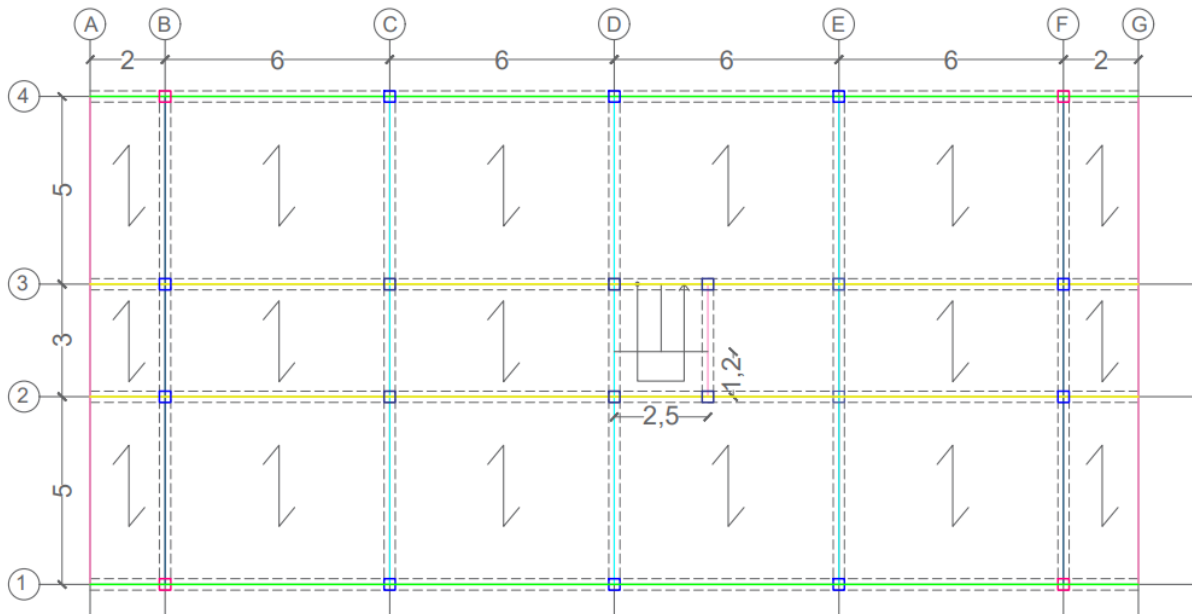
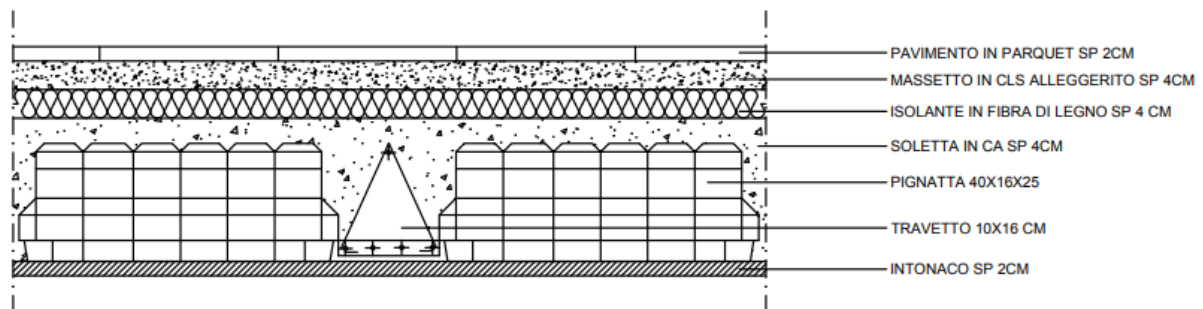


### Esercitazione 01 – Maffeo, Macrì, Gioia

Questa prima esercitazione ha come scopo il **dimensionamento di pilastri e travi di un telaio in CLS armato** (civile abitazione- zona sismica 3) di dimensioni 28x13m che si sviluppa su tre piani ciascuno alto 3m. La struttura ipotizzata ha due sbalzi di 2m su entrambi i lati e al centro è presente il vano scala.



Definiamo i **carichi del solaio**. L'edificio è composto da solaio in laterocemento.



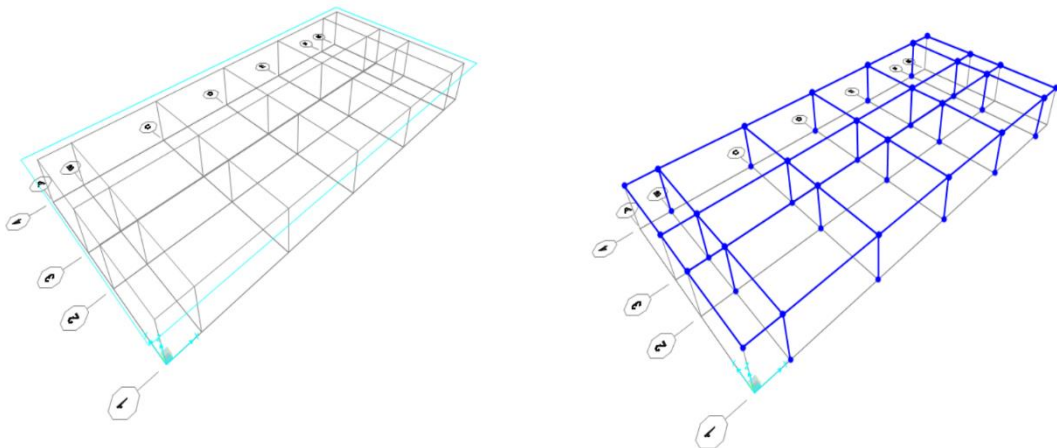
Svolgiamo l'**analisi dei carichi**:

- Pavimento in rovere: 0,25 kN/m<sup>2</sup>;
- Massetto in cls alleggerito: 0,72 kN/m<sup>2</sup>;
- Isolante in fibra di legno: 0,056 kN/m<sup>2</sup>;
- Soletta in cls armato: 1 kN/m<sup>2</sup>;
- Pignatte in laterizio: 0,7 kN/m<sup>2</sup>;
- Travetti in cls armato: 0,75 kN/m<sup>2</sup>;
- Intonaco: 0,4 kN/m<sup>2</sup>.

