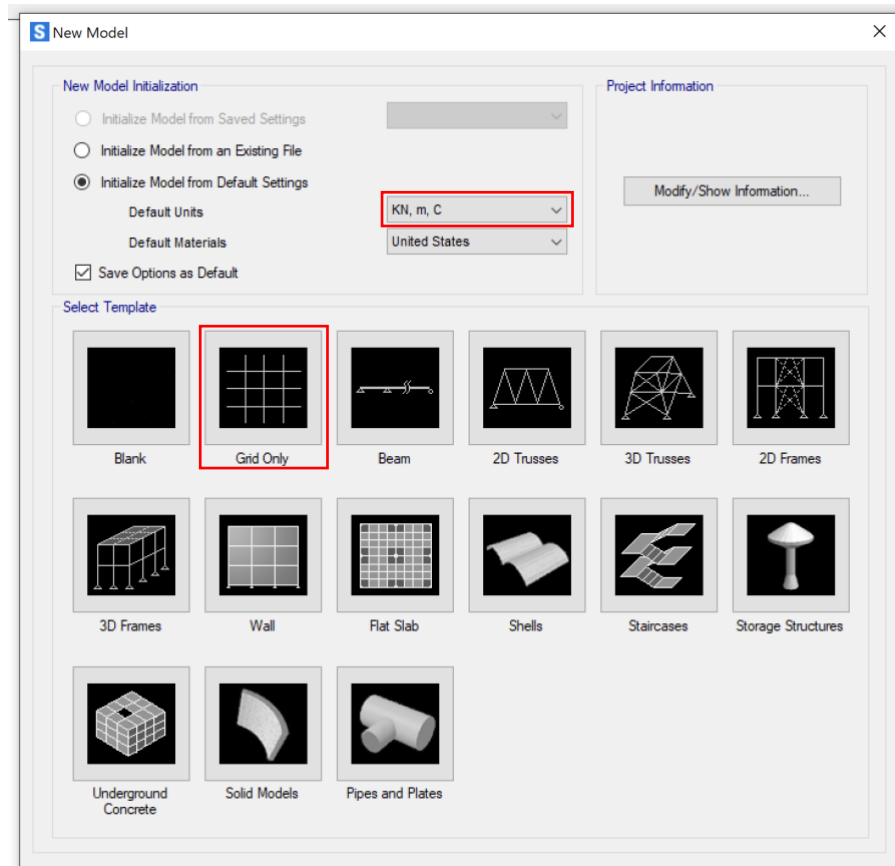


Esercitazione Sap2000 – Struttura reticolare

1. Creazione di un nuovo file

Creo “new model” con “default units” → KN, m, C e come “select Template” → grid only

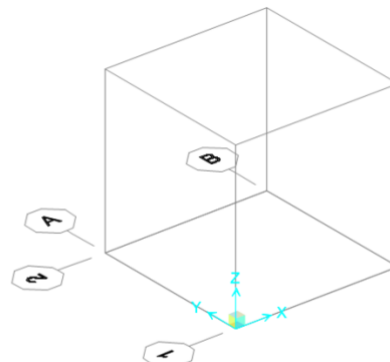
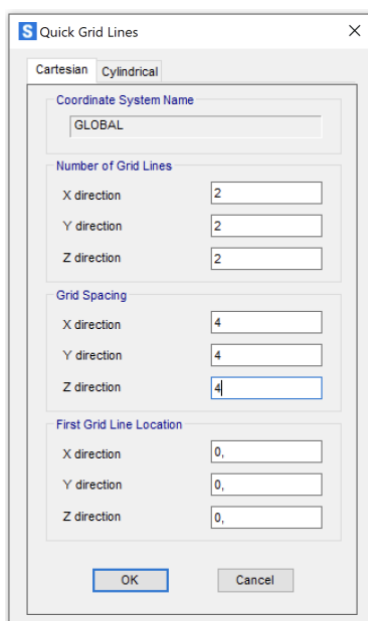


Adesso impostiamo la griglia in “number of Grid Line” impostiamo il numero di volette in cui si vuole ripetere la griglia nei diversi assi x,y,z invece in “Grid Spacing” impostiamo la dimensione della maglia.

Impostiamo:

“number of Grid Line” → 2,2,2 perché vogliamo un cubo che poi ripetiamo

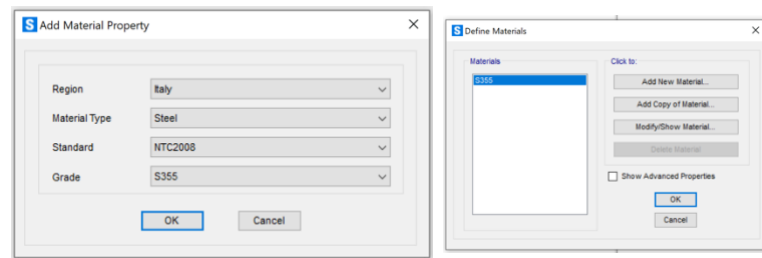
“Grid Spacing” → 4,4,4 perché vogliamo una scatola di base 4x4 e altezza 4 m



2. Impostare il documento

Materiale

“define” → “Materials” → “add new material” →

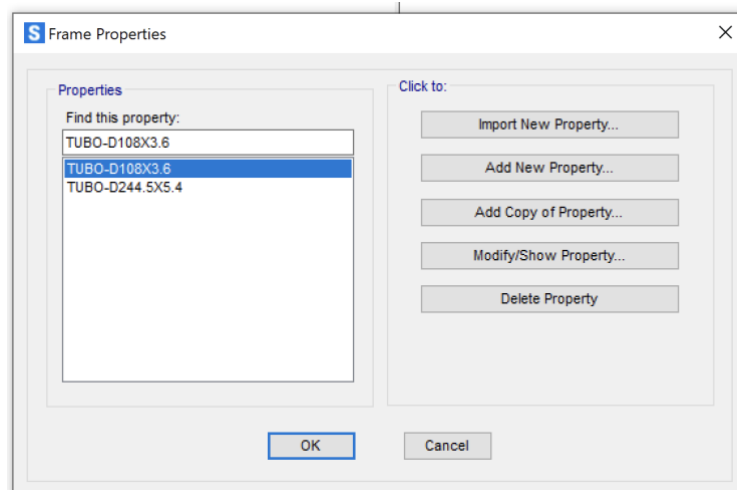


Sezioni

Stiamo realizzando una struttura reticolare che è composta da un telaio con elementi verticali e orizzontali e controventi elementi obliqui.

