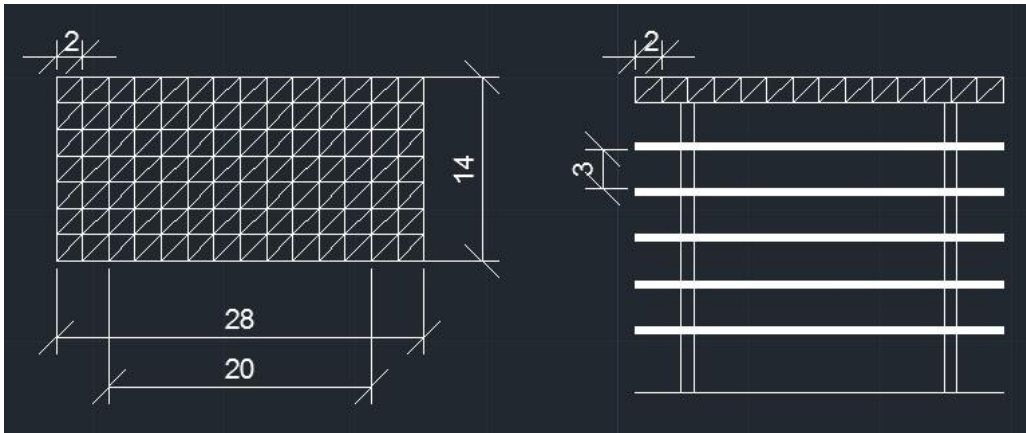
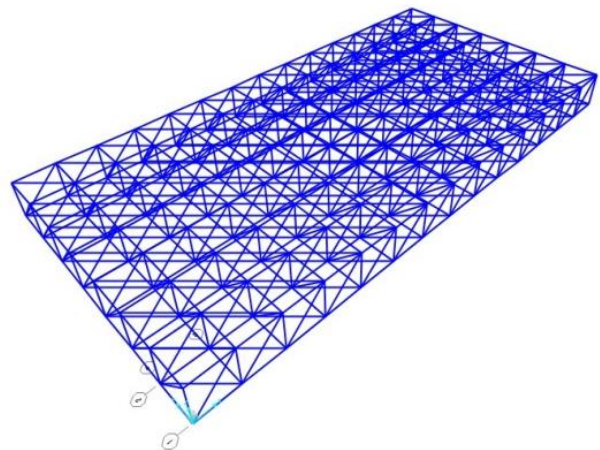
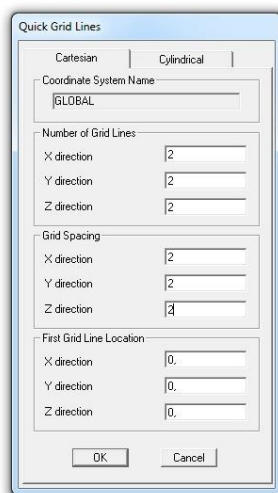


Esercitazione 1 - Travatura reticolare spaziale

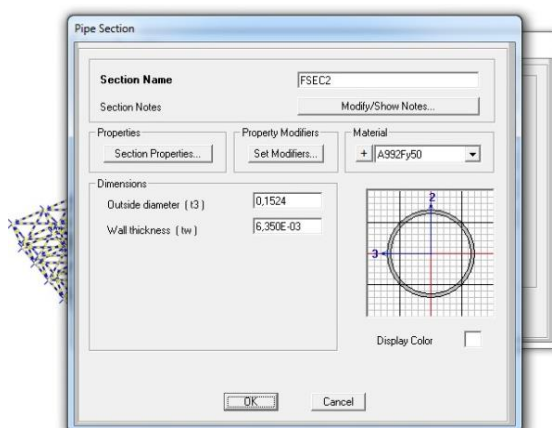
- 1) Costruisco con **Autocad** la pianta e la sezione di un edificio che ha in copertura una travatura reticolare spaziale alla quale sono appesi cinque piani sottostanti.