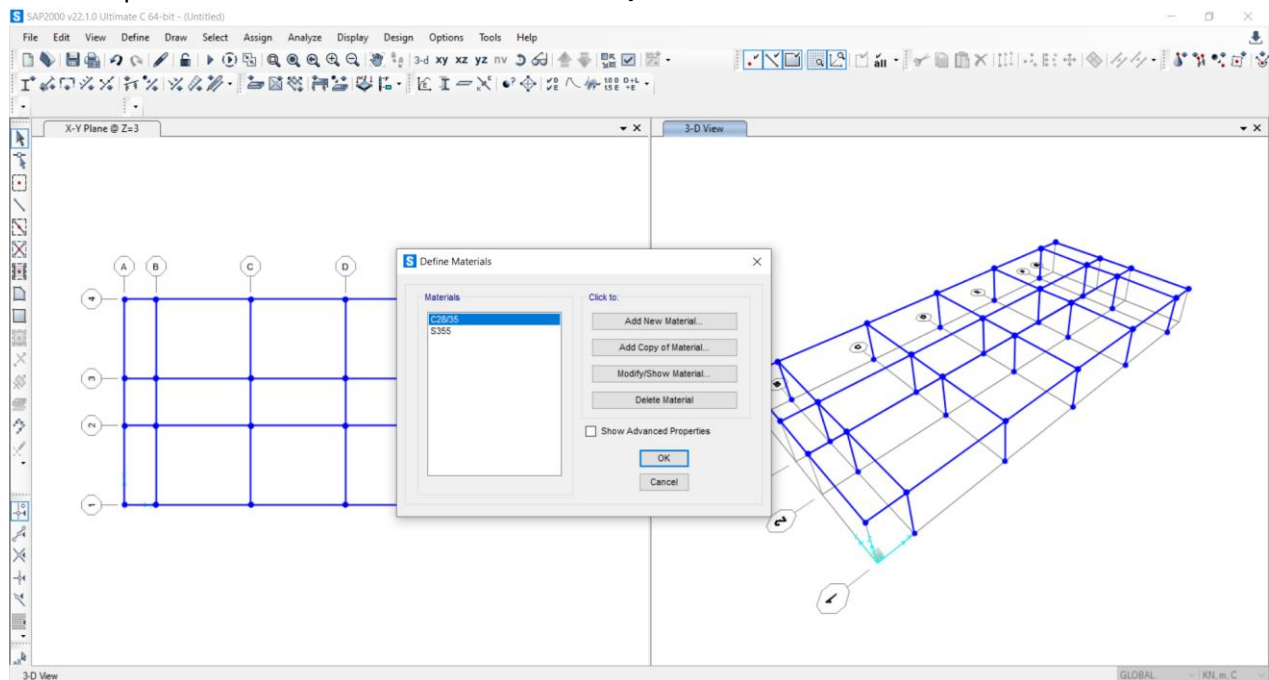
Ci calcoliamo così  $Q_s$  (carico permanente strutturale),  $Q_p$  (carico permanente non strutturale) e  $Q_a$  (carico variabile):

- $Q_s = \text{Soletta} + \text{Pignatte} + \text{Travetti} = 1 \text{ kN/m}^2 + 0,2 \text{ kN/m}^2 + 0,75 \text{ kN/m}^2 = 2,45 \text{ kN/m}^2$ ;
- $Q_p = \text{Intonaco} + \text{Isolante} + \text{Massetto} + \text{Pavimento} + \text{Muri interni} + \text{Impianti} = 0,4 \text{ kN/m}^2 + 0,056 \text{ kN/m}^2 + 0,72 \text{ kN/m}^2 + 0,25 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2 + 0,5 \text{ kN/m}^2 = 2,93 \text{ kN/m}^2$ ;
- $Q_a = \text{Destinazione d'uso} \text{ ---- civile abitazione} = 2 \text{ kN/m}^2$ .

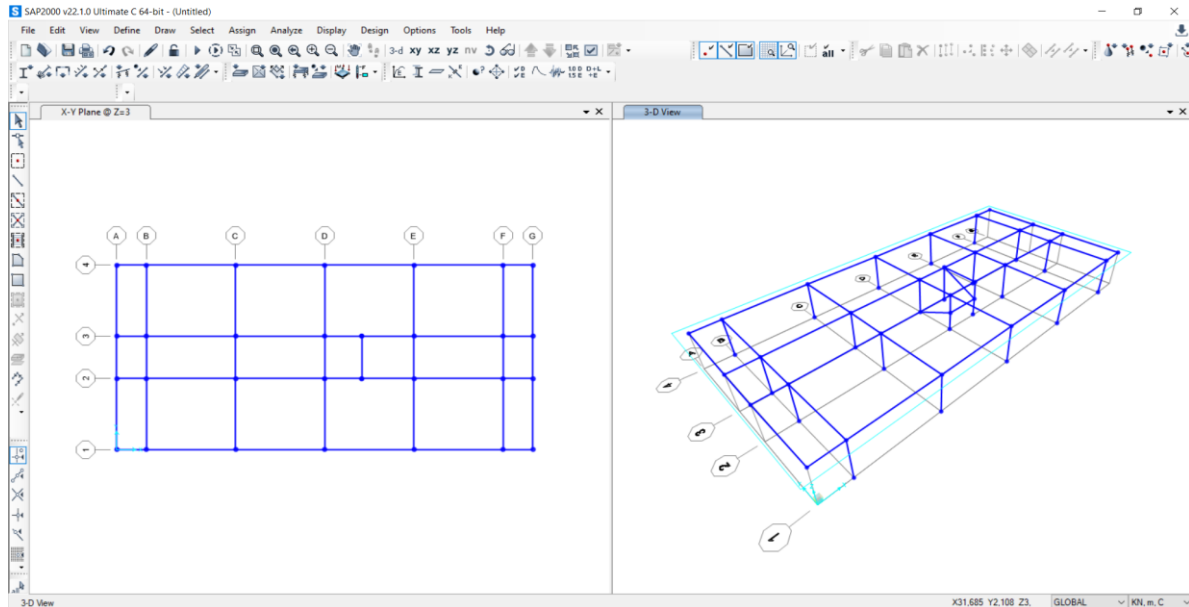
Su SAP2000 creiamo il **modello geometrico**.



Andiamo poi a definire il materiale **Calcestruzzo C28/30**.



Modelliamo anche gli **elementi del corpo scala**.



A questo punto facciamo un primo **pre-dimensionamento**. E' necessario individuare le caratteristiche di ogni singolo elemento. Questo processo consiste nell'impostare un dimensionamento di massima che dovrà essere sottoposto a verifica rispetto i valori delle sollecitazioni fornite da SAP2000. Se gli elementi non dovessero essere verificati bisognerà cambiare le caratteristiche delle sezioni.

• **Pre-dimensionamento delle travi:**

	interasse (m)	qs (KN/m <sup>2</sup> )	qp (KN/m <sup>2</sup> )	qa (KN/m <sup>2</sup> )	q (KN/m)	luce (m)	M (KN/m)	lyk (N/mm <sup>2</sup> )	lyd (N/mm <sup>2</sup> )	lck (N/mm <sup>2</sup> )	lcd (N/mm <sup>2</sup> )	beta	r	b (cm)	hu (cm)	delta (cm)	Hmin (cm)	H (cm)	H/I	area (m <sup>2</sup> )	peso unitario (KN/m)
Trave Principale Centrale	4	2,45	2,93	2,00	42,32	6	190,44	450	391,30	28	15,87	0,38	2,46	30	49,20	5	54,20	60,00	0,090	0,16	4,07
Trave Principale Perimetrale	2,5	2,45	2,93	2,00	26,45	6	119,025	450	391,30	28	15,87	0,38	2,46	30	38,90	5	43,90	50,00	0,073	0,13	3,29
Trave Secondaria Centrale	0,5	2,45	2,93	2,00	5,29	5	16,53125	450	391,30	28	15,87	0,38	2,46	30	14,50	5	19,50	40,00	0,039	0,06	1,46
Trave Secondaria Perimetrale	0,25	2,45	2,93	2,00	2,645	5	8,265625	450	391,30	28	15,87	0,38	2,46	30	10,25	5	15,25	40,00	0,031	0,05	1,14

Otteniamo così:

- Trave Principale Centrale: 60x30 cm;
- Trave Principale Perimetrale: 50x30 cm;
- Trave Secondaria Centrale: 40x30 cm;
- Trave Secondaria Perimetrale: 40x30 cm.