Questi due elementi ipotizziamo che abbiano una sezione differente quindi andiamo a definirle:

“define” → “Section Properties” → “Frame Sections” → “Import new Property” → “Pipe” → Euro.pro → adesso dovremo definire la sezione (x elementi obliqui TUBO-D108X3,6 _ x elementi telaio TUBO-D244.5X5.4)




Visualizzazione

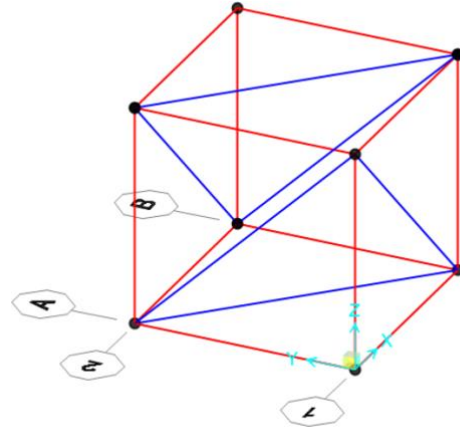
Adesso imposteremo uno stile di visualizzazione per poter visualizzare meglio la classificazione delle sezioni.

Andiamo su → “General Options” → “View by Color of” → “Section”

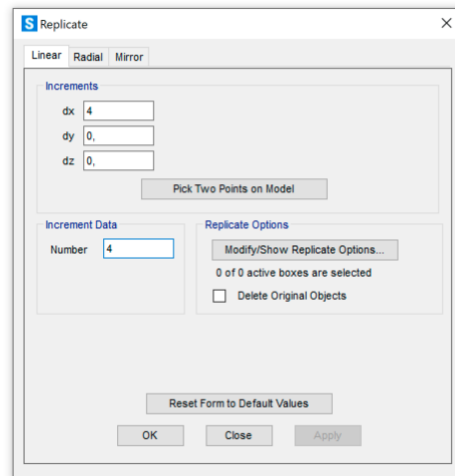
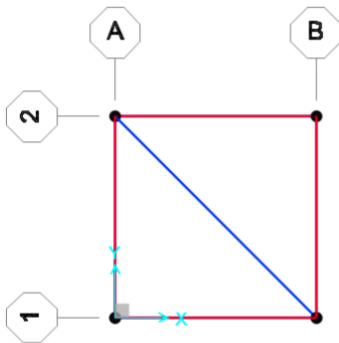
3. Realizzazione Modello

apriamo la vista 3D e andiamo sulla barra laterale a sinistra e clicchiamo su  dopo aver cliccato sull'icona si aprirà un pannello dove potremmo definire la sezione prima di disegnare.

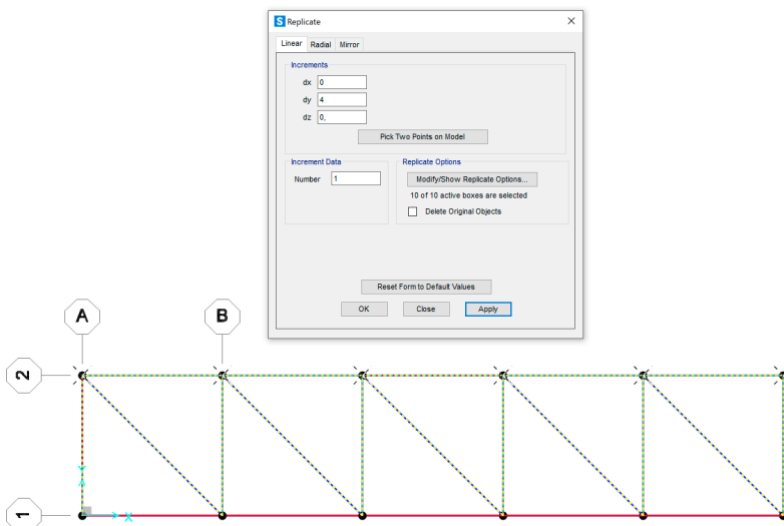
Properties of Object	
Line Object Type	Straight Frame
Section	TUBO-D244.5X5.4
Moment Releases	Continuous
Local Axis Rotation	0,
XY Plane Offset Normal	0,
Drawing Control Type	None <space bar>



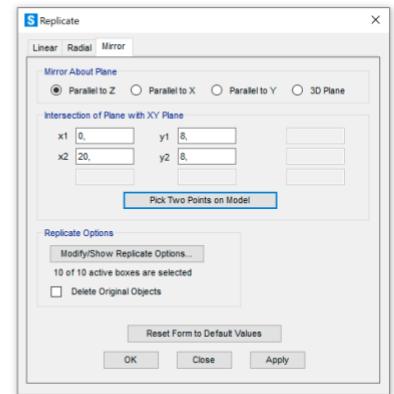
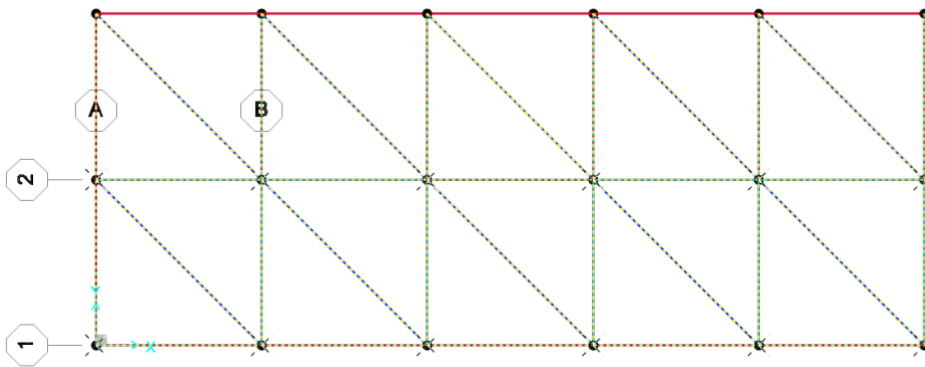
Dopo aver realizzato il primo telaio dovremmo duplicarlo con il comando “edit” → “replicate”
 In questo caso voglio realizzare una struttura di 5 x 4 telai quindi continuiamo come di seguito:
 lato vero asse x:



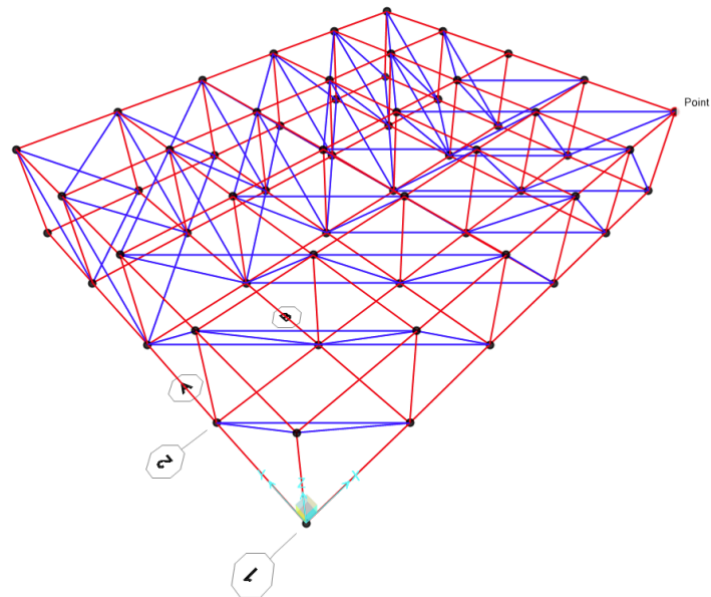
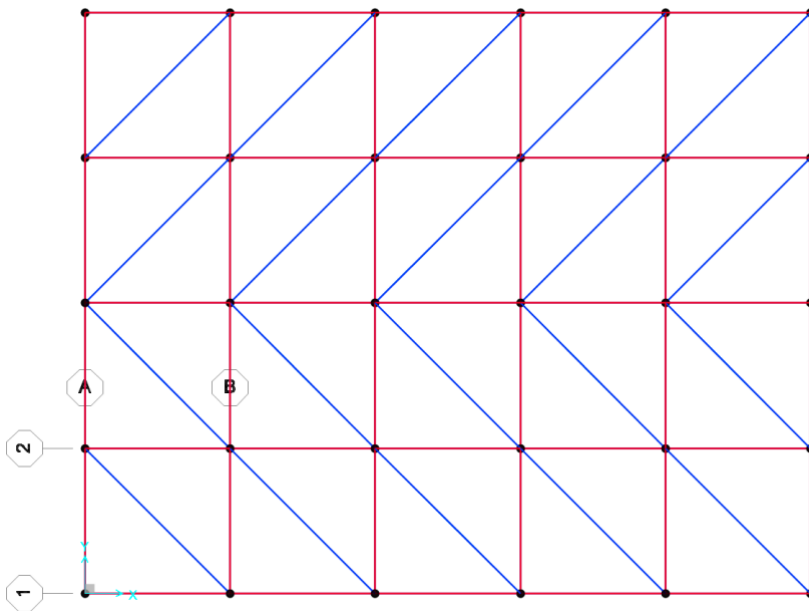
Parte del Lato verso asse y:



Mirror con asse x per comporre altro lato verso y:

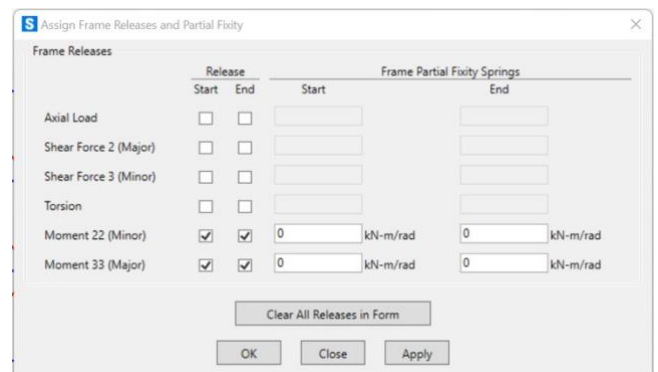
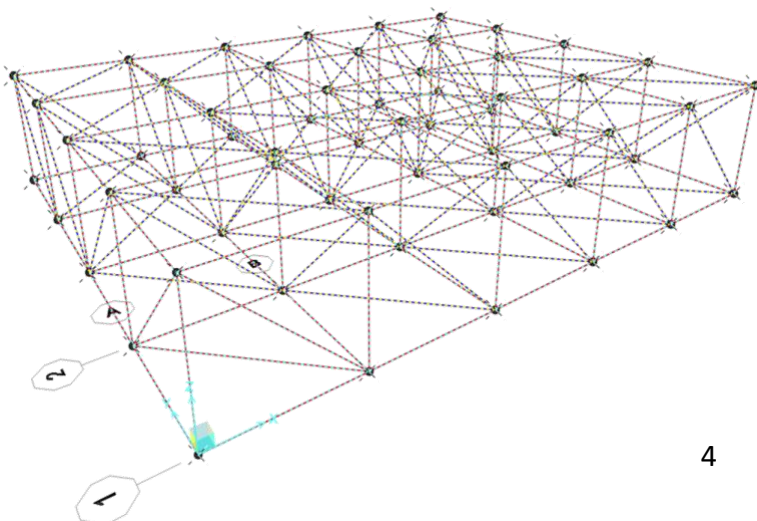


Risultato finale:

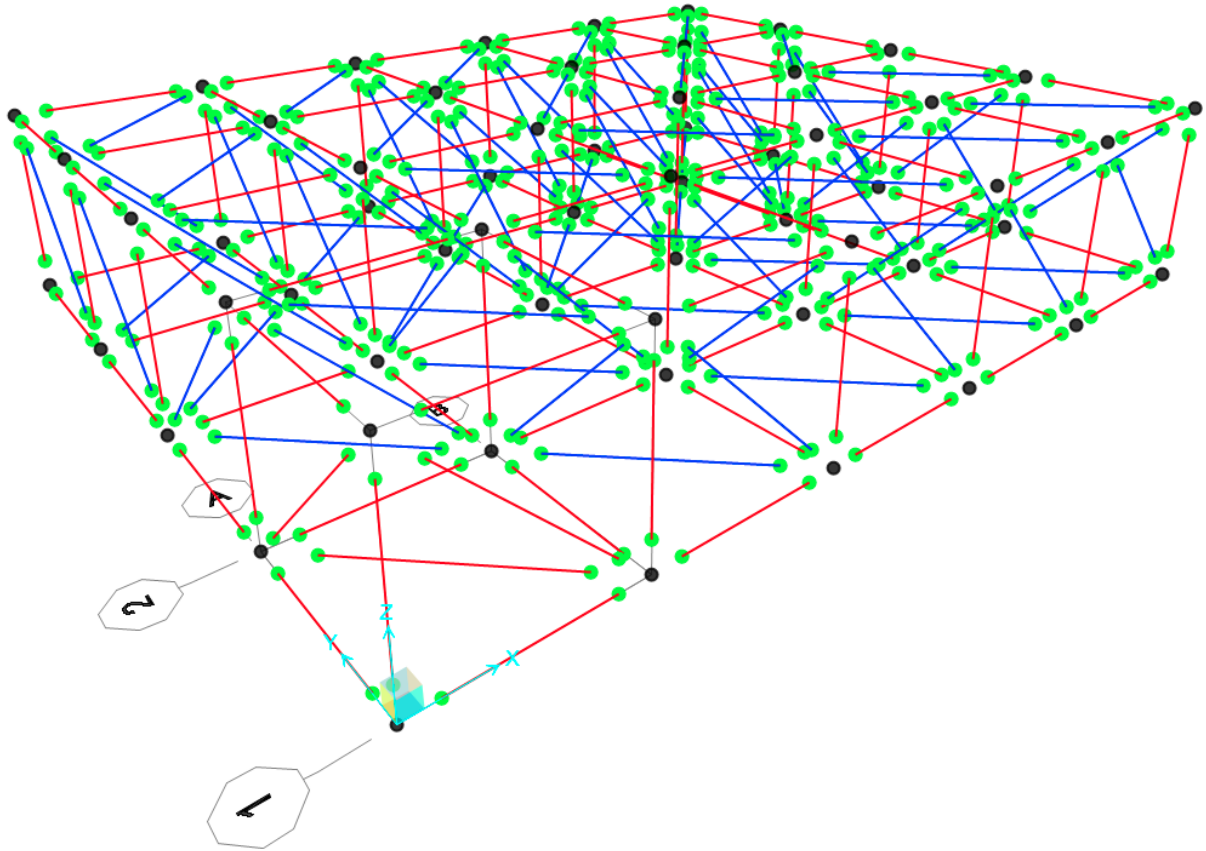


Definisco i punti di collegamento tra le diverse aste come cerniere interne dove quindi NON deve esserci il momento:

“assign” → “Frame” → “Releases/Partial Fixity” → selezionare l’intera struttura → spuntiamo le due caselle su start e end nelle righe Moment 33 (major) e Moment 22 (major)

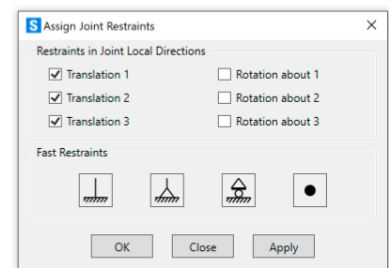
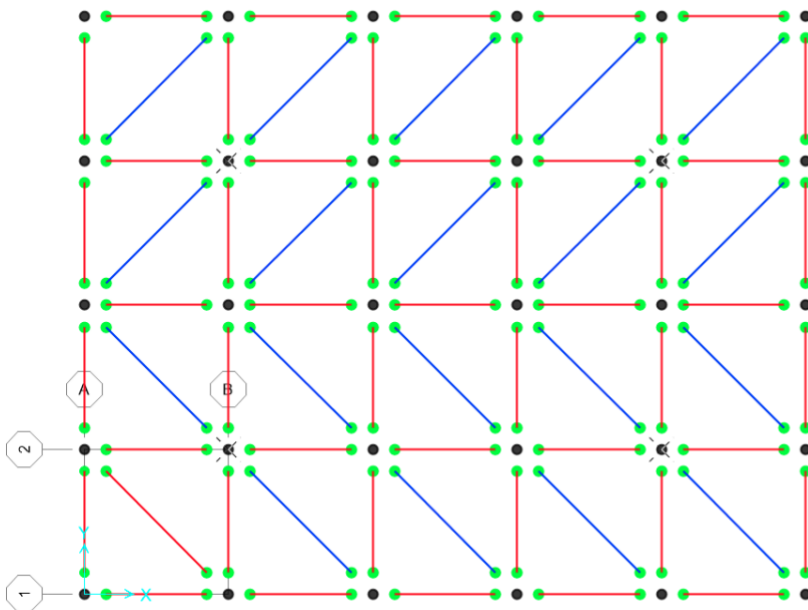


Risultato finale:



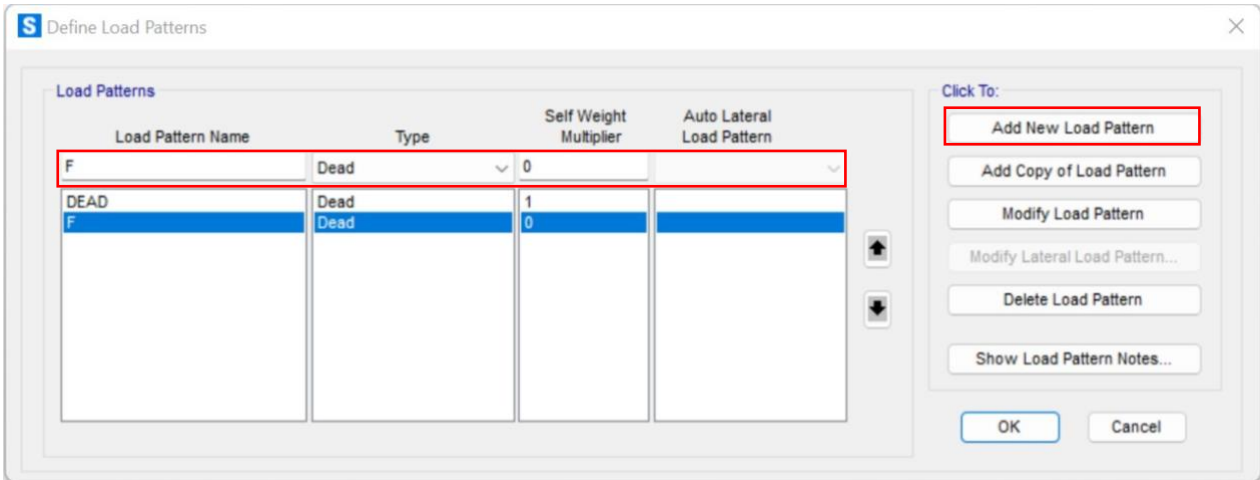
4. Inserimento appoggi

“Assign” → “Joint” → “restraints” → seleziono punti dove voglio applicare le cerniere

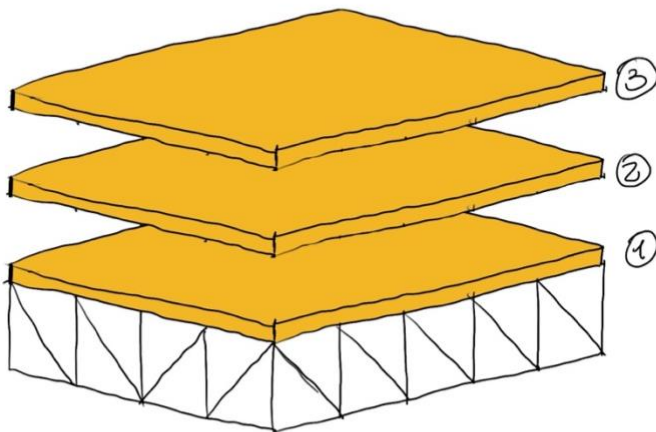
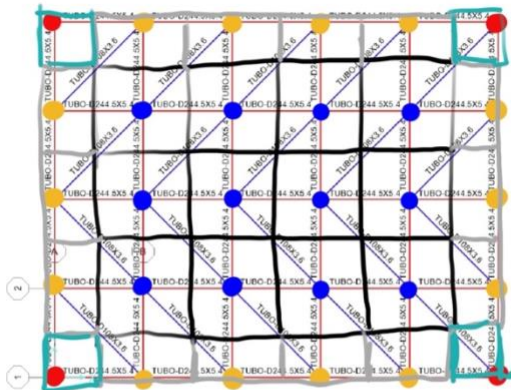


