x 2400	= " 33.091=
- MURI	divisori	
	fra le aule 3 x $\frac{6,00}{2}$ x 3,30 x 180	= " " 5.346=
	fra aule e corridoio 3 x 7,66 x 2,50 x 180=	" 10.341=
- COPERTO e soffitto		
	7,70 x 4,90 x 350	= " 13.205=
- CARICHI accidentali su i 4 piani		
	$\frac{6,00}{2}$ x 7,50 (300+270+240+210)	= " 22.950=
	$\frac{2,50}{2}$ x 7,66 (300+270+240+210)	= " 9.766=
- CARICHI accidentali sul coperto		
	7,70 x 4,90 x 100	= " 3.773=
	CARICO TOTALE SUL PLINTO	= Kg. 140.861=
- PESO	plinto (arrotondato)	= " 12.139=
	CARICO TOTALE	= Kg. 153.000=

15.3.10. Plinto del Pilastro n. 45

= 48 =

CARICHI GRAVANTI SUL PLINTO DEL PILASTRO

N. 45

- PILASTRO	piano interrato			
		4,30 x 0,55 x 0,55 x 2400	= Kg.	3.120=
" "	piano rialzato			
		3,30 x 0,50 x 0,50 x 2400	= "	1.980=
- "	Piano primo			
		3,30 x 0,40 x 0,40 x 2400	= "	1.267=
- "	piano secondo			
		3,30 x 0,35 x 0,35 x 2400	= "	970=
- "	piano terzo			
		3,30 x 0,30 x 0,30 x 2400	= "	713=
- SOLAI		4 x $\frac{2,65}{2}$ x 7,66 x 230	= "	9.337=
- TRAVI	di collegamento in c.a. fra i pilastri			
		6 x 7,66 x 0,64 x 0,30 x 2400	= "	21.178=
- MURI	esterni			
		3 x $\frac{7,66}{2}$ x 0,60 x 320	= "	2.206=
		1 x $\frac{7,66}{2}$ x 1,40 x 500	= "	2.681=
		3 x $\frac{7,66}{2}$ x 3 x 500	= "	17.235=
		1 x $\frac{7,66}{2}$ x 1,40 x 500	= "	2.681=
		A RIPORTARE	Kg.	63.369=

	RIPORTO	= Kg.	63.369=
- COPERTO	7,70 x 1,60 x 350	= "	4.312=
- CARICHI accidentali su i 4 piani	$\frac{2,50}{2} \times 7,66 (300+270+240+210)$	= "	9;766=
- CARICHI accidentali sul coperto	7,70 x 1,60 x 100	= "	1.232=
	CARICO TOTALE SUL PLINTO	= Kg.	78.678=
- PESO	plinto (arrotondato)	= "	9.322=
	CARICO TOTALE	= Kg.	88.000=

Si è così determinato il carico gravante sulle
fondazioni per i 10 pilastri più caratteristici;

Per i rimanenti si determina il carico per con-
fronto, arrotondando in eccesso, a vantaggio del-
la sicurezza.

Nello specchil che segue si sono riportati i ca-
rici risultanti ed applicando la formula del DÖRR

./.

per i pali trivellati, si è ricavato il numero dei pali e le loro caratteristiche

FORMULA USATA

$$P_a = \frac{\pi d^2}{4} \gamma \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \left[1 + \frac{\pi d}{2} f' \gamma \cos^2 \varphi \right] l^2$$

dove :

P_a = carico gravante sul palo (noto)

l = lunghezza del palo in ml. (incognito)

d = diametro del palo in ml. (fissato fra le misure)
(0,305- 0,368 - 0,395)

f' = coefficiente d'attrito (fissato in 0,30 per terreno nel quale vengono infissi i pali)

γ = peso specifico del terreno (fissato in 1,80T:mc.)
(pel terreno nel quale vengono infissi i pali)

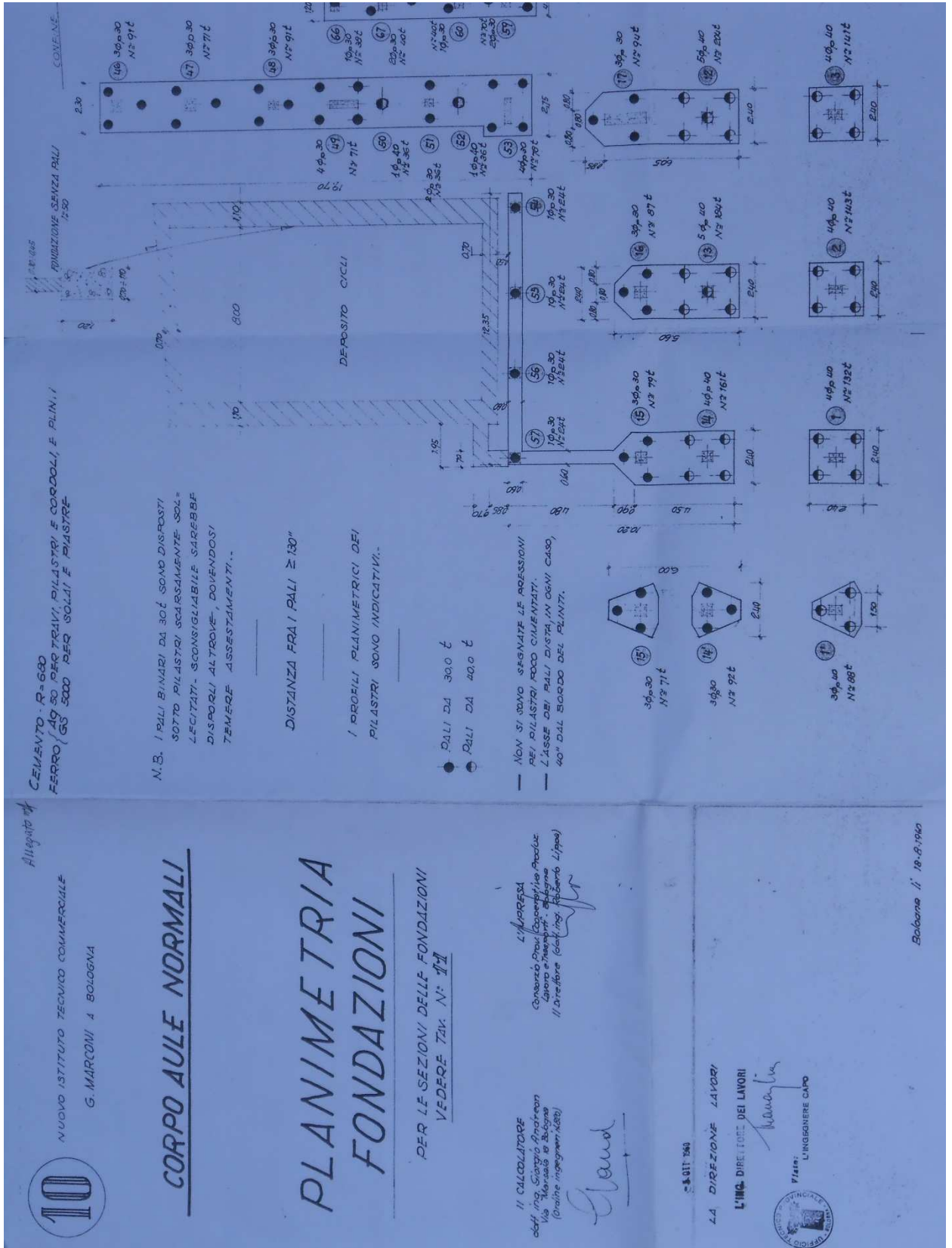
φ = angolo di equilibrio del terreno (fissato in 25°)
(pel terreno nel quale vengono infissi i pali)

La caratteristica del terreno attraversato dai pali, che ci ha permesso di fissare in via preventiva i tre coefficienti di cui sopra, è riportata nello specchio in calce al presente fascicolo di calcoli.