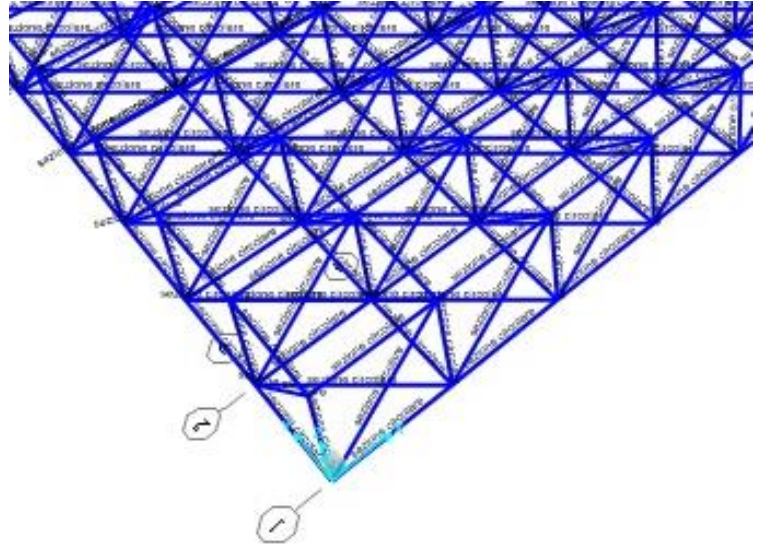
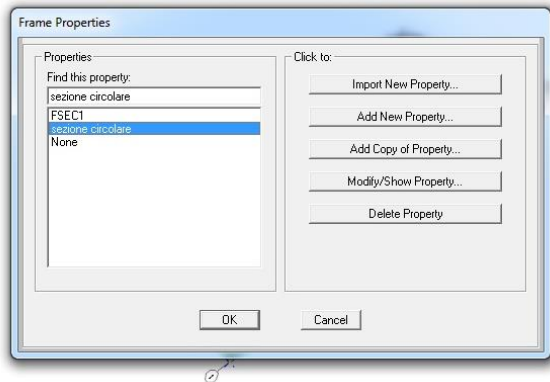
- 2) Costruisco su **SAP2000** una travatura reticolare spaziale di modulo 2x2x2 m.



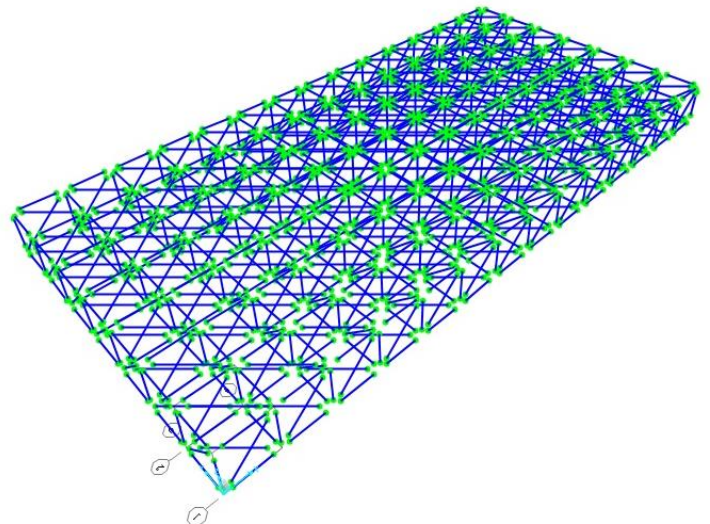
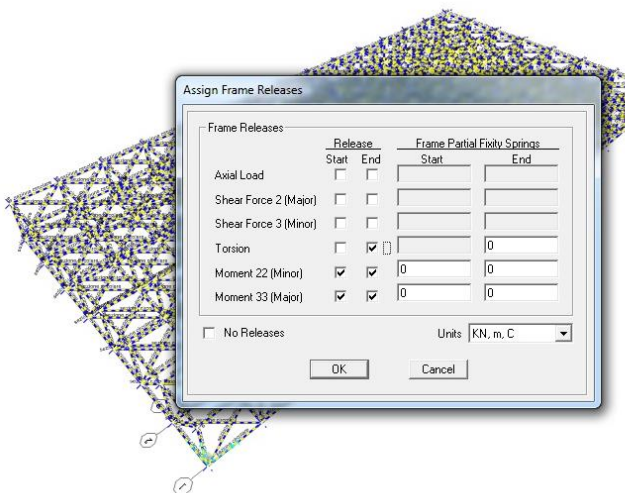
- 3) Aggiungo tramite l'operazione **Define > Section Properties > Frame Section** una nuova sezione, in tal caso Tubolare Cava (PIPE), rinominandola "*sezione circolare*", dato che questa sarà la sezione scelta per tutta la travatura reticolare.