• **Pre-dimensionamento dei pilastri:**

	Lx (m)	Ly (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Trava (KN/m)	trava (KN/m)	qmax (kN)	qx (KN/m)	qy (KN/m)	qz (KN/m)	qmax (kN)	N (kN)	Fcx (Mpa)	Fcy (Mpa)	Fcd (Mpa)	Amin (cm <sup>2</sup> )	Bmin (cm)	E (Mpa)	β	r	A <sup>2</sup>	pmin (cm)	Bmax (cm)	b (cm)	Bmin (cm)	h (cm)	Amax (cm <sup>2</sup> )	
Pilastro Centrale PT	6,00	4,00	24,00	4,50	3,00	50,70	2,45	2,93	2,00	253,92	3	914	28,0	15,9	7,9	1161,9	33,9	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	38,40	60,00	1500
Pilastro Centrale P1	6,00	4,00	24,00	4,50	3,00	50,70	2,45	2,93	2,00	253,92	2	609	28,0	15,9	7,9	795,9	27,7	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	25,60	45,00	1200
Pilastro Centrale P2	6,00	4,00	24,00	4,50	3,00	50,70	2,45	2,93	2,00	253,92	1	305	28,0	15,9	7,9	384,0	19,6	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	12,80	30,00	900
Pilastro Perimetrale PT	6,00	2,50	15,00	3,75	3,00	39,00	2,45	2,93	2,00	158,70	3	593	28,0	15,9	7,9	747,6	27,3	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	24,00	40,00	1200
Pilastro Perimetrale P1	6,00	2,50	15,00	3,75	3,00	39,00	2,45	2,93	2,00	158,70	2	395	28,0	15,9	7,9	498,4	22,3	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	16,61	30,00	900
Pilastro Perimetrale P2	6,00	2,50	15,00	3,75	3,00	39,00	2,45	2,93	2,00	158,70	1	198	28,0	15,9	7,9	249,2	11,6	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	8,31	30,00	900
Pilastro Spigolo PT	4,00	2,50	10,00	3,75	3,00	29,25	2,45	2,93	2,00	106,80	3	457	28,0	15,9	7,9	510,7	22,6	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	17,02	30,00	900
Pilastro Spigolo P1	4,00	2,50	10,00	3,75	3,00	29,25	2,45	2,93	2,00	106,80	2	270	28,0	15,9	7,9	340,5	16,6	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	11,35	30,00	900
Pilastro Spigolo P2	4,00	2,50	10,00	3,75	3,00	29,25	2,45	2,93	2,00	106,80	1	135	28,0	15,9	7,9	170,2	8,3	32908	1,00	3,50	141,76	2,47	8,55	30,00	5,67	30,00	900

Otteniamo così:

- Pilastro Centrale PT: 50x30 cm;
- Pilastro Perimetrale PT: 40x30 cm;
- Pilastro Spigolo PT: 30x30 cm.
- Pilastro Centrale P1: 40x30 cm;
- Pilastro Perimetrale P1: 30x30 cm;
- Pilastro Spigolo P1: 30x30 cm.
- Pilastro Centrale P2: 30x30 cm;
- Pilastro Perimetrale P2: 30x30 cm;
- Pilastro Spigolo P2: 30x30 cm.

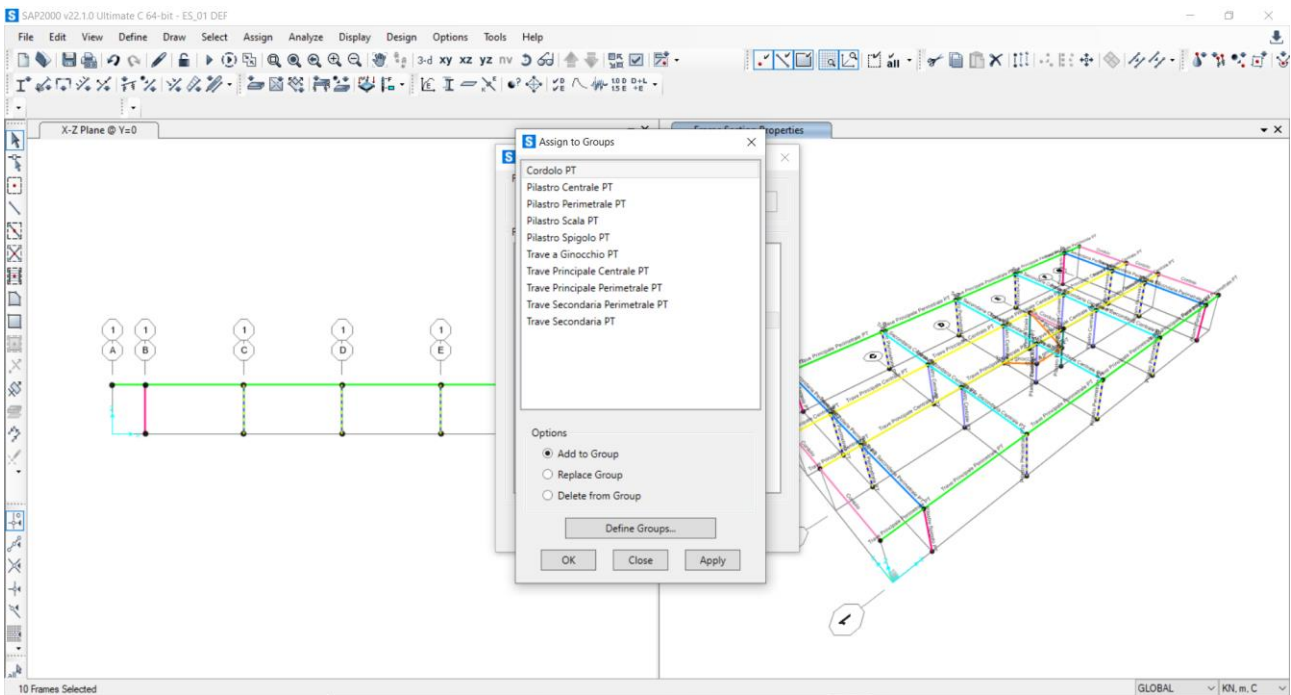
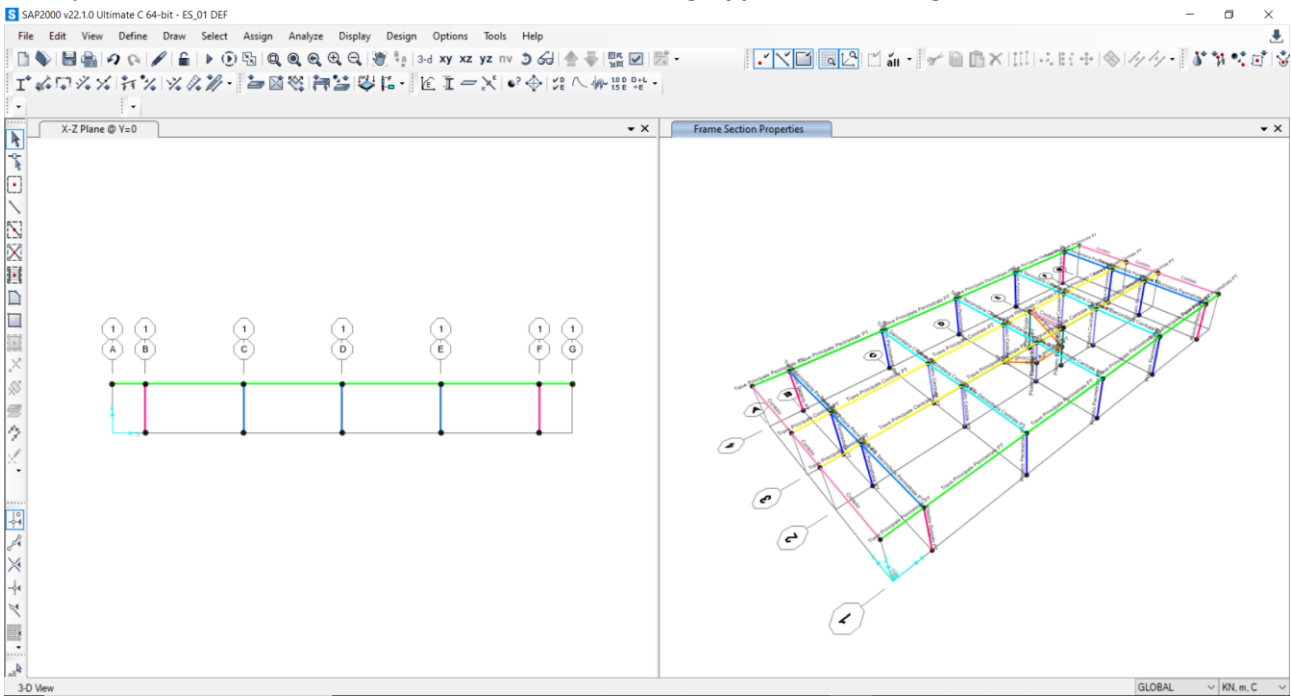
- **Pre-dimensionamento delle mensole:**