CILA PRO N°	CARICO SUL TERRENO T.	P A L I			PILA- STRO N°	CARICO SUL TERRENO T.	P A L I		
		N°	∅ m.	h m.			N°	∅ m.	h m.
1	60,=								
2	69,5				29	100,=	3	0,368	10,50
3	69,5				30	48,=			
4	48,5	13	0,395	10	31	38,5	5	0,395	8,=
5	45,5				32	48,=	1	0,395	9,=
6	44,=				33	57,=	1	0,368	12,=
7	86,5				34	118,=	1	0,368	10,=
8	36,5				35	90,=	2	0,395	13,=
9	38,5				36	170,=	3	0,368	10,=
10	38,5	6	0,368	10	37	140,4	4	0,368	12,=
11	70,=				38	199,=	4	0,395	10,5
12	66,=				39	140,4	4	0,368	13,=
13	132,=	10	0,395	10	40	231	4	0,395	10,=
14	132,=				41	140,4	1	0,368	13,=
15	123,=	4	0,368	10	42	77,=	4	0,395	10,5
16	108,=	3	0,305	12	43	198,=	2	0,395	11,=
17	98,=	3	0,395	10	44	237,=	4	0,368	13,=
18	164,5	4	0,368	12	45	88,=	4	0,305	11,5
19	60,=				46	153,=	2	0,368	12,=
20	79,=	6	0,305	12	47	137,=	4	0,395	11,=
21	87,=	3	0,368	8	48	73,=	4	0,305	11,50
22	79,=	2	0,368	12	49	155,=	2	0,368	10,=
23	87,=	2	0,395	12	50	137,=	1	0,368	12,=
24	79,=				51	80,=	2	0,395	11,=
25	129,5	2	0,368	12	52	100,=	4	0,305	11,50
26	46,5	3	0,368	10	53	85,=	2	0,368	10,=
27	41,=	4	0,368	11			1	0,368	10,=
28	106,=								

T O T A L I { CARICHI SUL TERRENO T. 5.165,20
N° DEI PALI n° 144
LUNGHEZZA DEI PALI ml. 1.563,50

16 Allegato C: Tavola Planimetria Fondazioni



ELEMENTO R=680
 ERRORE 50 PER TRAVI, PIASTRE E CORDOLI E PLINTE
 5000 PER SOLI E PIASTRE

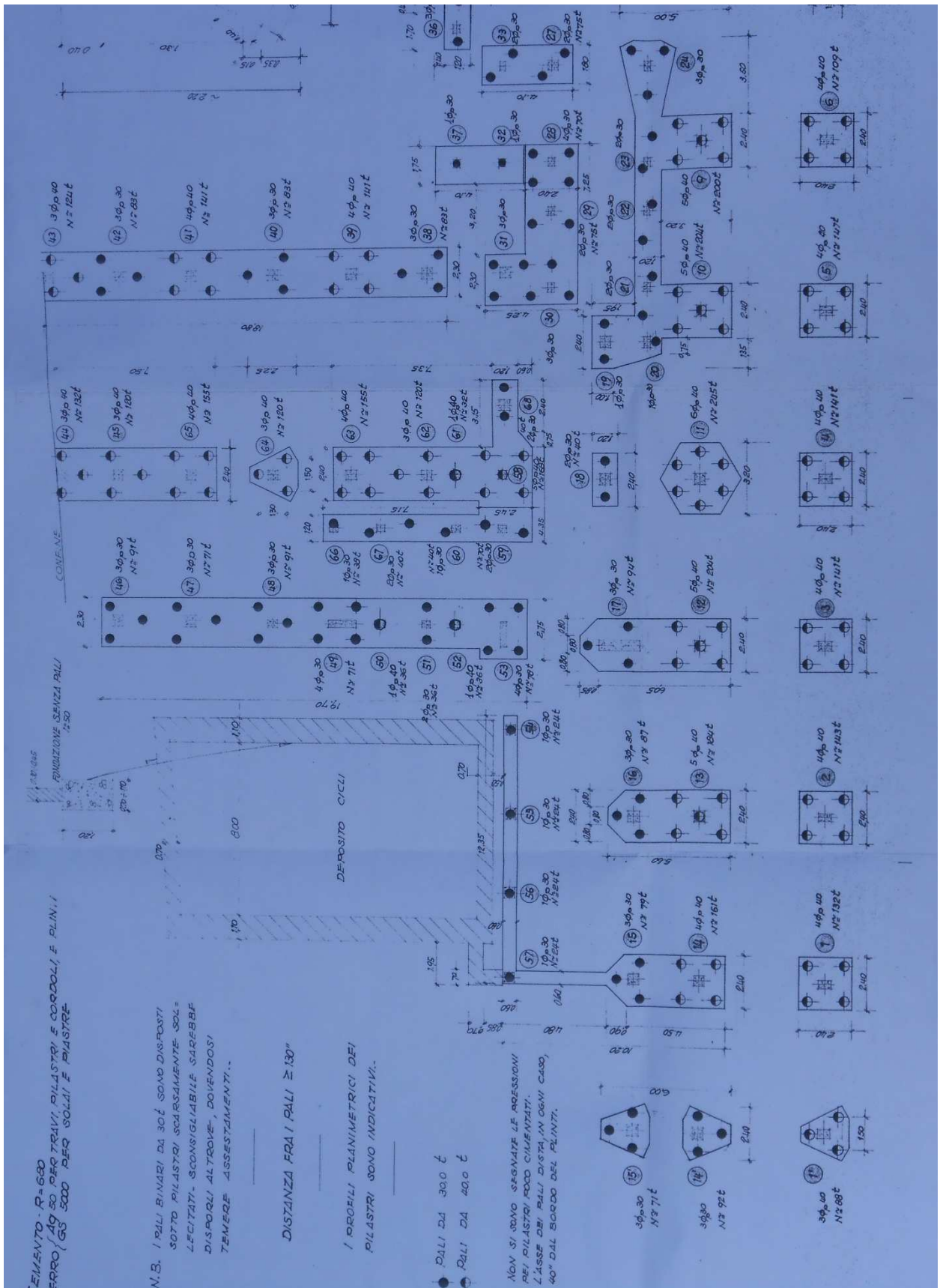
N.B. I PALLI BINARI DA 30t SONO DISPOSTI
 SOTTO PIASTRE SCARSIAMENTE SOL-
 LECCITATI. SCONSIGLIABILE SAREBBE
 DISPORLI ALTROVE, DOVENDOSI
 TEMERE ASSESTAMENTI.

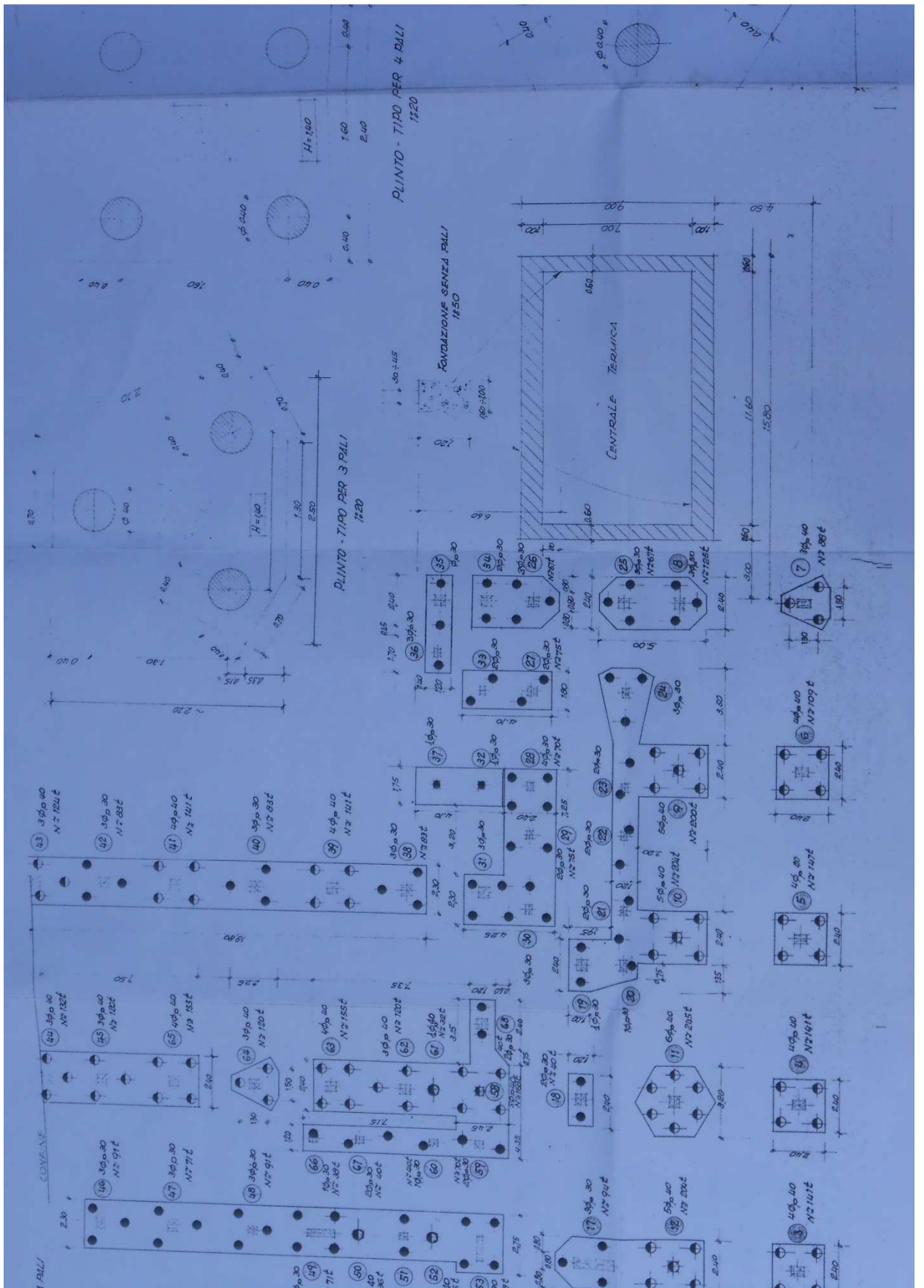
DISTANZA FRA I PALLI $\geq 130''$

I PROFILI PLANIMETRICI DEI
 PIASTRE SONO INDICATIVI.