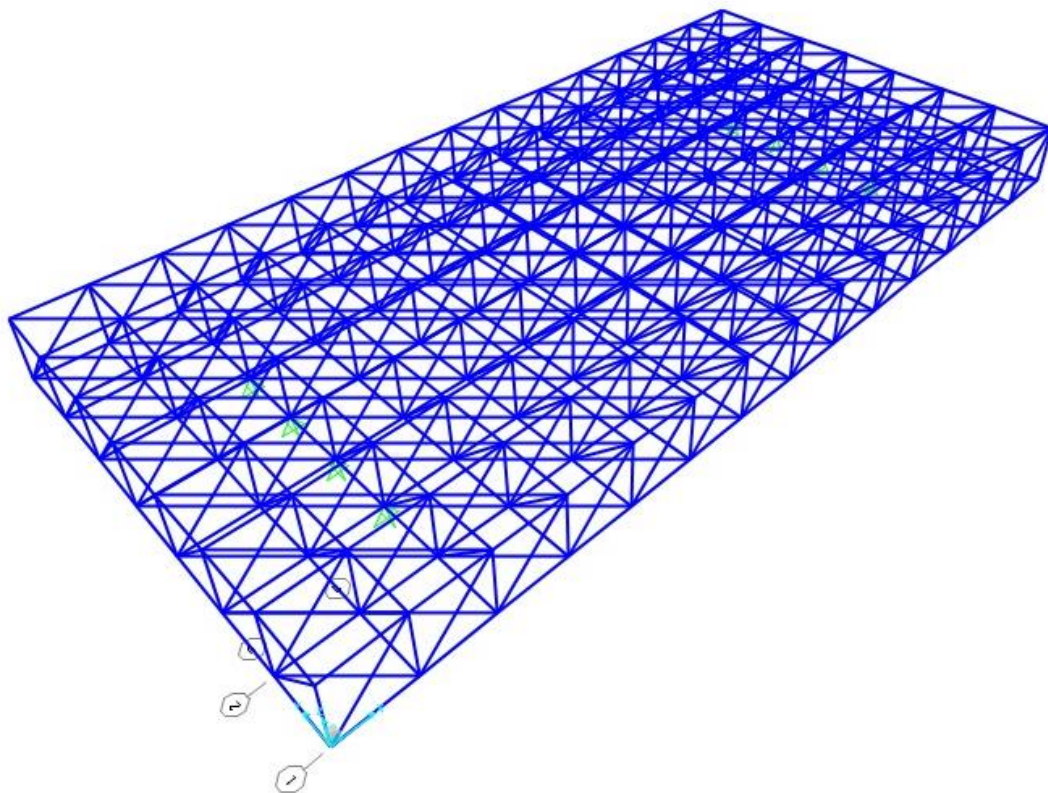
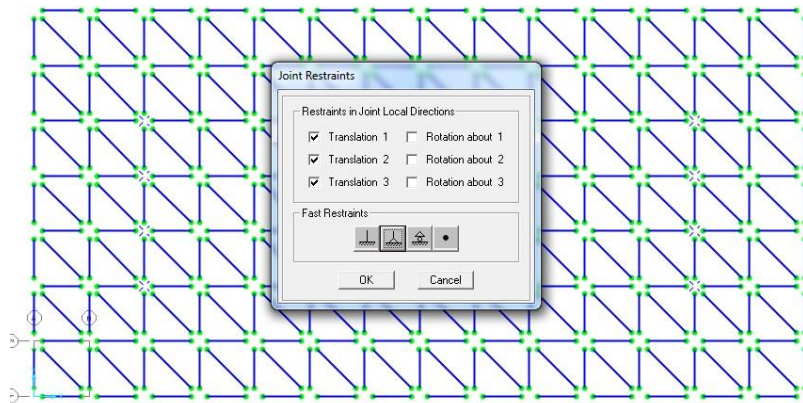
- 4) Tramite il comando **Assign > Frame > Frame Section** assegno su tutta la struttura la sezione "sezione circolare" appena creata.



- 5) Poiché il software riconosce i punti interni come degli incastri, bisogna effettuare il rilascio dei momenti tramite il comando **Assign > Frame > Release/Partial fixity > Release**, si spunta su **Moment 22** e **Moment 33** (nello **start** e nell'**end**) e su **Torsion** (nell'**end**); lasciando i valori uguali a **0**, il tutto per rendere libera la rotazione all'inizio e alla fine di ogni asta.