5. Definisco carichi:

“Define” → “Load Patterns” →



Calcolo i carichi:



POTIAMO 3 piani

Peso a 10 kN/m^2

1 piano $\Rightarrow 320 \text{ m}^2$

1 p. = 3200 kN

3 p. = $3200 \cdot 3 = 9600 \text{ kN}$

$$\frac{9600}{80} = 120 \text{ kN}$$

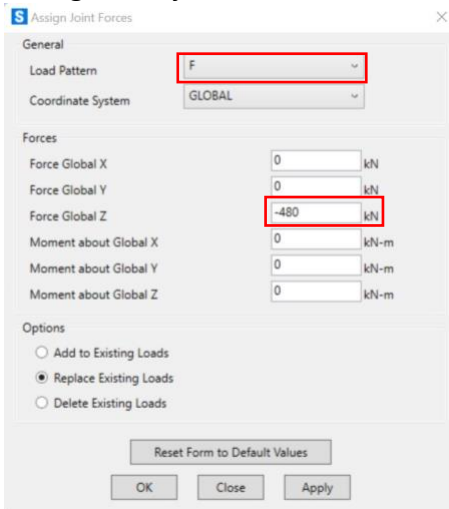
● = 120

● = $120 \cdot 2 = 240$

● = $120 \cdot 4 = 480$

Applichiamo i carichi:

“Assign” → “joint load” → “forces” →



● = 120

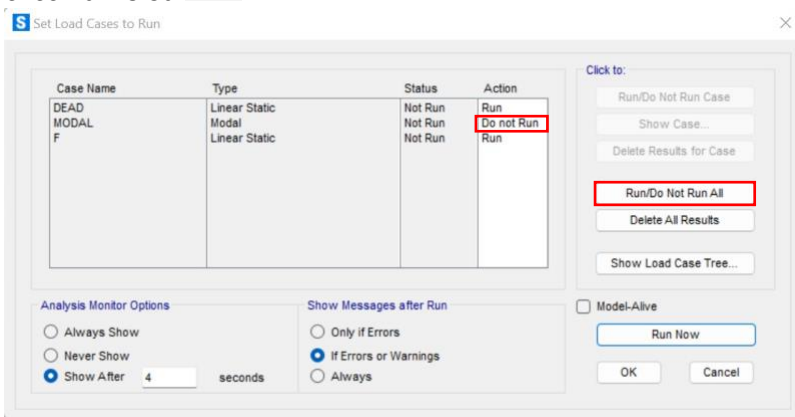
● = 120 · 2 = 240

● = 120 · 4 = 480

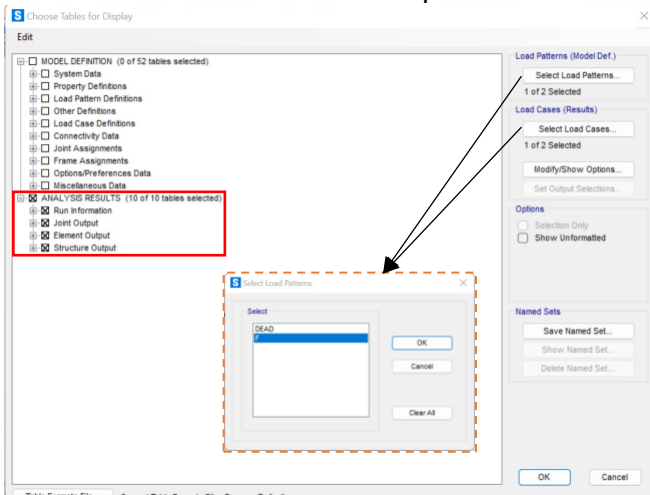
6. Dimensionamento delle sezioni

Facciamo partire l'analisi:

clicchiamo su →



Estraiamo la tabella dell'analisi quindi clicchiamo su “display” → “show tables” → estraiamo



Frame Text	Station m	OutputCase	Case-Type Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameItem
1	0	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	0.5	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	1	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	1.5	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	2	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	2.5	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	3	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	3.5	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
1	4	F	LinStatic	-52.626	0	0	0	0	0	1-1
2	0	F	LinStatic	172.769	0	0	0	0	0	2-1
2	2	F	LinStatic	172.769	0	0	0	0	0	2-1
2	4	F	LinStatic	172.769	0	0	0	0	0	2-1
3	0	F	LinStatic	24.595	0	0	0	0	0	3-1
3	0.5	F	LinStatic	24.595	0	0	0	0	0	3-1
3	1	F	LinStatic	24.595	0	0	0	0	0	3-1

Ora esportiamo la tavola su Exel andando su “file” → “Export current Table” → to Exel
 Eliminiamo | V2 | V3 | T | M2 | M3 | FrameElem | ElemStation |

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
1	0	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	0
1	0,5	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	0,5
1	1	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	1
1	1,5	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	1,5
1	2	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	2
1	2,5	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	2,5
1	3	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	3
1	3,5	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	3,5
1	4	F	LinStatic	-52,626	0	0	0	0	0	0 1-1	4
2	0	F	LinStatic	172,769	0	0	0	0	0	0 2-1	0
2	2	F	LinStatic	172,769	0	0	0	0	0	0 2-1	2
2	4	F	LinStatic	172,769	0	0	0	0	0	0 2-1	4
3	0	F	LinStatic	24,595	0	0	0	0	0	0 3-1	0
3	0,5	F	LinStatic	24,595	0	0	0	0	0	0 3-1	0,5
3	1	F	LinStatic	24,595	0	0	0	0	0	0 3-1	1
3	1,5	F	LinStatic	24,595	0	0	0	0	0	0 3-1	1,5
3	2	F	LinStatic	24,595	0	0	0	0	0	0 3-1	2

Ordiniamo |Station| dal piu piccolo al piu grande in modo da eliminare tutti i valori differenti da 0.
 Dopo aver eliminato tutti i valori differenti da zero riordiniamo P in ordine dal piu grande al piu piccolo.