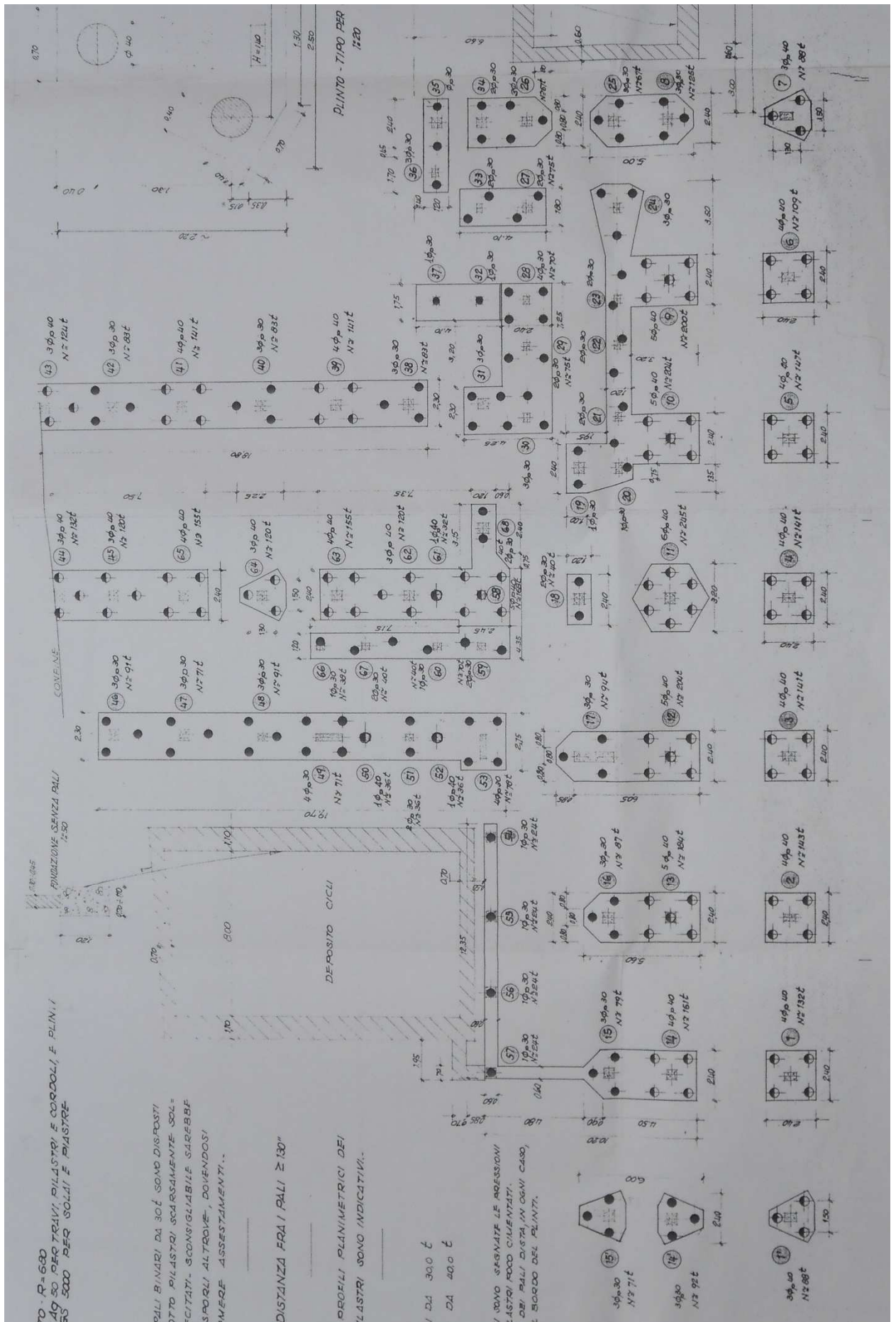
PALLI DA 30.0 t
 PALLI DA 40.0 t

NON SI SONO SEGNATE LE ASSIONI
 DEI PIASTRE FROD CILINDRATI.
 L'ASSE DEI PALLI DISTA, IN OGNI CASO,
 40" DAL BORDO DEL PLINTA.