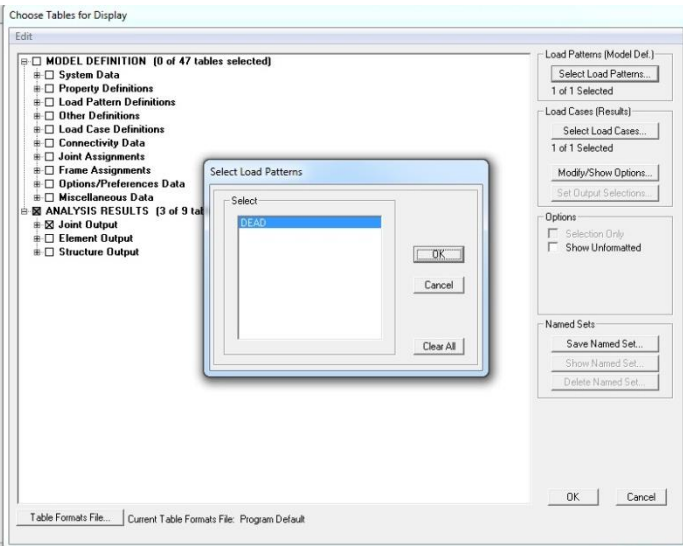


- 6) Inserisco le cerniere in prossimità dei nodi a contatto con i setti nel piano xy a quota $z=0$ (aiutandomi con la vista 2d tramite **View > Set view 2D**) utilizzando il comando **Assign > Joint > Restrain**.



- 7) Aggiungo un carico **DEAD** con moltiplicatore di peso proprio pari a **1**, successivamente avvio un'analisi attraverso il tasto **Play** e selezionando solamente il peso proprio **DEAD** impostando **RUN** e avvio l'analisi cliccando **Run Now**.

Per visualizzare le tabelle con i valori del peso proprio della struttura vado su **Display > Show Tables > Analysis Result**. Vado su **Select Load Pattern** e seleziono il carico **DEAD**. Per visualizzare la tabella relativa alle azioni verticali delle cerniere esterne vado su **Display > Show Tables > ANALYSIS RESULTS** e clicco su **Joint Output**. Successivamente esporto la tabella su un file Excel e sommo le azioni verticali delle cerniere esterne ottenendo il peso proprio.

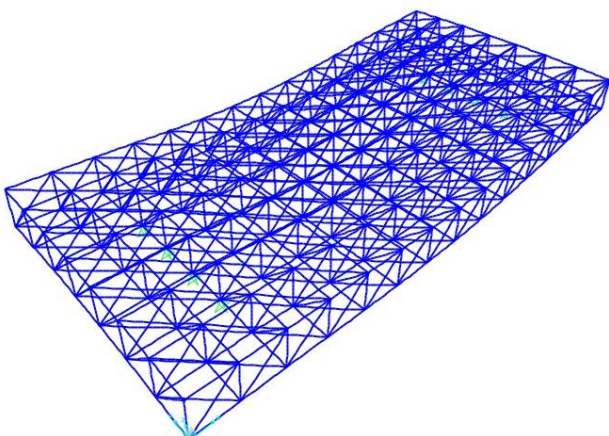


Joint Reactions

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
▶	74	DEAD	LinStatic	37,711	-33,427	81,391	0	0	0
	94	DEAD	LinStatic	-61,194	-38,904	96,852	0	0	0
	104	DEAD	LinStatic	28,023	1,111	37,353	0	0	0
	124	DEAD	LinStatic	-35,885	8,879	39,248	0	0	0
	134	DEAD	LinStatic	31,914	-0,138	39,945	0	0	0
	154	DEAD	LinStatic	-32,245	7,771	37,816	0	0	0
	194	DEAD	LinStatic	68,184	23,805	96,542	0	0	0
	214	DEAD	LinStatic	-36,508	30,904	81,314	0	0	0

Record: 1 of 8



	A	B	C	D	E
1	TABLE: Joint Reactions				
2	Joint	OutputCase	CaseType	F3	
3	Text	Text	Text	KN	
4	74	DEAD	LinStatic	81,391	
5	94	DEAD	LinStatic	96,852	
6	104	DEAD	LinStatic	37,353	
7	124	DEAD	LinStatic	39,248	
8	134	DEAD	LinStatic	39,945	
9	154	DEAD	LinStatic	37,816	
10	194	DEAD	LinStatic	96,542	
11	214	DEAD	LinStatic	81,314	
12					
13				510,461	
14					
15					
16					

Formula bar: =SOMMA(D4:D11)

8) A questo punto ho bisogno di ricavare la forza concentrata da cui, poi, definirò un caso di carico nelle cerniere. Tenendo conto di determinati parametri, quali:

- Numero dei piani: 5
- Mq per piano: 392 mq
- Peso proprio per piano al mq: 10KN/m^2
- Peso per piano: $(392\text{ m}^2 \times 10\text{ KN/m}^2) = 3920\text{ KN}$
- Peso totale piani: $(3920\text{ KN} \times 5) = 19600\text{ KN}$
- Peso per nodo: $(19600\text{KN}/112\text{ nodi}) = 175\text{ KN}$

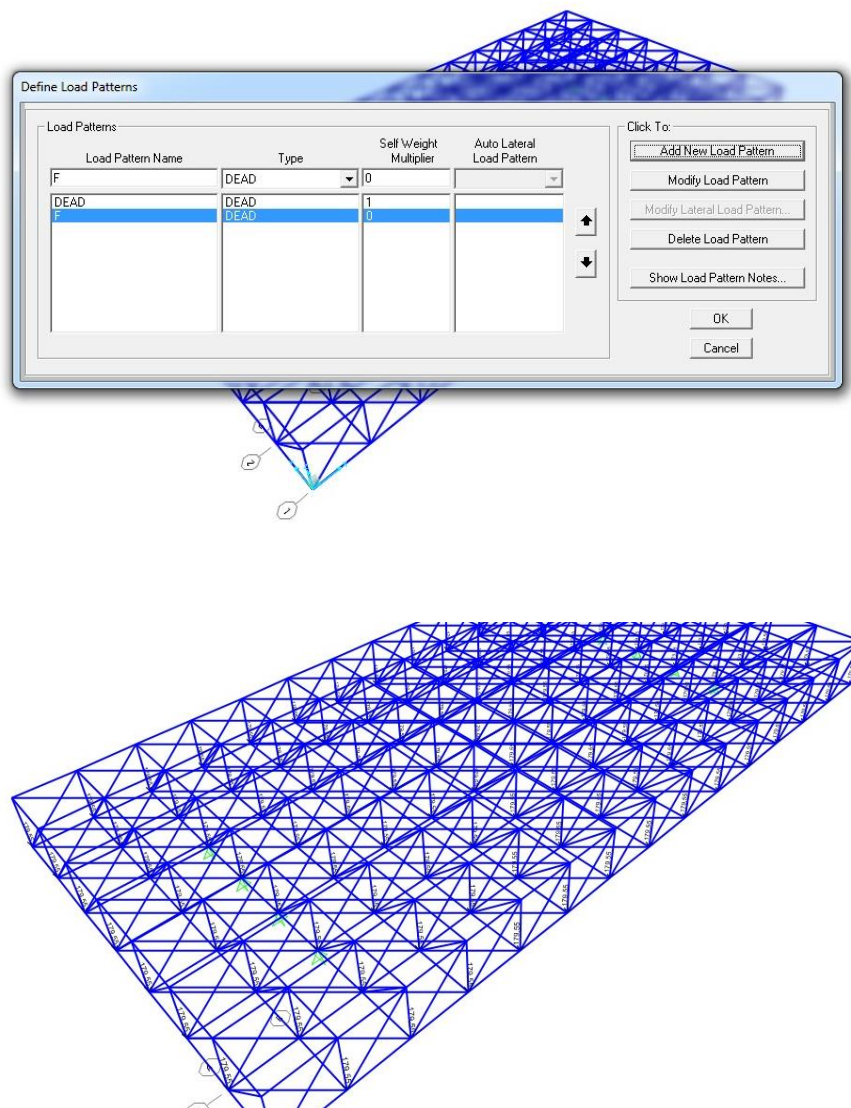
Sulla base del peso proprio pari a 510KN, abbiamo calcolato il peso totale:

-Peso totale: $(19600\text{ KN} + 510\text{KN}) = 20110\text{ KN}$

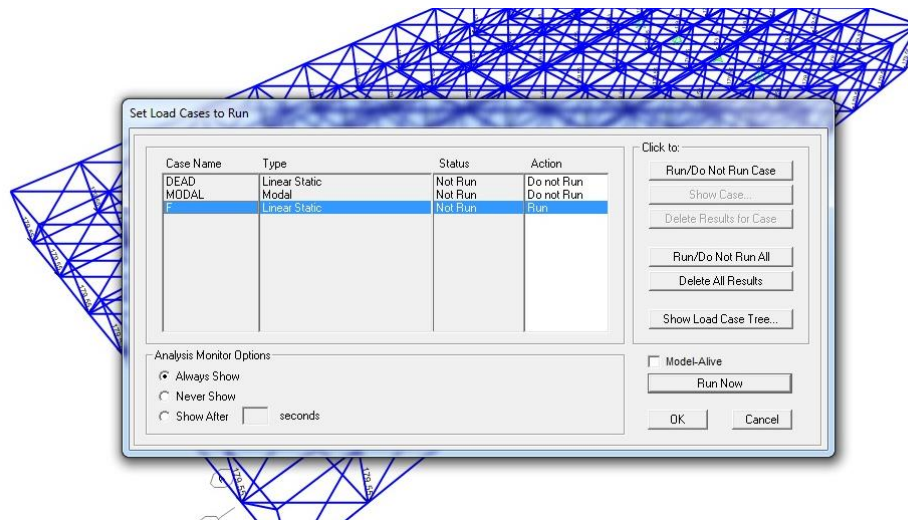
Successivamente abbiamo ricalcolato il peso totale per ogni nodo;