	Interasse (m)	qs (kN/m2)	qps (kN/m2)	qa (kN/m2)	qu (kN/m)	luce (m)	Mmax (kN/m)	Vyk (N/mm2)	fyd (N/mm2)	fck (N/mm2)	fcd (N/mm2)	beta	r	b (cm)	hu (cm)	delta (cm)	Hmin (cm)	l1 (cm)	area (m2)	peso (kN/m)	q (kN/m)	E (N/mm2)	Ix (cm4)	vmax (cm)	Ivmax
Mensola	4	2.45	2.93	2.00	42.32	2	84.64	450	391.30	28	16.00	0.38	2.45	30	32.59	5	37.59	40	0.12	3.00	32.52	21000	160000	0.19	1033.21

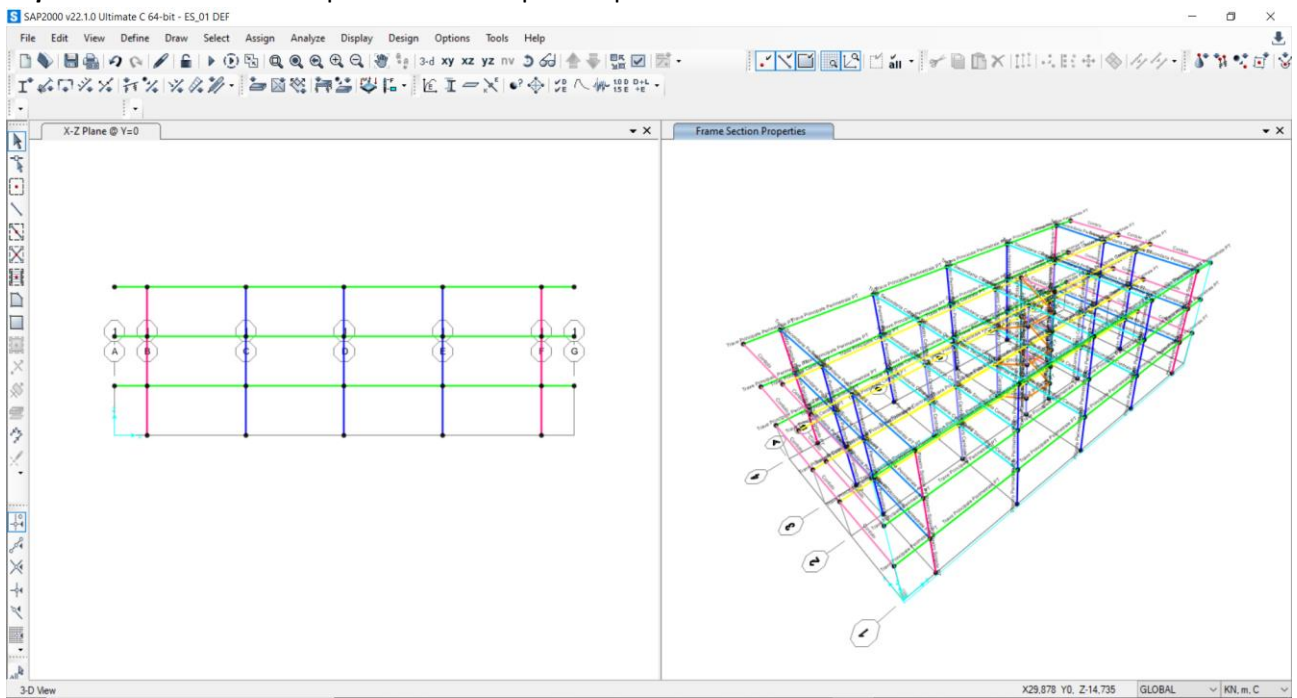
Otteniamo così:

- Mensola: 40x30 cm.

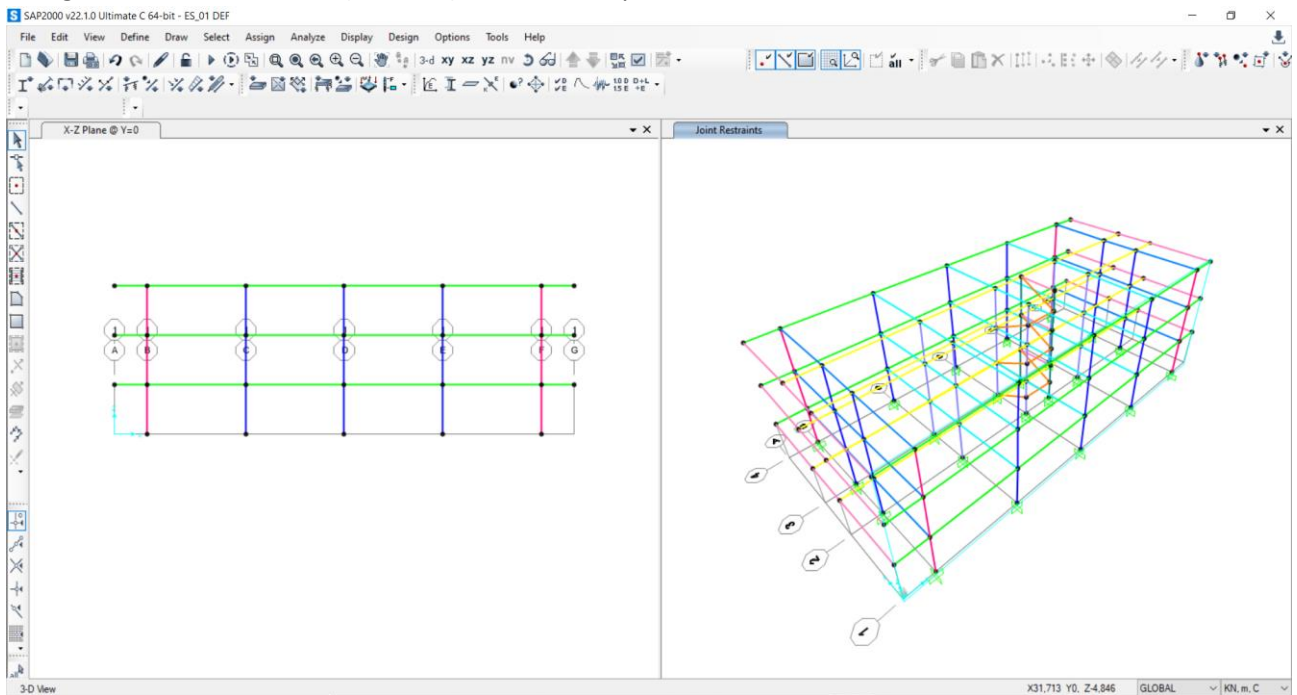
Ora riportiamo tutte le **sezioni** su SAP2000 e creiamo dei **gruppi** a seconda degli elementi.