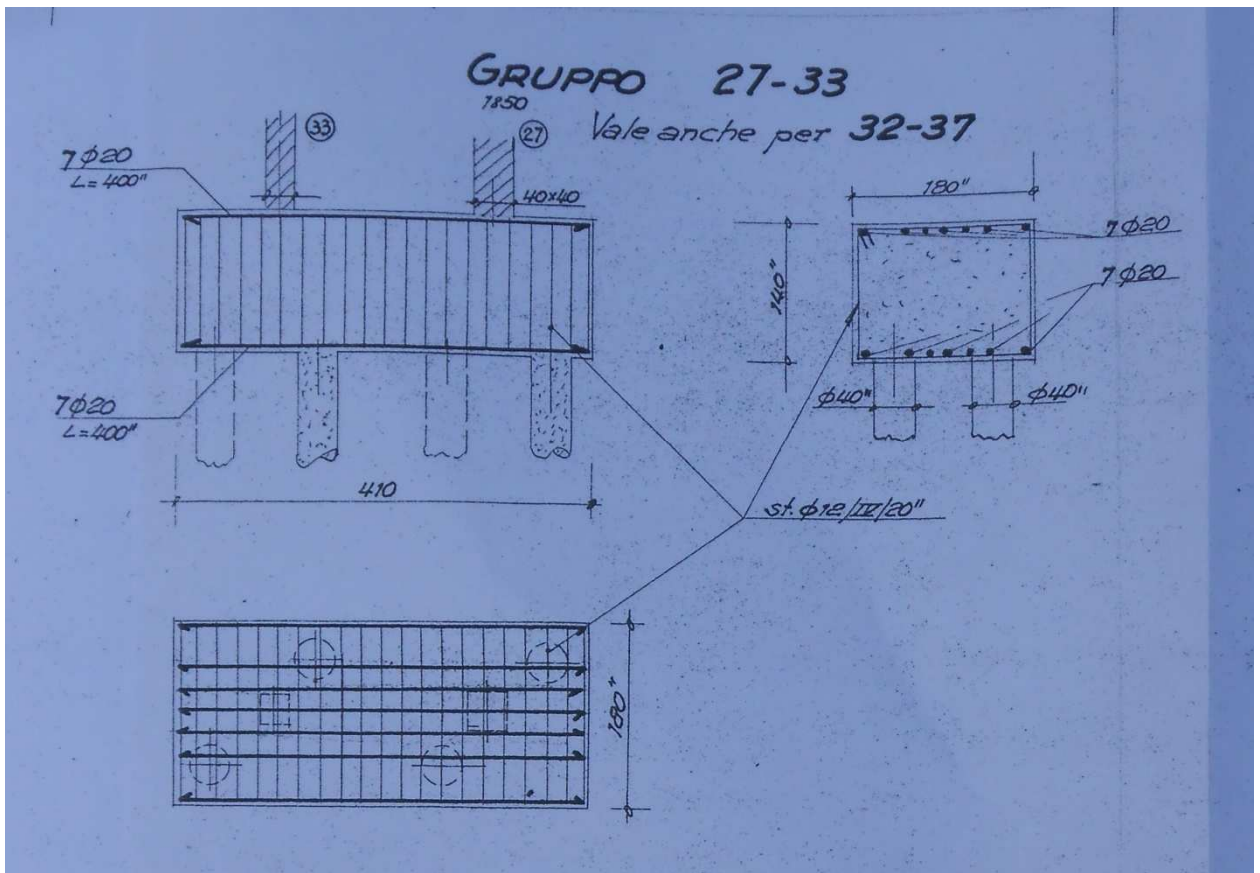




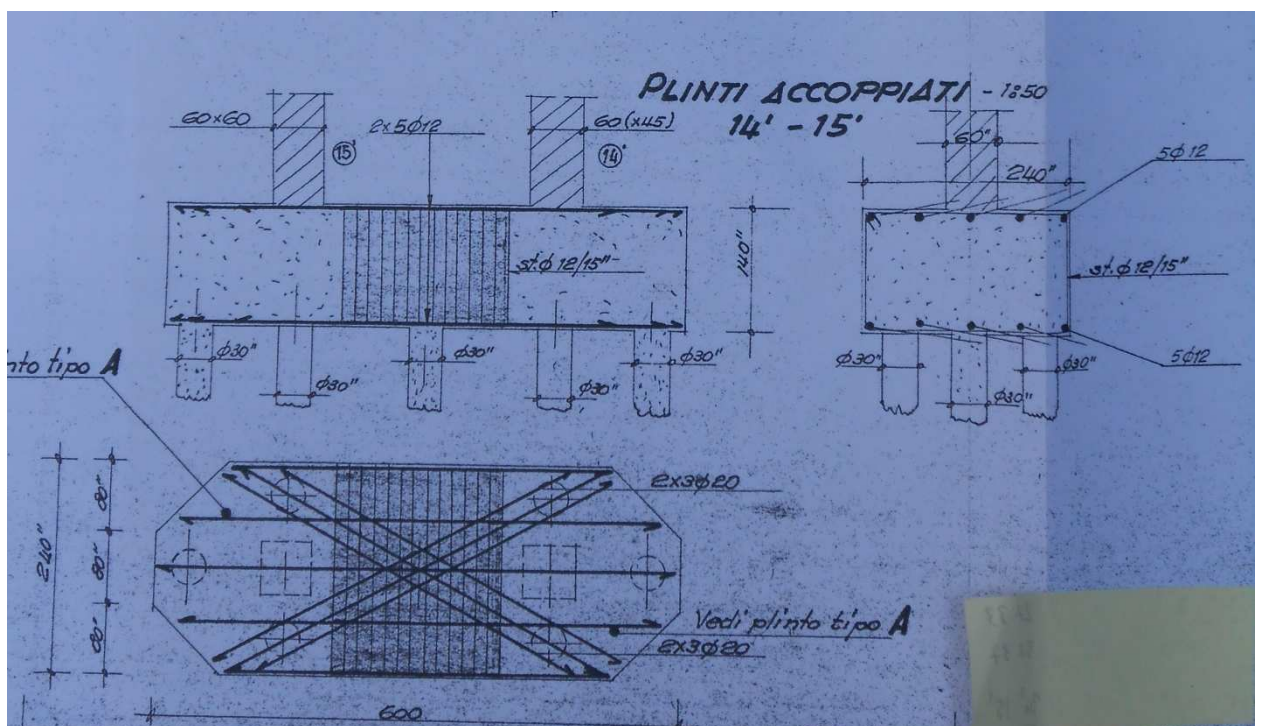
16.1. Planimetria Generale



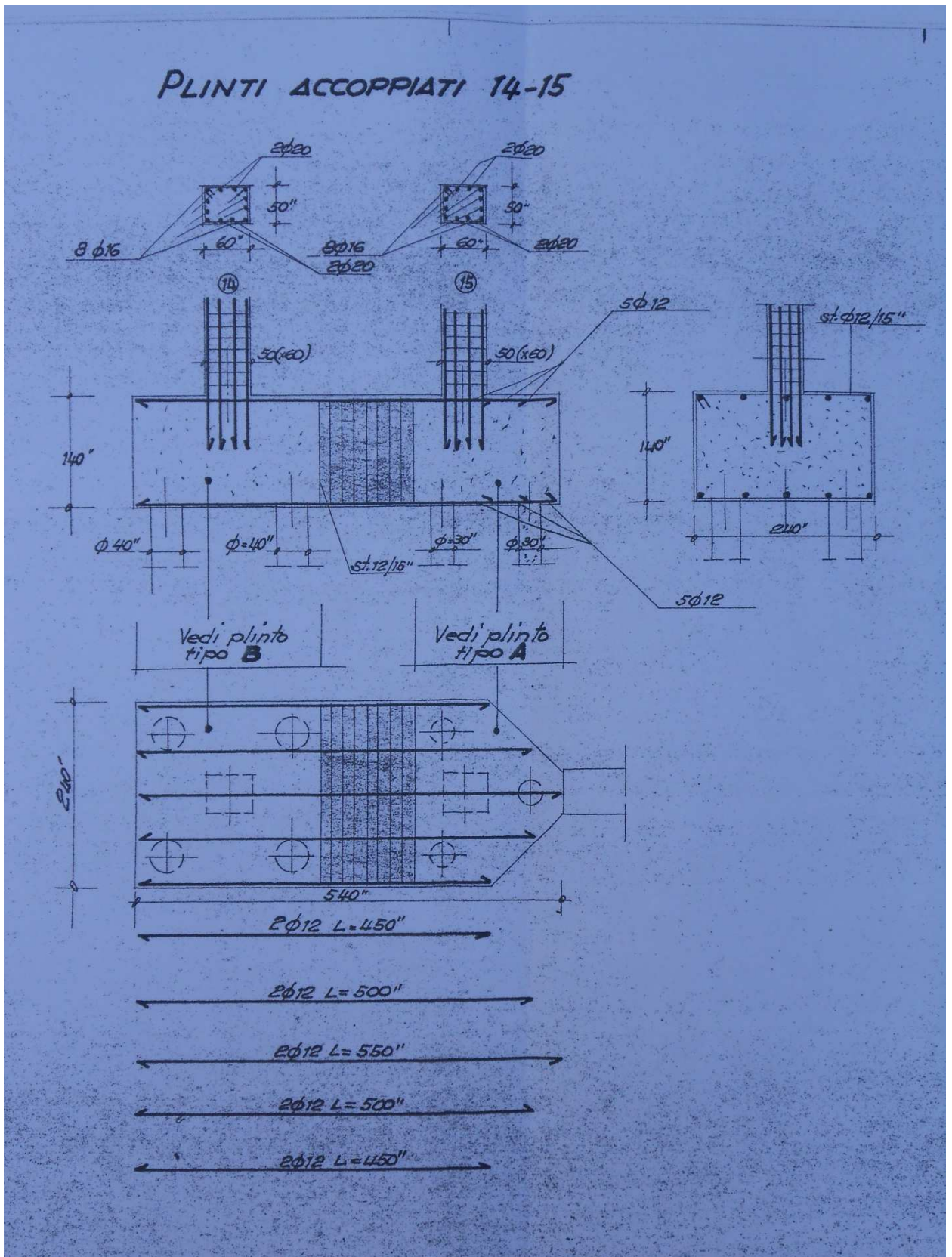
16.2. Particolare: Gruppo 27-33, 32-37



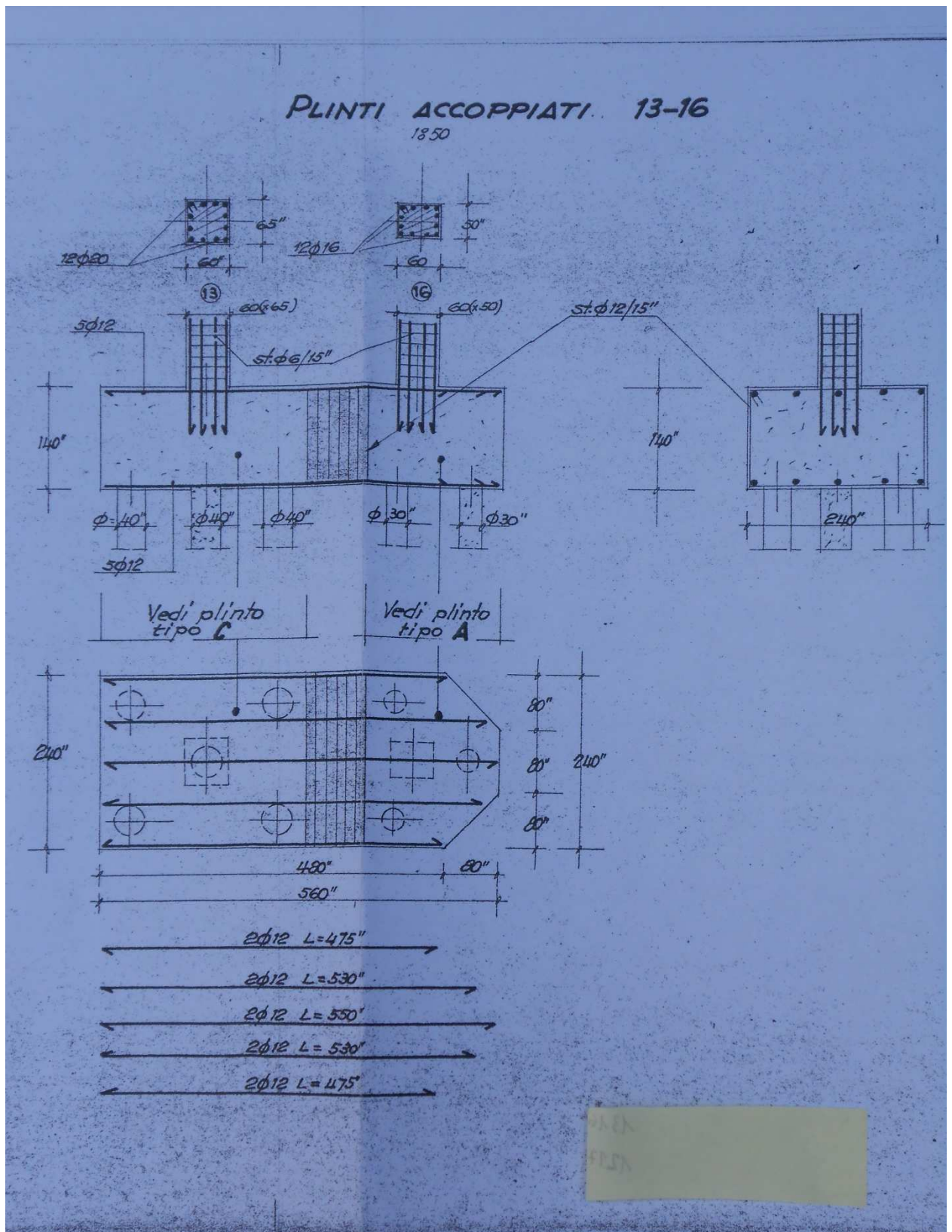
16.3. Particolare: Plinti Accoppiati 14'-15'