-Peso per nodo: $(20110\text{ KN}/112\text{ nodi}) = 179,55\text{KN}$

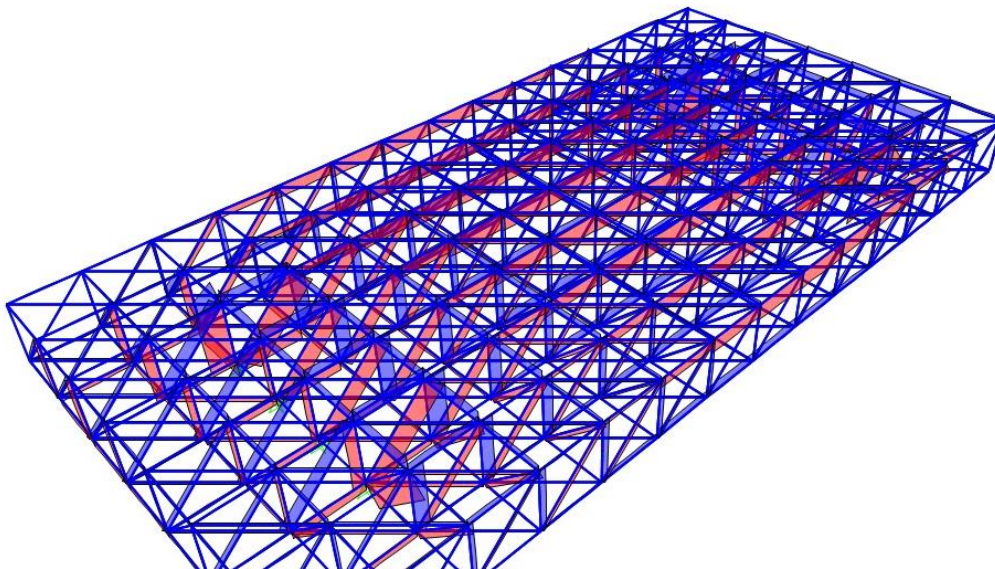
9) Selezione i nodi inferiori della struttura, aiutandomi sempre con **Set View 2D**, ed eseguo il comando : **Assign > Joint Loads > Forces** assegnando la forza **F** precedentemente creata inserendo il valore **-179,55KN** su **Forces Global Z**.



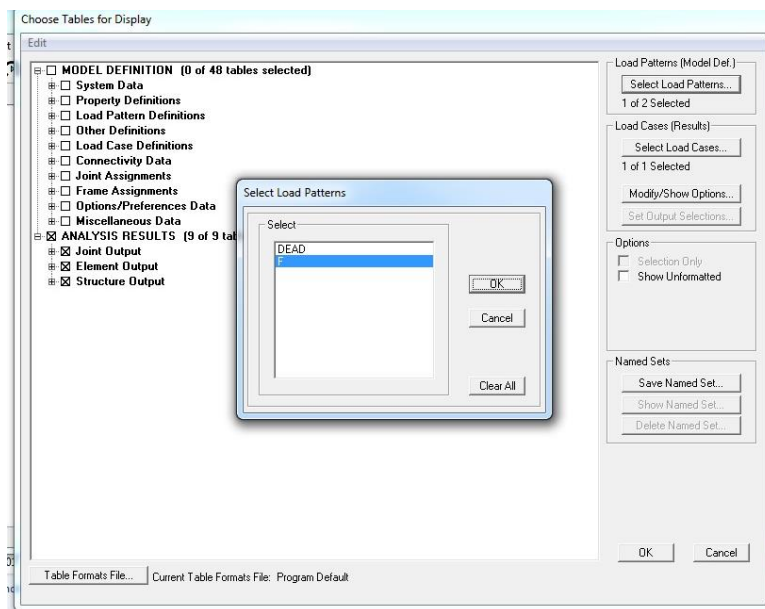
- 10) Inserite tutte le forze necessarie per l'avvio dell'analisi vado sul tasto **Play** e seleziono **DEAD** e **Modal** dove imposto **DO NOT RUN CASE**, e poi seleziono la forza **F** e clicco su **Run Now**.