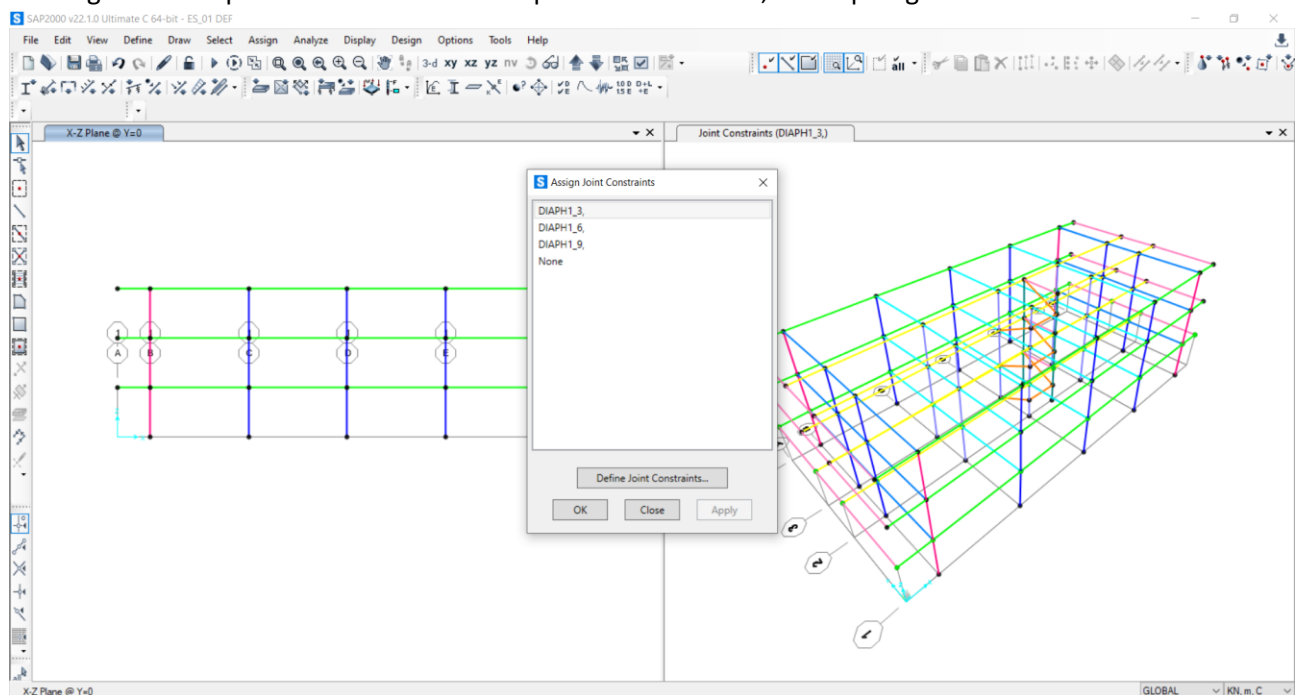
**Replichiamo** il Piano Terra per creare i due piani superiori.



Assegniamo i **vincoli esterni (incastro)** alla base dei pilastri.



Successivamente selezioniamo tutte le travi di ogni impalcato e assegno il **vincolo interno (Diaphragm)** per dare rigidità all'impalcato. Ovvero simulo la presenza del solaio; un corpo rigido tra le travi.



Ora ci calcoliamo i **carichi lineari distribuiti  $Q_a$ ,  $Q_p$ ,  $Q_s$**  e li assegniamo alle travi principali essendo quelle che trasmettono i carichi ai pilastri.

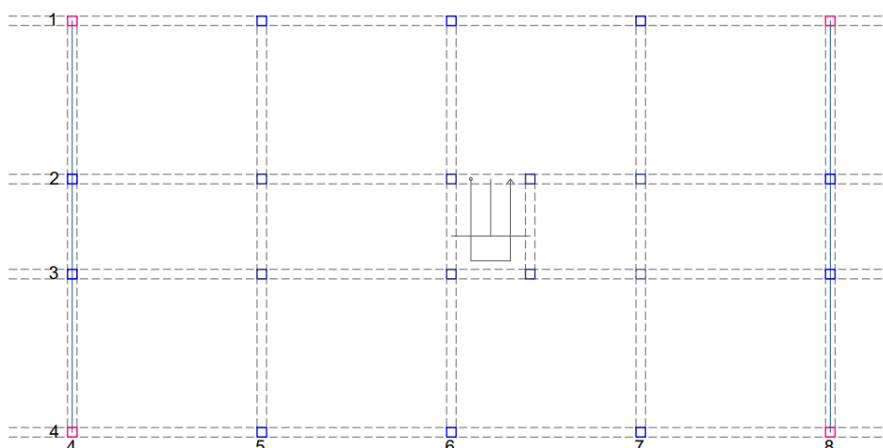
- **Travi Principali Centrali:**

- $Q_s = q_s \times i = 2,45 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 9,8 \text{ kN/m}$ ;
- $Q_p = q_p \times i = 2,93 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 11,72 \text{ kN/m}$ ;
- $Q_a = q_a \times i = 2 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 8 \text{ kN/m}$ .

- **Travi Principali perimetrali:**

- $Q_s = q_s \times i = 2,45 \text{ kN/m}^2 \times 2,5\text{m} = 6,12 \text{ kN/m}$ ;
- $Q_p = q_p \times i = 2,93 \text{ kN/m}^2 \times 2,5\text{m} = 7,32 \text{ kN/m}$ ;
- $Q_a = q_a \times i = 2 \text{ kN/m}^2 \times 2,5\text{m} = 5 \text{ kN/m}$ .

Definiamo in seguito il **carico vento** su ciascun pilastro in direzione "X" (VENTOx) e in direzione "Y" (VENTOy).