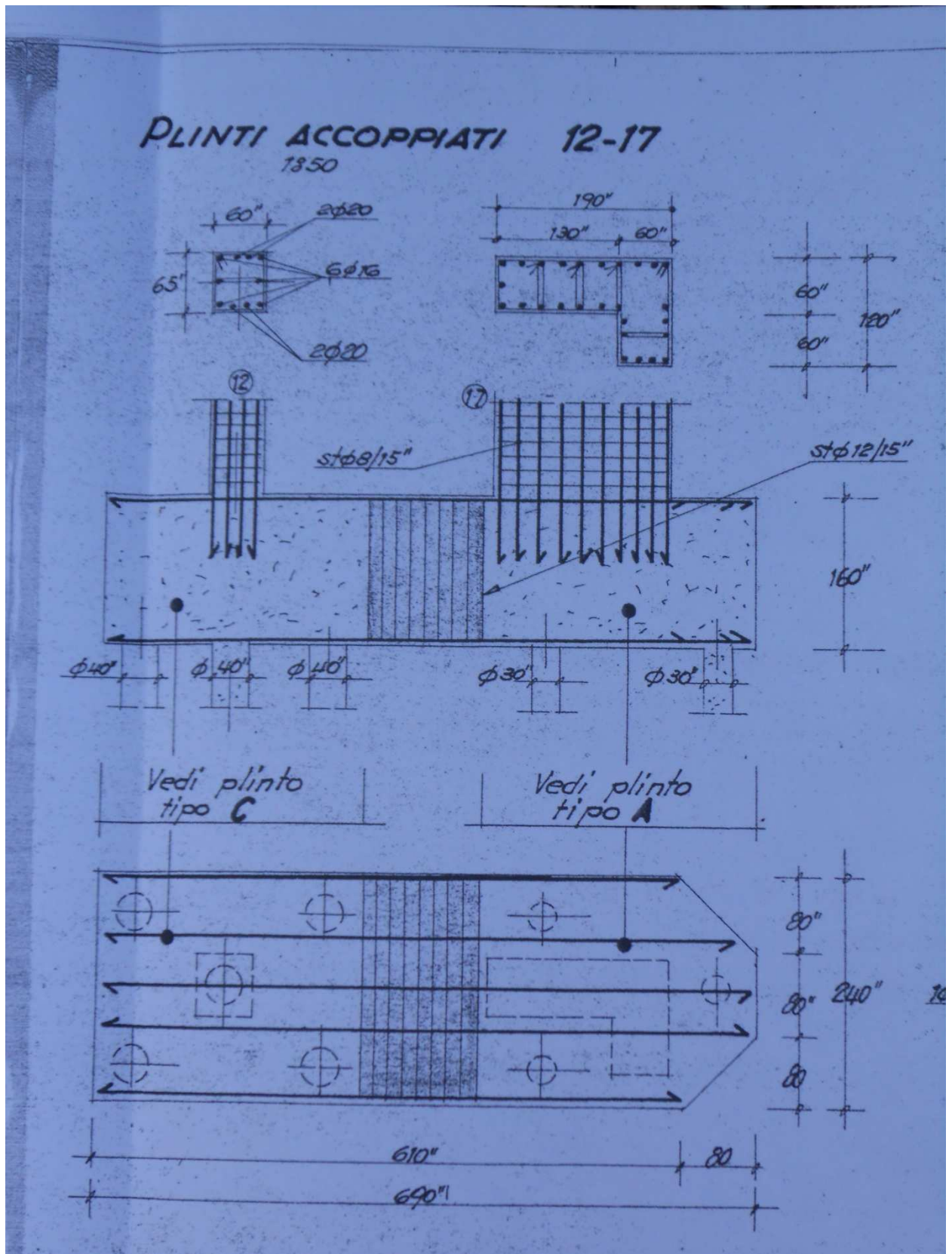
16.4. Particolare: Plinti Accoppiati 14-15



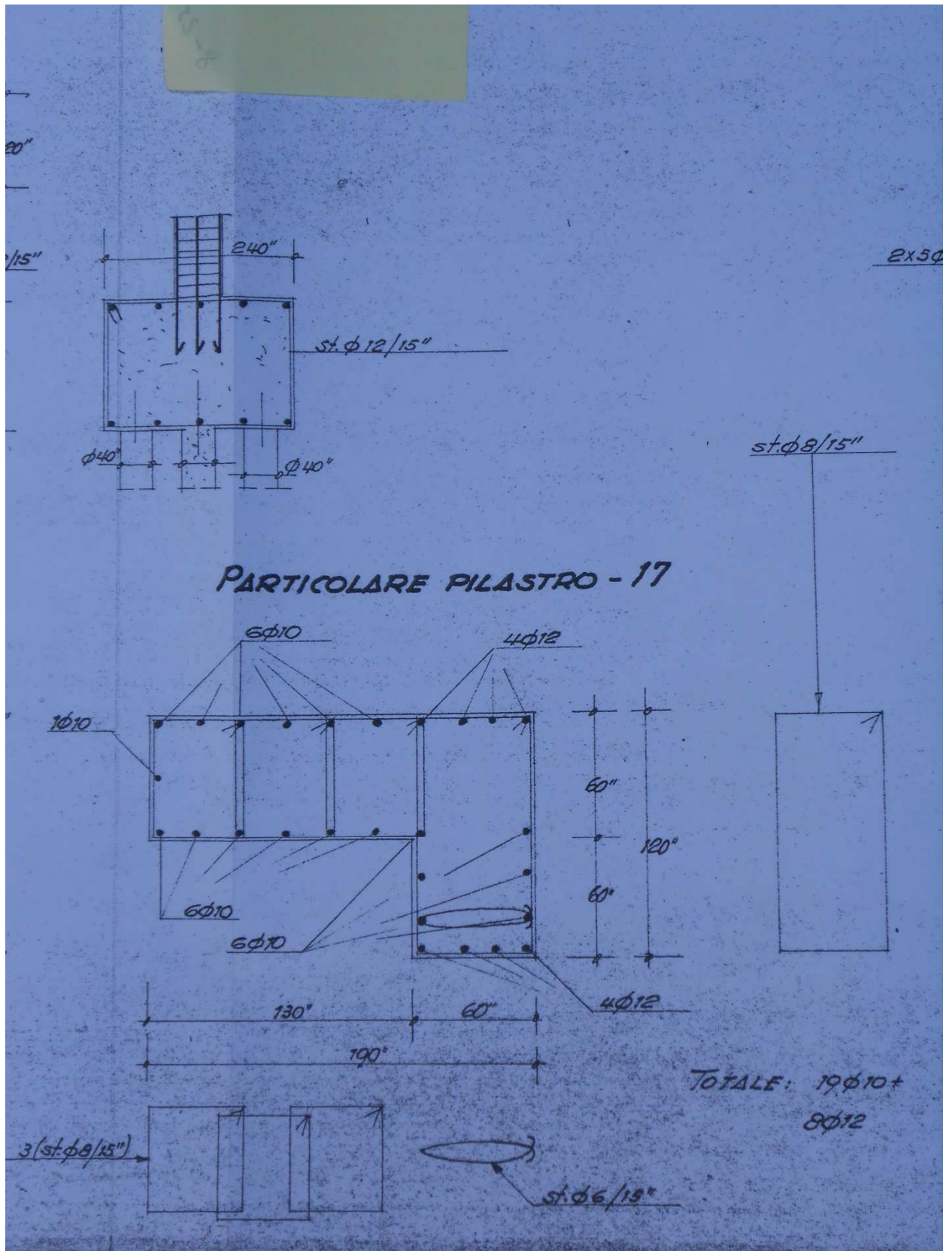
16.5. Particolare: Plinti Accoppiati 13-16