Adesso eliminiamo | V2 | V3 | T | M2 | M3 | FrameElem | ElemStation |

Divido la tabella P ogni 300 e le classifico nominandole con nome “ Sezione_n° ”

	A	B	C	D	E	F	G
1	TABLE: Element Forces - Frames						
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	Text	
3	10		0 F1	LinStatic	-1477,98	Sezione_1	
4	325		0 F1	LinStatic	-2955,96	Sezione_1	
5	52		0 F1	LinStatic	-1267,516	Sezione_1	
6	367		0 F1	LinStatic	-1267,516	Sezione_1	
7	58		0 F1	LinStatic	-914,539	Sezione_2	
8	373		0 F1	LinStatic	-914,539	Sezione_2	
9	78		0 F1	LinStatic	-756,803	Sezione_2	
10	48		0 F1	LinStatic	-712,301	Sezione_2	
11	333		0 F1	LinStatic	-712,301	Sezione_2	
12	57		0 F1	LinStatic	-687,035	Sezione_2	
13	372		0 F1	LinStatic	-687,035	Sezione_2	
14	49		0 F1	LinStatic	-591,632	Sezione_3	
15	334		0 F1	LinStatic	-591,632	Sezione_3	
16	26		0 F1	LinStatic	-557,634	Sezione_3	
17	341		0 F1	LinStatic	-557,634	Sezione_3	
18	107		0 F1	LinStatic	-552,005	Sezione_3	
19	89		0 F1	LinStatic	-453,198	Sezione_3	
20	22		0 F1	LinStatic	-392,033	Sezione_3	
21	337		0 F1	LinStatic	-392,033	Sezione_3	
22	111		0 F1	LinStatic	-373,672	Sezione_3	

Adesso attraverso la tabella fornita, dimensioniamo le differenti sezioni.

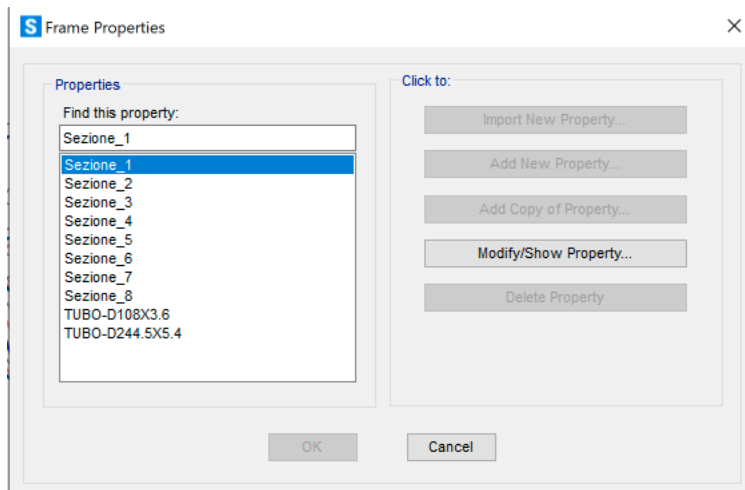
Vedendo l'area calcolata con la tabella Excel e con sagomario accanto scegliamo la sezione che ci serve.

Calcolo dell'area minima da sforzo di compressione (resistenza materiale)					Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana)					Ingegnerezizzazione sezione e verifica snellezza per una membratura principale (< 200)				
N	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A _{design}	I _{design}	rho_min	Iam
kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm	
-1477,98	235,00	1,05	223,81	66,04	210000,00	1,00	3,00	96,23	3,12	642	38,8	616	3,98	75,38
-769,00	235,00	1,05	223,81	34,36	210000,00	1,00	4,00	96,23	4,16	594	53,8	1340	4,98	80,32
-446,00	235,00	1,05	223,81	19,93	210000,00	1,00	5,00	96,23	5,20	538	76,8	2770	6,00	83,33
-124,00	235,00	1,05	223,81	5,54	210000,00	1,00	5,00	96,23	5,20	150	76,8	2770	6,00	83,33
-22,00	235,00	1,05	223,81	0,98	210000,00	1,00	5,00	96,23	5,20	27	76,8	2770	6,00	83,33

name	Dimensione	
Sezione_1	193,7	12,00
Sezione_2	193,7	6,00
Sezione_3	114,3	6,00
Sezione_4	101,60	2,00
Sezione_5	21,30	2,00

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione							
N	f _{yk}	γ _m	f _d	A _{min}	A _{design}		
kN	Mpa		Mpa	cm2	cm2		
64,00	235,00	1,05	223,81	2,86	13,90	Sezione_6	42,40 2,50
439,00	235,00	1,05	223,81	19,61	17,10	Sezione_7	114,30 6,00
846,00	235,00	1,05	223,81	37,80	25,70	Sezione_8	168,30 8,00

Ora andiamo a definire le sezioni su SAP2000 utilizzando i nomi utilizzati



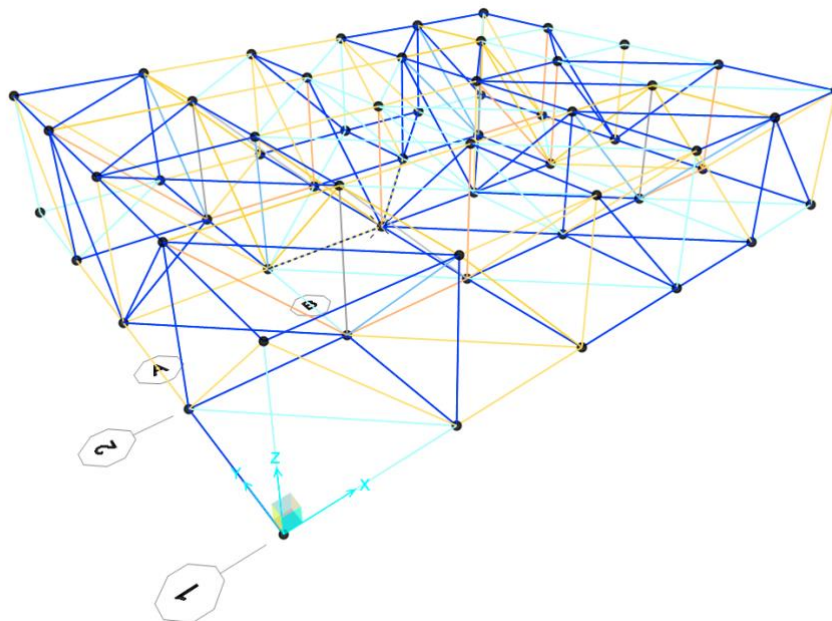
Dopo di che estraiamo la tabella "Frame Assignments" → "Frame section Assignments"

Frame Text	SectionType Text	AutoSelect Text	AnalSect Text	DesignSect Text	MatProp Text
1	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
2	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
4	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
5	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
6	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
7	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
8	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
9	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
10	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
11	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
12	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
13	Pipe	N.A.	TUBO-D244.5X5.4	TUBO-D244.5X5.4	Default
14	Pipe	N.A.	TUBO-D108X3.6	TUBO-D108X3.6	Default
15	Pipe	N.A.	TUBO-D108X3.6	TUBO-D108X3.6	Default
16	Pipe	N.A.	TUBO-D108X3.6	TUBO-D108X3.6	Default
17	Pipe	N.A.	TUBO-D108X3.6	TUBO-D108X3.6	Default

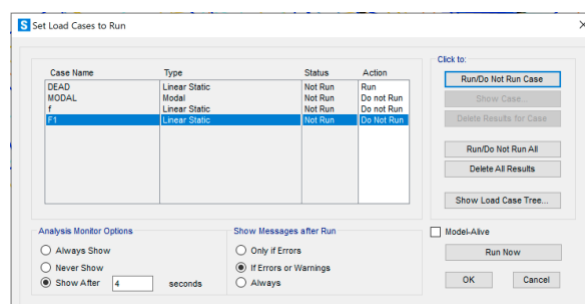
Eliminiamo i campi di AnalSect e DesignSect sostituendoli con i nomi delle sezioni che abbiamo definito nella tabella Excel precedente.