- **VENTOx**

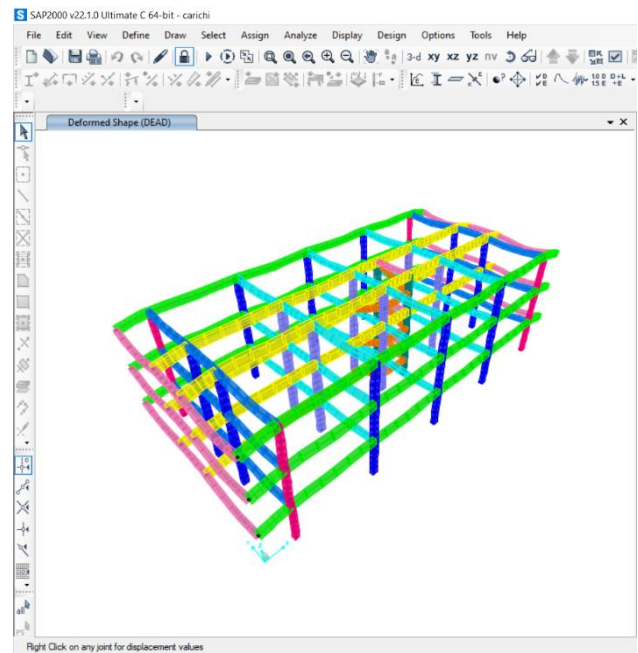
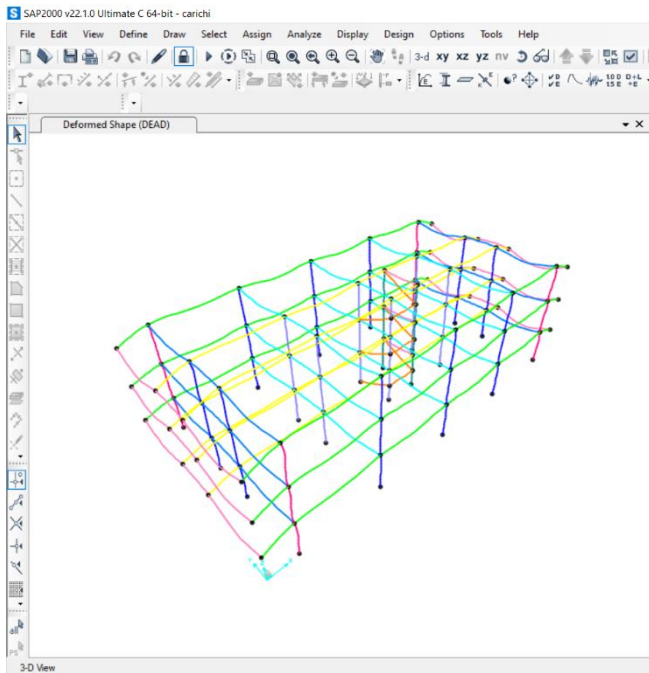
- $P_{i1} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 2,5\text{m} = 1,25 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i2} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 2 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i3} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 2 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i4} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 2,5\text{m} = 1,25 \text{ kN/M}$ .

- **VENTOy**

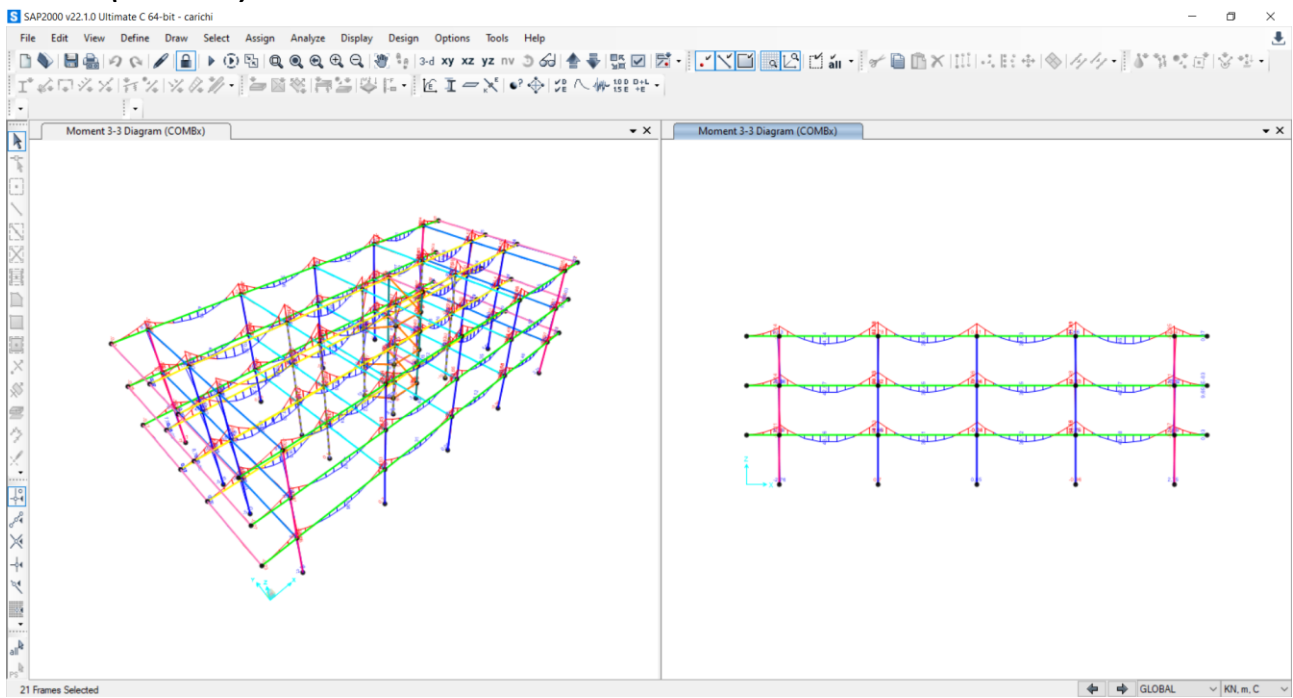
- $P_{i4} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 2 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i5} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 6\text{m} = 3 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i6} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 6\text{m} = 3 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i7} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 6\text{m} = 3 \text{ kN/m}$ .
- $P_{i8} = q \times i = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m} = 2 \text{ kN/m}$ .

Una volta definito i carichi sulle travi e sui pilastri possiamo creare **due combinazione di carico (SLU)**:

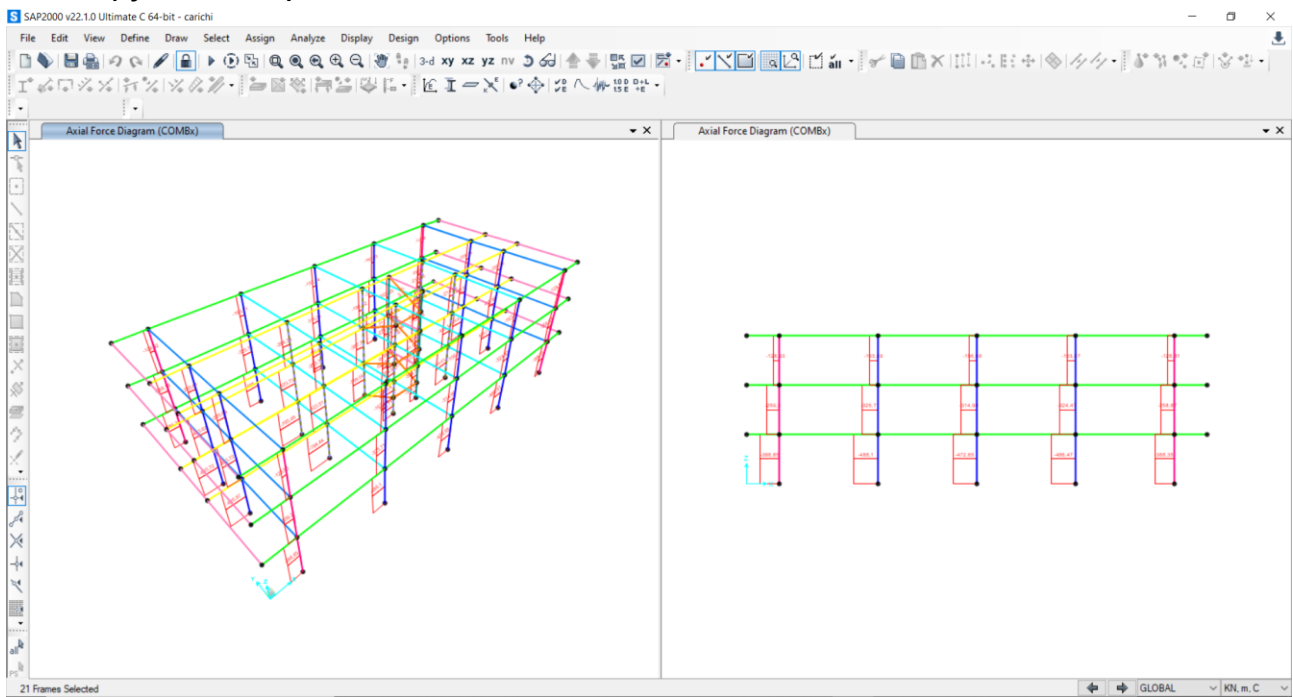
- $COMB_x = q_s \times 1,3 + q_p \times 1,5 + q_a \times 1,5 + VENTO_x$
- $COMB_y = q_s \times 1,3 + q_p \times 1,5 + q_a \times 1,5 + VENTO_y$



### COMBix (Momento):

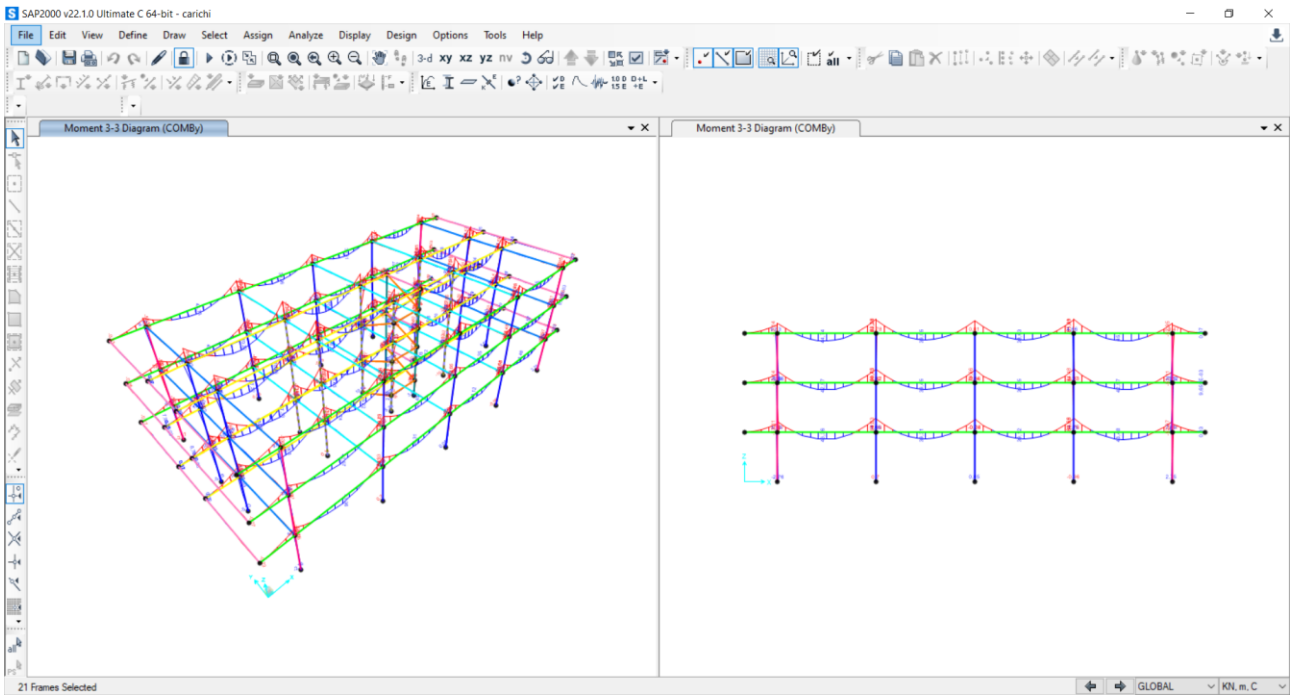


### COMBix (Sforzo Assiale):

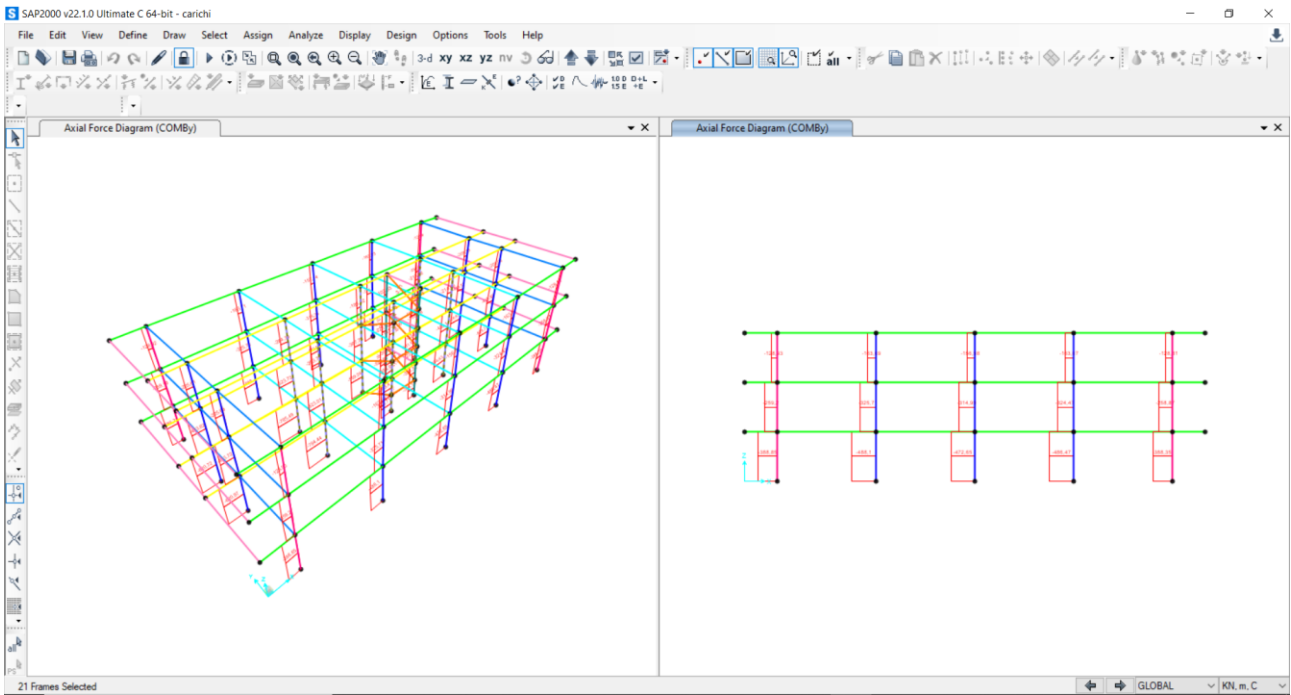




## COMBy (Momento)



## COMBy (Sforzo assiale)



Successivamente **esportiamo le Tabelle** che ci serviranno poi per fare la verifica dei pilastri e delle travi. Seleziono elemento per elemento e avviato l'analisi, andiamo su "Display"—"Show Tables"—"Analysis Results"—"Ok"—"Element Forces/Frames"—"File"—"Export Current Table"—"To Excel". Di seguito I valori degli elementi più sollecitati.