- 11) Adesso, per vedere cosa è successo alla mia struttura clicco prima su **Show deformed shape** e vedo la deformazione, poi su **Show forces > frame/cables** e vedo gli sforzi assiali lungo le aste reticolari.



- 12) Per visualizzare le tabelle con tutti i valori della struttura vado su : **Display > Show tables > Analysis result**. Spunto la casella **Analysis result**. Vado su **Select Load Pattern** e seleziono la forza **F**. La tabella che a noi servirà : sarà **Element Forces-Frames** perché fornisce il numero delle aste e le loro caratteristiche di sollecitazione a sforzo normale e la esporto in Excel.



Element Forces - Frames

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m
1	0	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
1	0,5	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
1	1	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
1	1,5	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
1	2	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
2	0	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
2	1	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
2	2	F	LinStatic	92,049	0	0	0	0
3	0	F	LinStatic	0	0	0	0	0
3	0,5	F	LinStatic	0	0	0	0	0
3	1	F	LinStatic	0	0	0	0	0
3	1,5	F	LinStatic	0	0	0	0	0
3	2	F	LinStatic	0	0	0	0	0
4	0	F	LinStatic	107,504	0	0	0	0
4	1	F	LinStatic	107,504	0	0	0	0
4	2	F	LinStatic	107,504	0	0	0	0
5	0	F	LinStatic	-103,008	0	0	0	0
5	0,5	F	LinStatic	-103,008	0	0	0	0
5	1	F	LinStatic	-103,008	0	0	0	0
5	1,5	F	LinStatic	-103,008	0	0	0	0

Record: 1 of 4553

- 13) Scaricata la tabella da **SAP2000** su **Excel**, ho ordinato i valori di **P** (sforzo normale) dal più piccolo al più grande, in modo da avere aste compresse (valore negativo rosso) separate dalle aste in trazione (valore positivo blu). Sul dato **N** inserisco i valori del dato **P** tutti col segno positivo. Per una migliore identificazione delle sezioni strutturali **il criterio impiegato** è stato quello di suddividere i valori massimi delle aste tese e compresse in quattro sottogruppi.

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
		0 F	LinStatic	-2362,79
		0 F	LinStatic	-1770
		0 F	LinStatic	-1181
		0 F	LinStatic	-590
		0 F	LinStatic	0
		0 F	LinStatic	1927
		0 F	LinStatic	1445
		0 F	LinStatic	963
		0 F	LinStatic	481

14) ASTA COMPRESSA

Prendiamo in considerazione i fattori quali:

F_{yk} : tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio, che risulta da normativa pari a 235 N/mm^2 per quanto riguarda l'acciaio scelto

γ_m : coefficiente parziale di sicurezza pari a 1,05;

β : coefficiente di vincolo = 1 (in quanto l'asta è vincolata da due cerniere);

E: modulo di elasticità dell'acciaio, pari a 2100 MPa

l : lunghezza delle aste pari a 2 m

Da qui ricaverò alcuni dati , quali:

f_{yd} = Tensione di progetto dell'acciaio = $f_{yk} / \gamma_m = 235 \text{ MPa} / 1,05 = 223,80 \text{ MPa (N/mm}^2)$

Amin 1= area minima della sezione = $N_{max} / f_{yd} = (2362 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 105,54 \text{ cm}^2$

Amin 2= area minima della sezione = $N_{max} / f_{yd} = (1770 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 79,09 \text{ cm}^2$

Amin 3= area minima della sezione = $N_{max} / f_{yd} = (1181 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 52,77 \text{ cm}^2$

Amin 4= area minima della sezione = $N_{max} / f_{yd} = (590 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 26,36 \text{ cm}^2$

λ = coefficiente di snellezza massimo = $\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}} = \pi \times \sqrt{(210000 \text{ MPa} / 223,80 \text{ MPa})} = 96,23$

r_{min} = raggio d'inerzia minimo = $(\beta \times l) / \lambda = (1 \times 2 \text{ m}) / 96,23 \times 100 = 2,08 \text{ cm}$