TABLE: Frame Section Assignments					
Frame	SectionType	AutoSelect	AnalSect	DesignSect	MatProp
1	Pipe	N.A.	Sezione_5	Sezione_5	Default
10	Pipe	N.A.	Sezione_1	Sezione_1	Default
100	Pipe	N.A.	Sezione_5	Sezione_5	Default
101	Pipe	N.A.	Sezione_6	Sezione_6	Default
102	Pipe	N.A.	Sezione_5	Sezione_5	Default
103	Pipe	N.A.	Sezione_5	Sezione_5	Default
104	Pipe	N.A.	Sezione_6	Sezione_6	Default
105	Pipe	N.A.	Sezione_6	Sezione_6	Default
106	Pipe	N.A.	Sezione_5	Sezione_5	Default
107	Pipe	N.A.	Sezione_3	Sezione_3	Default
108	Pipe	N.A.	Sezione_6	Sezione_6	Default
109	Pipe	N.A.	Sezione_6	Sezione_6	Default
11	Pipe	N.A.	Sezione_6	Sezione_6	Default
110	Pipe	N.A.	Sezione_7	Sezione_7	Default
111	Pipe	N.A.	Sezione_2	Sezione_2	Default

Ok...Adesso andiamo a importare questa tabella su Sap2000 che ci permette di cambiare le sezioni dei diversi segmenti.



Ora andiamo a calcolarci il peso della struttura per poi aggiungerlo al peso dei solai applicato prima, per farlo andiamo a runnare di nuovo la struttura ma questa volta disattiviamo F.



Estraiamo la tabella delle reazioni vincolari per vedere quanto pesa la struttura

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
5	DEAD	LinStatic	0,31	-3,996	18,486	0	0	0
19	DEAD	LinStatic	-0,534	-2,59	15,538	0	0	0
95	DEAD	LinStatic	0,922	3,847	16,479	0	0	0
109	DEAD	LinStatic	-0,698	2,739	15,678	0	0	0

Sommiamo i valori di F3 e troviamo il peso della struttura = 66,181 KN sommiamo questo valore ai carichi dei 3 solai che pesano 9600 KN → 9666,181 KN

Rifacciamo i passaggi precedenti per le forze agenti sui nodi quindi:

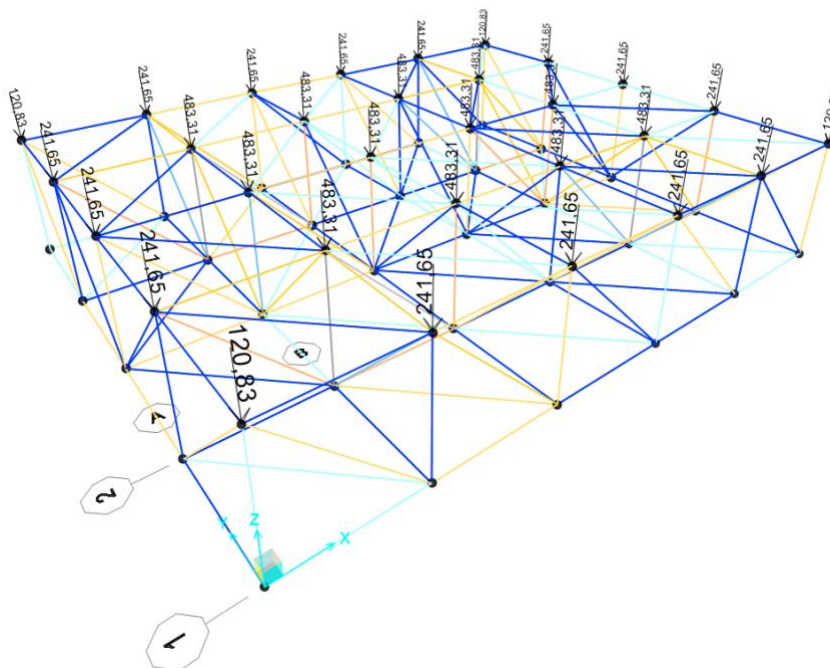
$$9666,181/80 = 120,8272625$$

$$\rightarrow \text{angolo} = 120,8272625$$

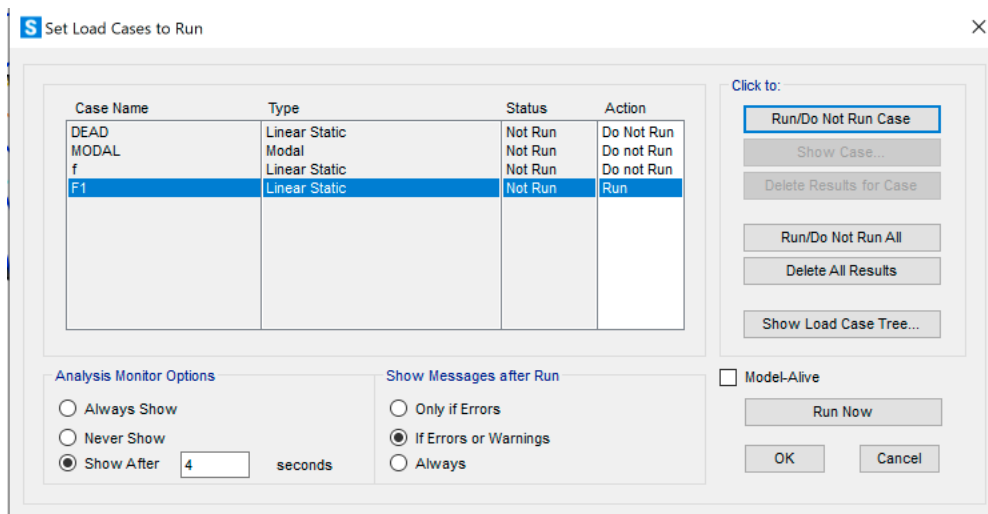
$$\rightarrow \text{lato} = 241,654525$$