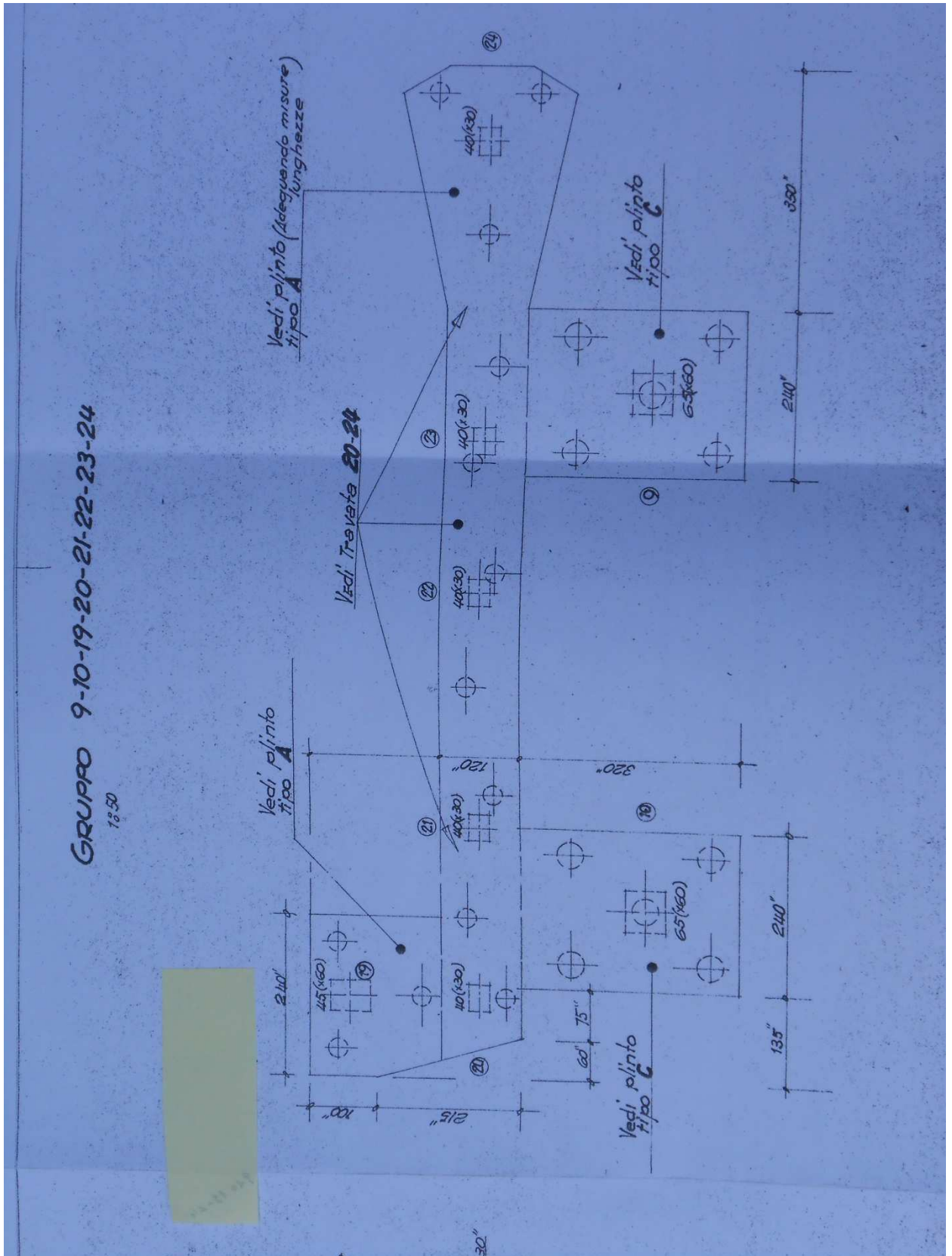
16.6. Particolare: Plinti Accoppiati 12-17