Calcolo dell'area minima da sforzo di compressione (resistenza materiale)					Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana)						Ingegnerizzazione sezione e verifica snellezza per una membratura principale (< 200)				
N	f_{yk}	γ_{m0}	f_{yd}	A_min	E	beta	l	Lam*	rho_min	l_min	A_design	I_design	rho_min	lam	Gruppi di profili
kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm	adim	mm
2362,00	235,00	1,05	223,81	105,54	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	456	16,6	566	5,84	34,25	168,3 x 3,2
1770,00	235,00	1,05	223,81	79,09	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	342	15,4	357	4,81	41,58	139,7 x 3,6
1181,00	235,00	1,05	223,81	52,77	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	228	15,5	234	3,89	51,41	114,3 x 4,5
590,00	235,00	1,05	223,81	26,36	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	114	12,5	192	3,92	51,02	114,3 x 3,6

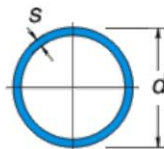
Per trovare le sezioni delle aste compresse, vado sulla tabella dei profilati e guardo il valore di r_{min} e I_{min} di design i quali devono essere superiori a quelli precedentemente calcolati, infine sulla base di questa operazione individuo l'Amin di progetto.



Profilati metallici

0102

Tubi in Acciaio a sezione circolare



d x s mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm2	Sezione metallica cm2	Momento di inerzia J = cm4	Modulo di resistenza W = cm3	Raggio di inerzia i = cm
168,3 x 3,2	13,10	206,0	16,60	566,0	67,20	5,840
139,7 x 3,6	12,20	138,0	15,40	357,0	51,10	4,810
114,3 x 4,5	12,10	87,10	15,50	234,0	41,00	3,890
114,3 x 3,6	9,900	90,10	12,50	192,0	33,60	3,920

15) ASTA TESA

In questo caso, i passaggi sono abbreviati, dovendo individuare, allo stesso modo di prima, solo parametri quali:

$f_{yd} = \text{Tensione di progetto dell'acciaio} = f_{yk} / \gamma_m = 235 \text{ MPa} / 1,05 = 223,80 \text{ MPa (N/mm}^2)$

$A_{min\ 1} = \text{area minima della sezione} = N_{max} / f_{yd} = (1927 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 86,10 \text{ cm}^2$

$A_{min\ 2} = \text{area minima della sezione} = N_{max} / f_{yd} = (1445 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 64,56 \text{ cm}^2$

$A_{min\ 3} = \text{area minima della sezione} = N_{max} / f_{yd} = (963 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 43,03 \text{ cm}^2$

$A_{min\ 4} = \text{area minima della sezione} = N_{max} / f_{yd} = (481 \text{ KN} / 235 \text{ MPa}) \times 10 = 21,49 \text{ cm}^2$

Calcolo dell'area minima da sforzo di trazione (resistenza materiale)						
N	f_{yk}	γ_{m0}	f_{yd}	A_{min}	A_{design}	Gruppi di profili
kN	N/mm ²		N/mm ²	cm ²	cm ²	mm
1927,00	235,00	1,05	223,81	86,10	87,4	355,6 x 8,0
1445,00	235,00	1,05	223,81	64,56	69,1	355,6 x 6,3
963,00	235,00	1,05	223,81	43,03	47,0	273 x 5,6
481,00	235,00	1,05	223,81	21,49	23,2	168,3 x 4,5

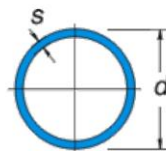
Per trovare le sezioni delle aste tese, vado sulla tabella dei profilati e individuo il valore dell' A_{design} che deve essere leggermente superiore di quello di A_{min} .



Profilati metallici

0102

Tubi in Acciaio a sezione circolare



$d \times s$ mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm ²	Sezione metallica cm ²	Momento di inerzia $J = \text{cm}^4$	Modulo di resistenza $W = \text{cm}^3$	Raggio di inerzia $i = \text{cm}$
355,6 x 6,3	54,50	924,0	69,10	10.547	593,0	12,40
355,6 x 8,0	68,30	906,0	87,40	13.201	742,0	12,30
273,0 x 5,6	36,80	538,0	47,00	4.206	308,0	9,460
168,3 x 4,5	18,10	199,0	23,20	777,0	92,40	5,790

Una volta trovati i profili per le sezioni, si procede all'analisi su SAP inserendo i profilati corretti.

Per quanto riguarda le aste scariche si assegna ad esse il profilo minore tra quelli trovati, in quanto non possono essere eliminate altrimenti la struttura diventerebbe labile.