$$\rightarrow \text{centro} = 483,30905$$

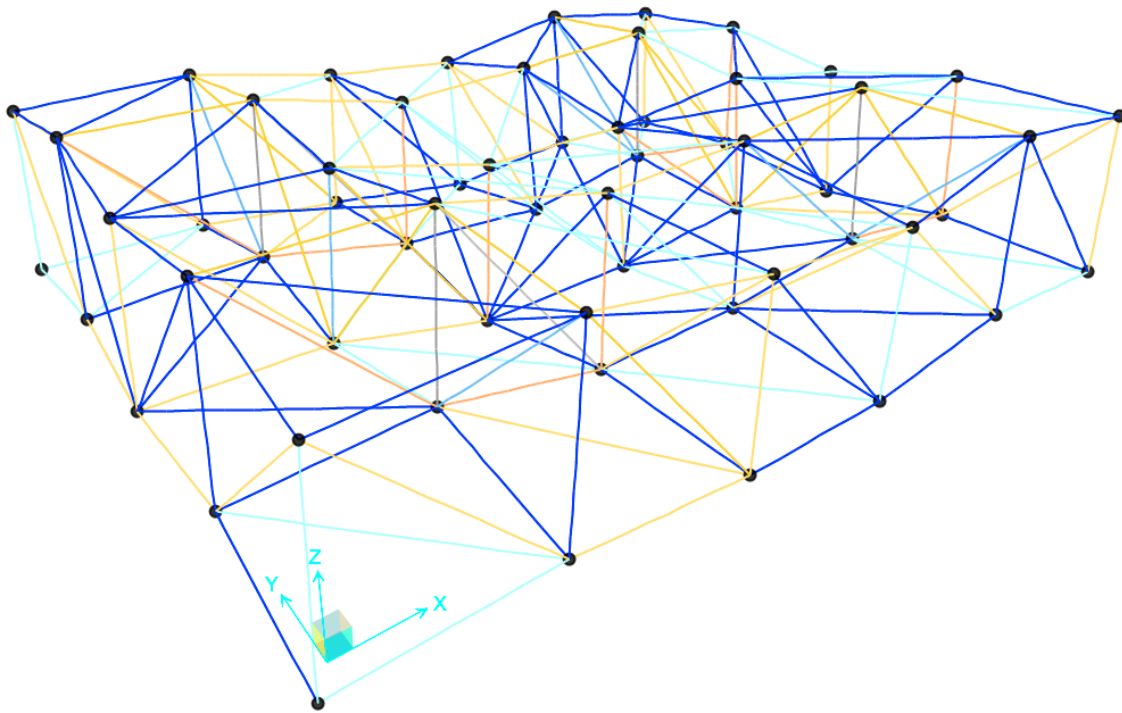
Adesso andiamo a riapplicare le forze modificate

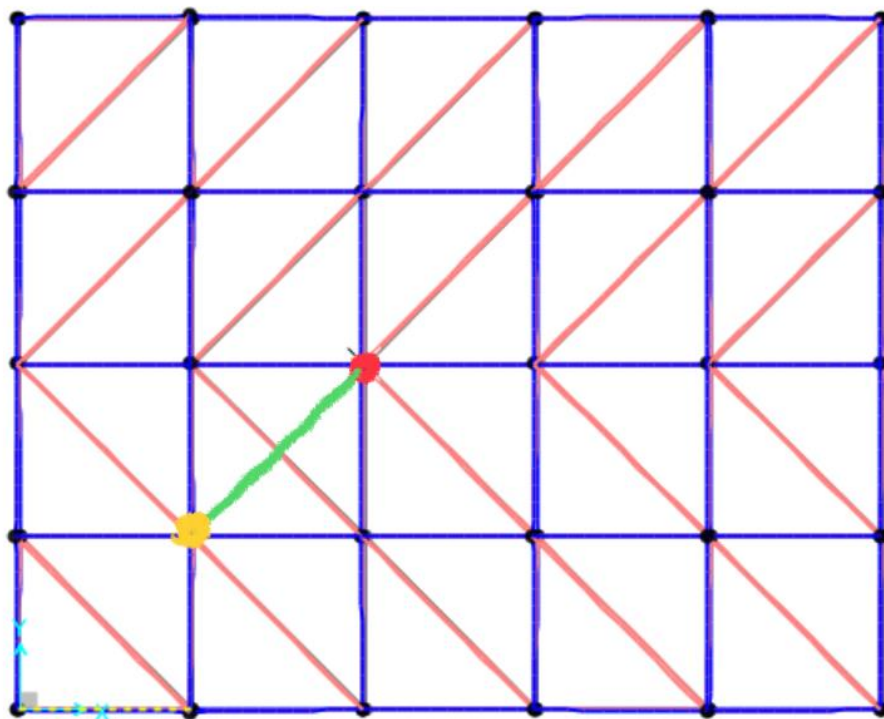
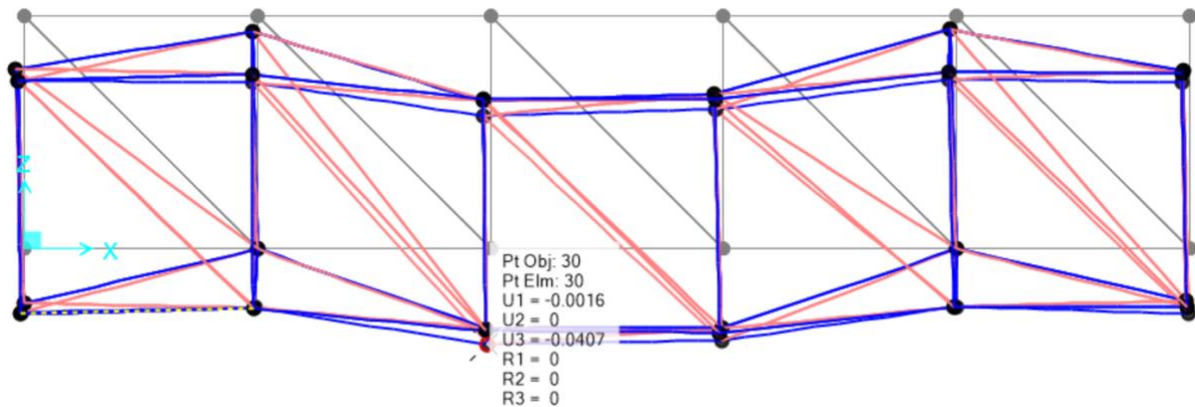


Riandiamo a far partire l'analisi ma questa volta non facendo runnare DEAD, MODAL



Risultato:





- Appoggio
- $L = 5,66$
- PUNTO

Punto 30 scende di 0,0407 m e la sua distanza dall'appoggio è di 5,66 m quindi:
 $5,66/200 = 0,0283 \rightarrow 0,0407$ è quasi il doppio di $l/200$ della luce quindi la struttura dovrebbe essere ricalcolata per ridurre la deformazione a circa $l/200$

ALCUNI DEI PUNTI SCENDONO PIU DI $l/200$ QUINDI NON SONO VERIFICATI È NECESSARIO RIDIMENSIONARE LA STRUTTURA CON SEZIONI PIÙ GRANDI PER POTER VERIFICARE CORRETTAMENTE IL TELAIO.