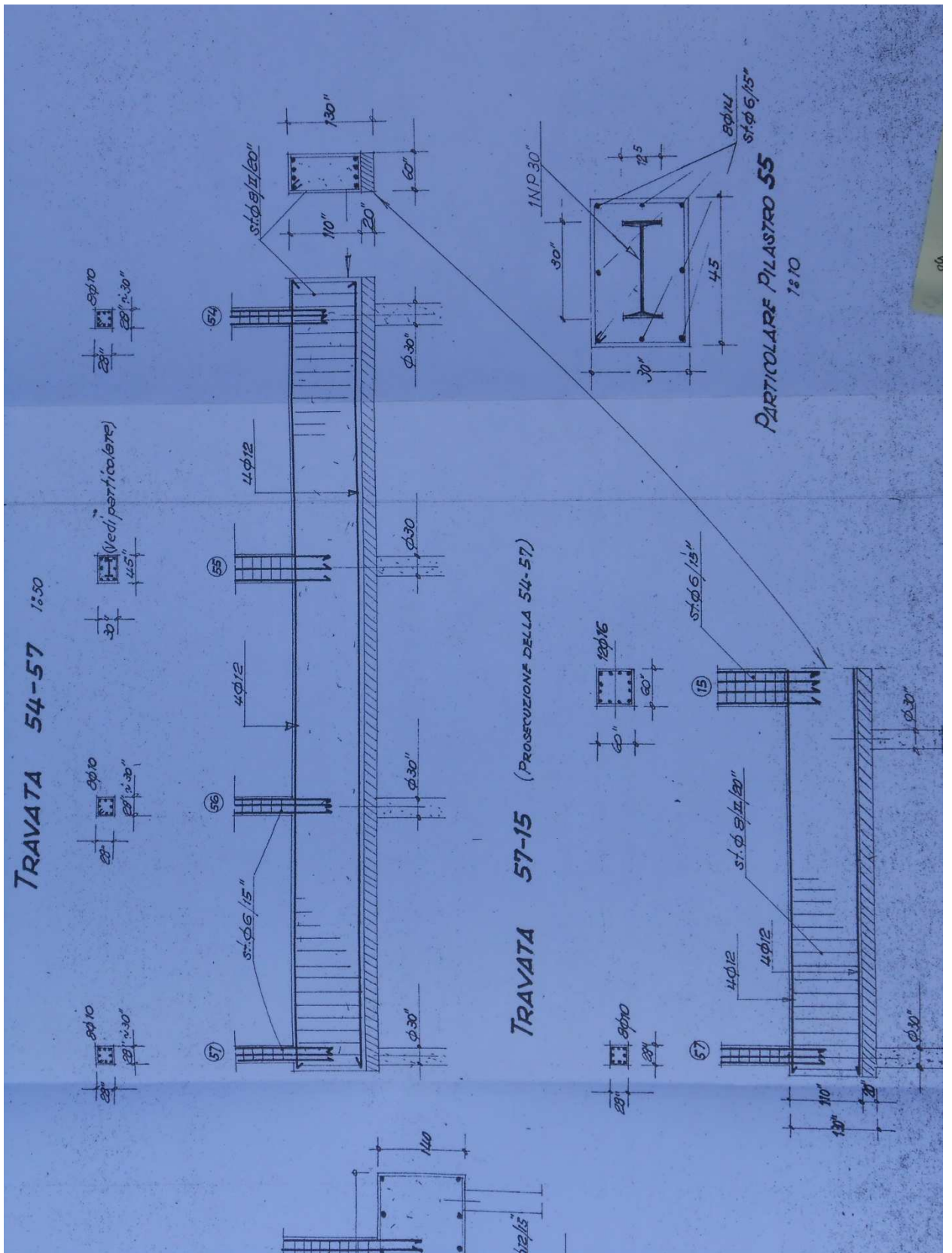
16.7. Particolare: Pilastro 17



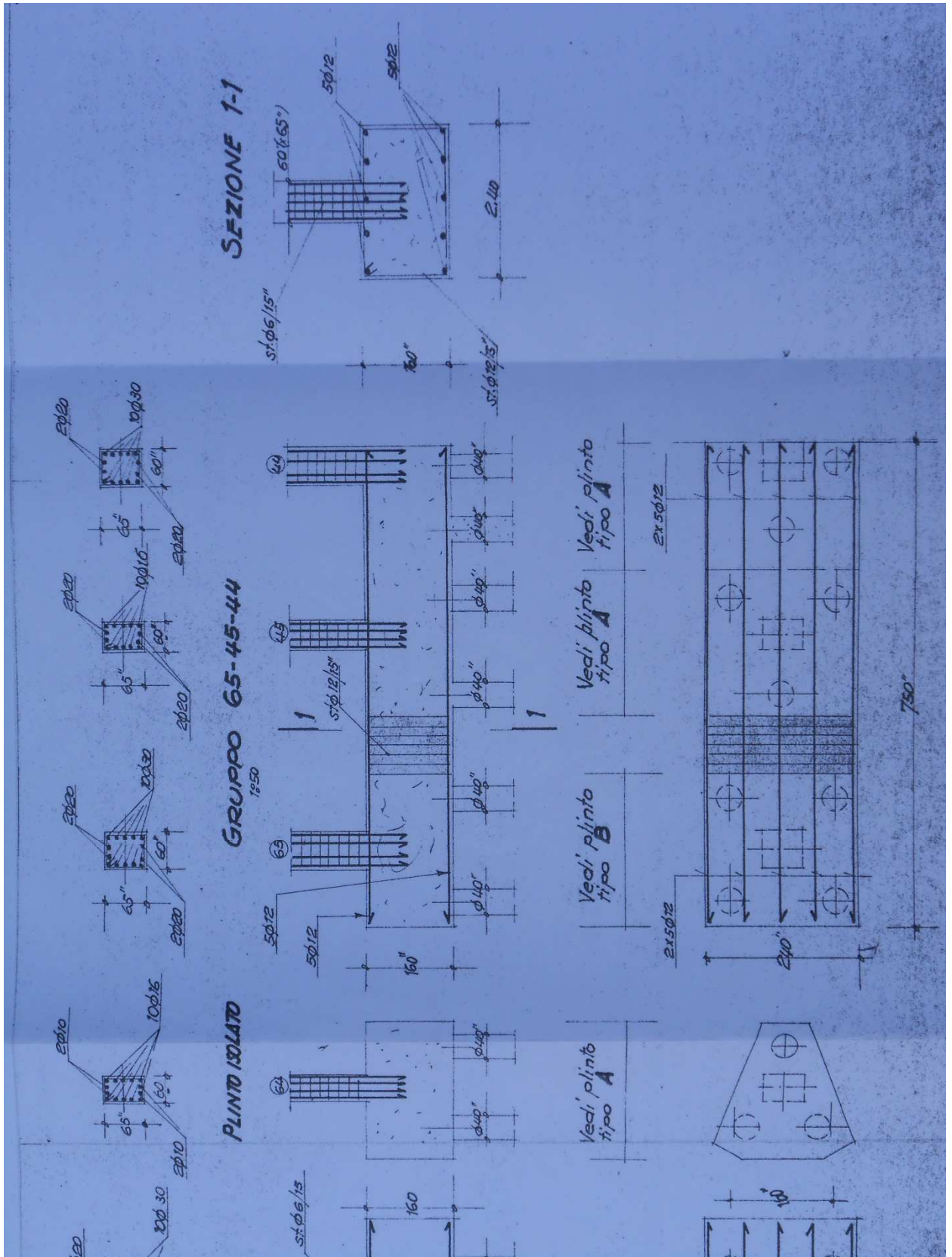
16.9. Particolare: Gruppo 9-10-19-20-21-22-23-24



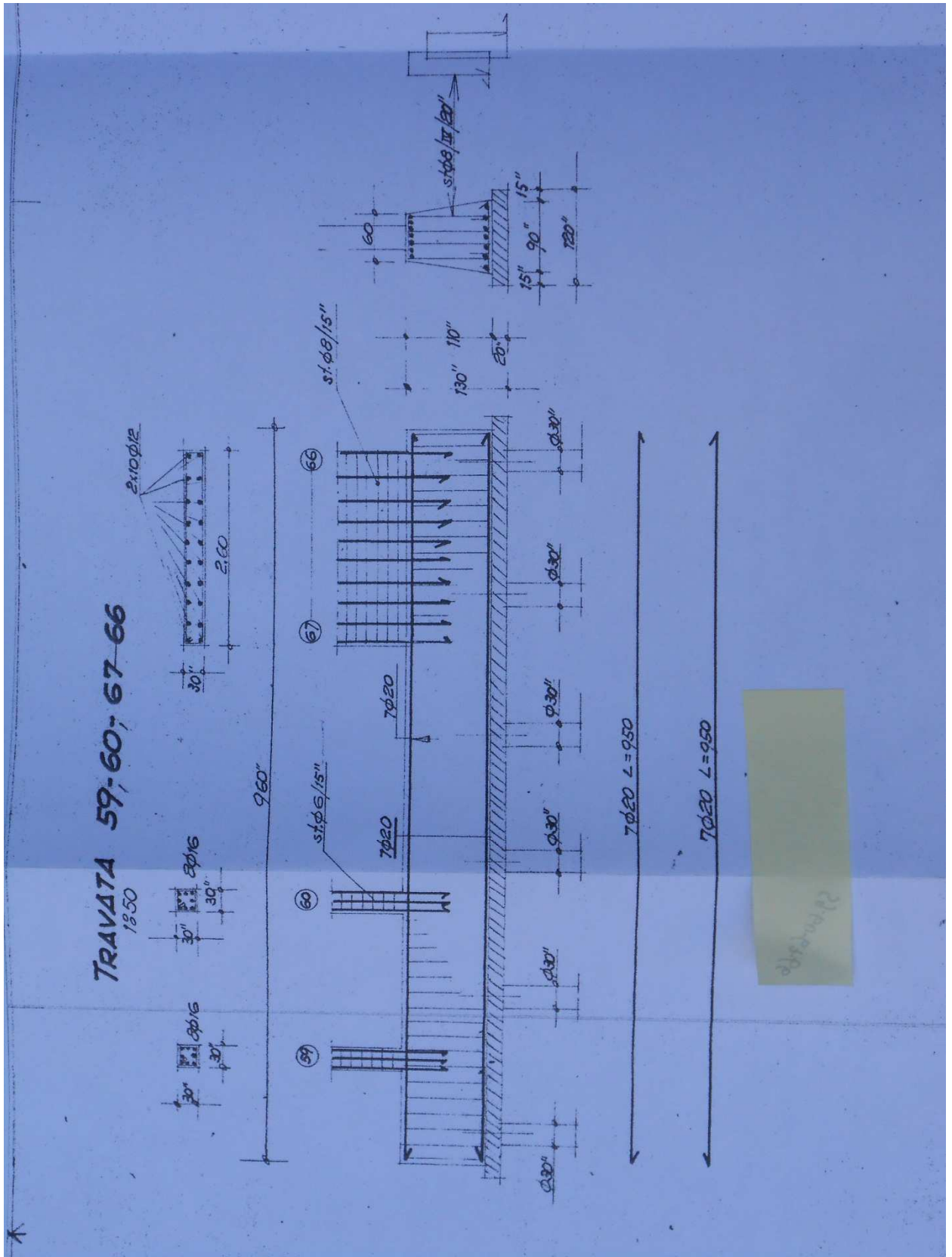
16.12. Particolare: Travata 54-57



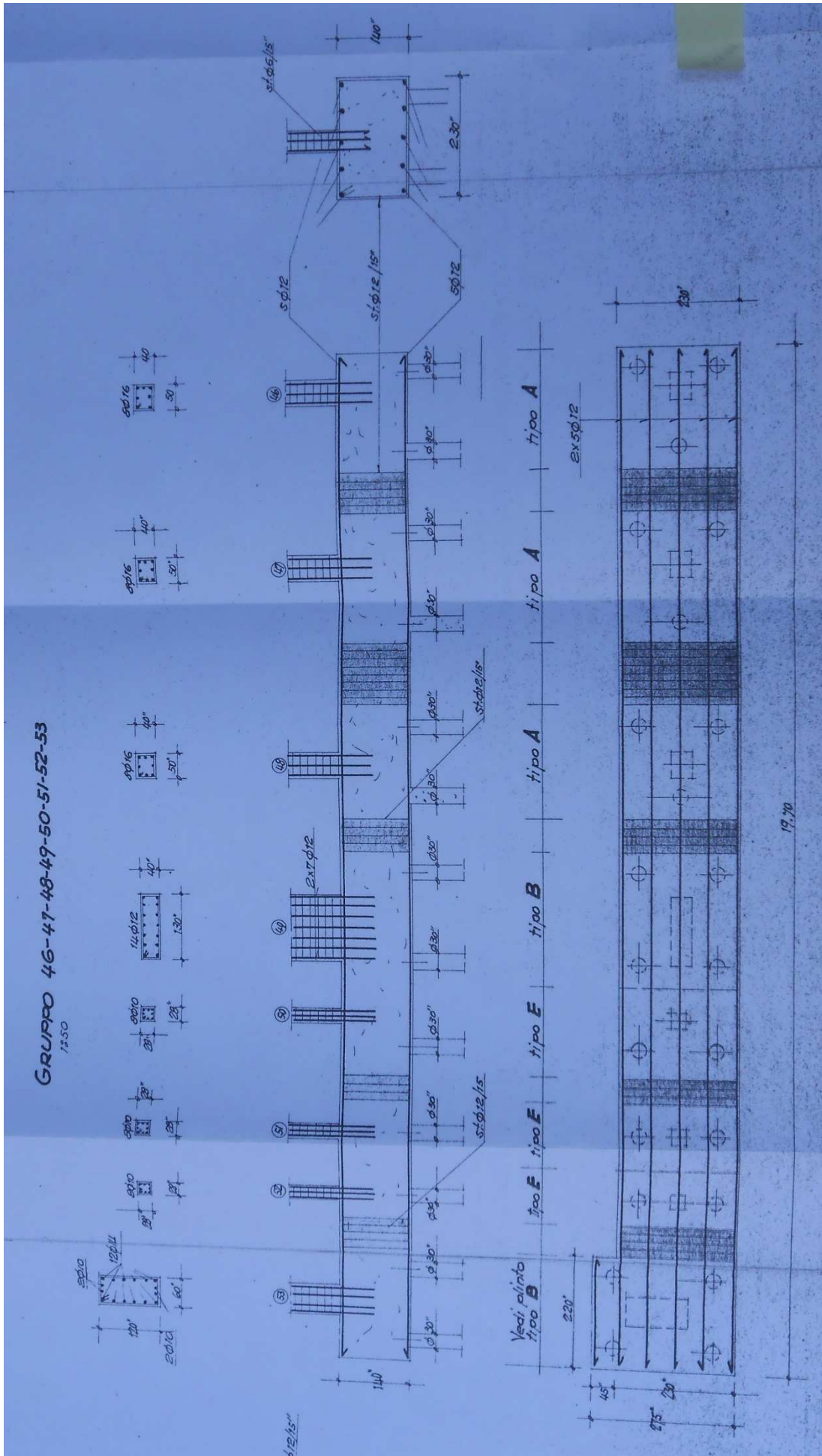
16.14.Particolare: Gruppo 65-45-44'