- **Pilastri Piano Terra ( C=centrali, P=perimetrali, S=spigolo):**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Tipo	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	TIPO	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
64	S	3	COMBx	Combination	-388,348	2,807	-0,128	0,0035	0,2521	-5,6734	64-1	3
65	P	3	COMBx	Combination	-628,769	5,926	-0,107	0,0059	0,2069	-12,0869	65-1	3
56	C	3	COMBx	Combination	-559,036	11,174	0,029	0,0086	-0,1353	-23,0012	56-1	3

- **Pilastri Primo Piano ( C=centrali, P=perimetrali, S=spigolo):**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Tipo	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	TIPO	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
138	S	0	COMBx	Combination	-258,868	4,939	-0,316	0,0016	-0,4401	7,6946	138-1	0
137	P	0	COMBx	Combination	-418,969	10,055	0,235	0,0027	0,3197	15,9408	137-1	0
130	C	0	COMBx	Combination	-367,757	21,646	0,102	0,004	0,2363	32,7513	130-1	0

- **Pilastri Secondo Piano ( C=centrali, P=perimetrali, S=spigolo):**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	Tipo	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	TIPO	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
153	0	S	COMBx	Combination	-128,926	6,062	-0,516	-0,0009854	-0,8701	9,8282	153-1	0
210	3	P	COMBx	Combination	-209,132	12,597	0,355	-0,0017	-0,5741	-21,1421	210-1	3
203	3	C	COMBx	Combination	-185,917	26,84	-0,105	-0,0024	0,2157	0	203-1	3

- **Trave Principale:**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	
165	6	COMBx	Combination	0	132,521	0	0,0152	2,984E-17	-136,8068	165-1	6	

- **Trave Secondaria:**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	
89	0	COMBx	Combination	0	0,647	-7,806E-18	0,0422	-2,22E-17	1,6429	89-1	0	

- **Mensola:**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	
106	0	COMBx	Combination	0	0,446	-7,806E-18	0,1371	-2,22E-17	1,1652	106-1	0	

Infine dobbiamo **verificare i pilastri a pressoflessione e le travi a flessione**. E' risultato per ciascun elemento la tensione max ( $\sigma_{max}$ ) è minore della tensione di progetto ( $f_{cd}$ ). Quindi sia i pilastri, le travi e le mensole risultano essere verificate.

- **Verifica Pilastri:**

Pressoflessione in casi di piccola eccentricità: $e=M/N \leq h/6$															
Tipo	$f_{ck}$	$f_{cd}$	b	h	A	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	N	M <sub>x</sub>	e	h/6	sigma_N	sigma_M	sigma_max	Verifica
/	Mpa	Mpa	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	KN	KNm	cm	cm	Mpa	Mpa	Mpa	/
Pilastro Centrale PT	28,0	15,9	30	50	1500	312500	12500	559,04	23,00	4,11	8,33	3,73	1,84	5,57	Verificato
Pilastro Perimetrale PT	28,0	15,9	30	40	1200	160000	8000	628,77	12,09	1,92	6,67	5,24	1,51	6,75	Verificato
Pilastro Spigolo PT	28,0	15,9	30	30	900	67500	4500	388,35	5,67	1,46	5,00	4,31	1,26	5,58	Verificato
Pilastro Perimetrale P1	28,0	15,9	30	30	900	67500	4500	418,97	15,94	3,80	5,00	4,66	3,54	8,20	Verificato
Pilastro Spigolo P1	28,0	15,9	30	30	900	67500	4500	258,87	7,69	2,97	5,00	2,88	1,71	4,59	Verificato

Pressoflessione in casi di moderata eccentricità: $h/6 < e=M/N < h/2$															
	$f_{ck}$	$f_{cd}$	b	h	A	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	N	M <sub>x</sub>	e	h/6	h/2	u	sigma_max	Verifica
	Mpa	Mpa	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	KN	KNm	cm	cm	cm	cm	Mpa	/
Pilastro Centrale P1	28,0	15,9	30	40	1200	160000	8000	367,76	32,75	8,91	6,67	20,00	11,09	7,37	Verificato
Pilastro Perimetrale P2	28,0	15,9	30	30	900	67500	4500	209,13	21,14	10,11	5,00	15,00	4,89	9,50	Verificato
Pilastro Spigolo P2	28,0	15,9	30	30	900	67500	4500	128,93	9,83	7,62	5,00	15,00	7,38	3,88	Verificato

Pressoflessione in casi di grande eccentricità: $e=M/N > h/2$																		
	$f_{yk}$	$f_{yd}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	b	h	N	M <sub>x</sub>	e	h/2	$\beta$	r	$h_u$	$\delta$	$H_{min}$	H	Verifica	
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	cm	cm	KN	KNm	cm	cm			cm	cm	cm	cm	/	
Pilastro Centrale P2	450	391,30	28	15,87	30,00	30,00	185,92	43,45	23,37	15,00	0,38	2,46	23,50	5	28,50	30,00	Verificato	

- **Verifica Travi e Mensola:**

	interasse (m)	$q_k$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_d$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_k$ (KN/m)	$q_d$ (KN/m)	luce (m)	$M_{max}$ (KNm)	$f_{pk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{sd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{sk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{sd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	r	b (cm)	$h_u$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{min}$ (cm)	H	HI	area (m <sup>2</sup> )	peso unitario (KN/m)
Trave Principale	4,00	2,45	2,93	2,00	42,32	6,00	190,44	450,00	391,30	28,00	15,87	0,38	2,46	30,00	49,20	5,00	54,20	60,00	0,09	0,18	4,50
Verificata	4,00	2,45	2,93	2,00	42,32	6,00	136,81	450,00	391,30	28,00	15,87	0,38	2,46	30,00	41,70	5,00	46,70	61,00	0,08	0,18	4,58
Trave Secondaria	0,50	2,45	2,93	2,00	5,29	5,00	16,53	450,00	391,30	28,00	15,87	0,38	2,46	30,00	14,50	5,00	19,50	40,00	0,04	0,12	3,00
Verificata	0,50	2,45	2,93	2,00	5,29	5,00	1,64	450,00	391,30	28,00	15,87	0,38	2,46	30,00	4,57	5,00	9,57	40,00	0,02	0,12	3,00
Mensola	4,00	2,45	2,93	2,00	42,32	2,00	84,64	450,00	391,30	28,00	15,87	0,38	2,46	30,00	32,80	5,00	37,80	40,00	0,19	0,12	3,00
Verificata	4,00	2,45	2,93	2,00	42,32	2,00	1,17	450,00	391,30	28,00	15,87	0,38	2,46	30,00	3,85	5,00	8,85	40,00	0,04	0,12	3,00