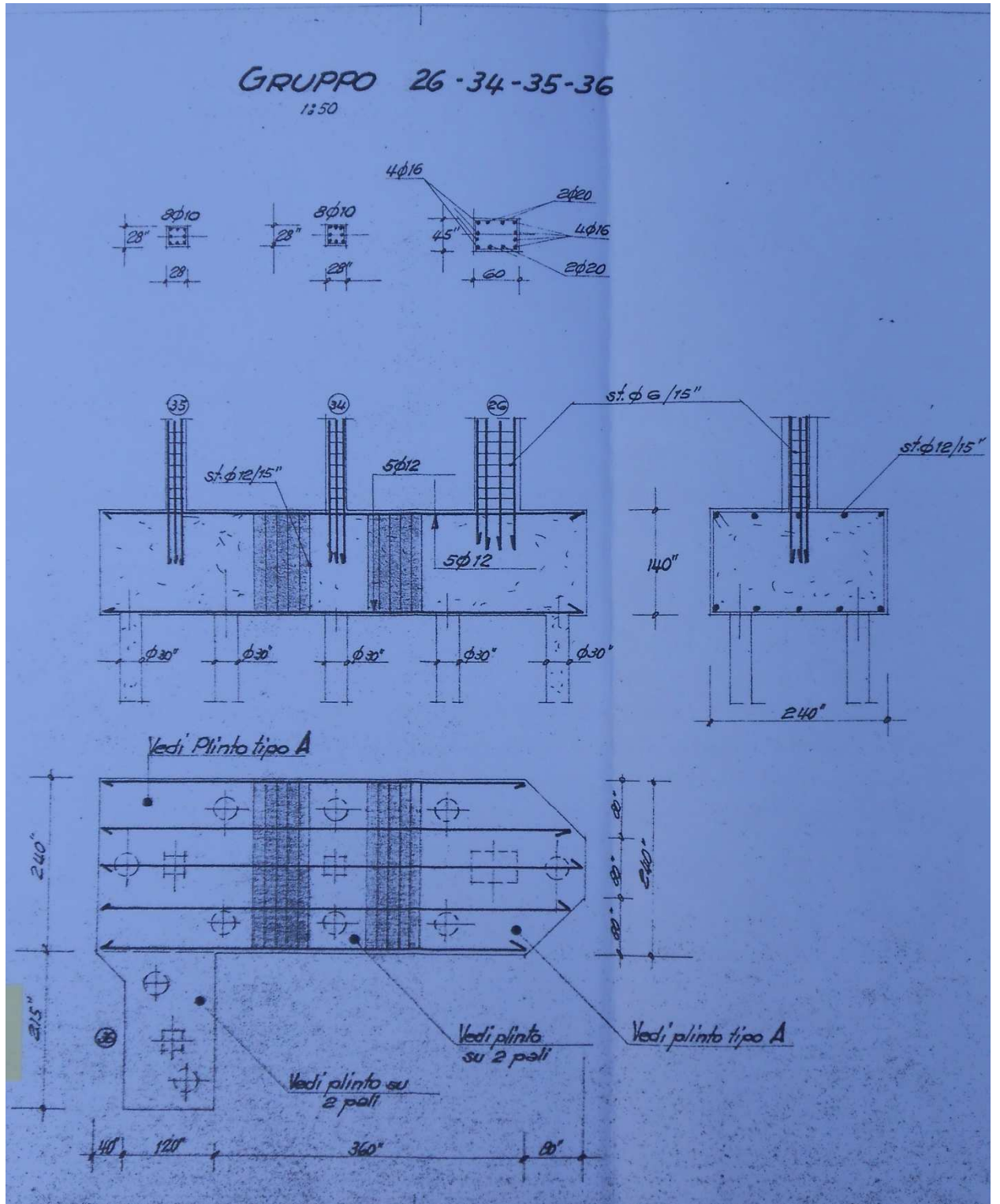
16.15.Particolare: Gruppo 59-60-67-66



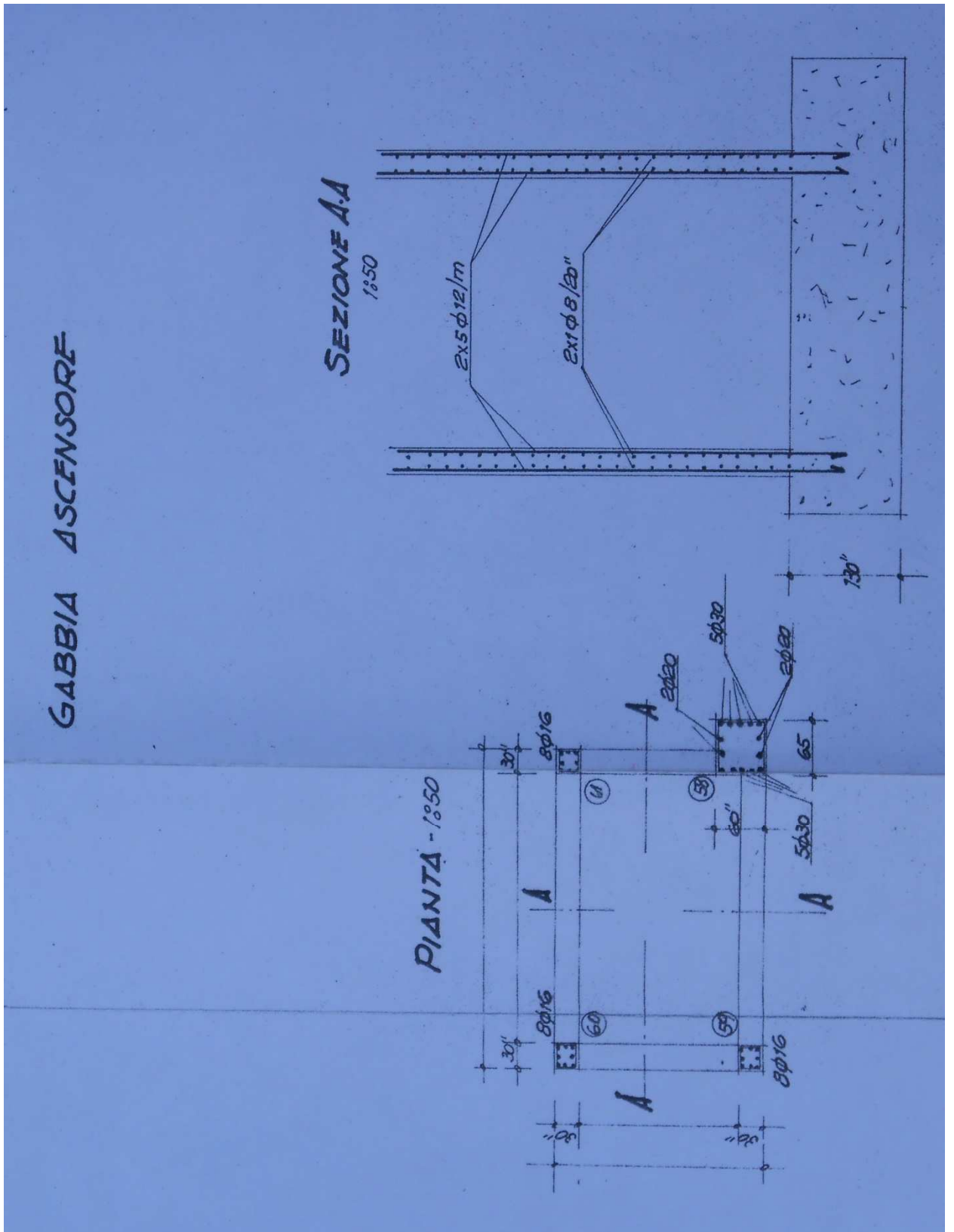
16.17.Particolare: Gruppo 46-47-48-49-50-51-52-53



16.18.Particolare: Gruppo 26-34-35-36



16.19.Particolare: Gruppo vano ascensore



SEZIONI A-B

