

Simulation

Shell & Beam

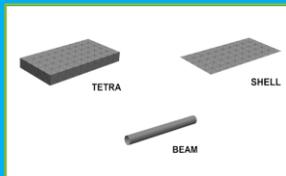
Umberto Fioretti



LEZIONI

1

Libreria degli
elementi



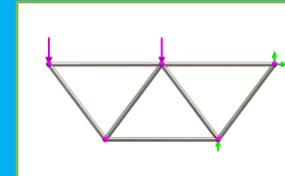
2

Mesh
Beam



3

Mesh
Truss



4

Mesh
Shell



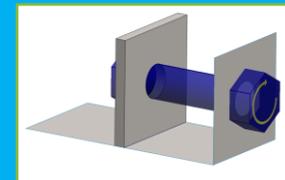
5

Casi studio con
mesh mista



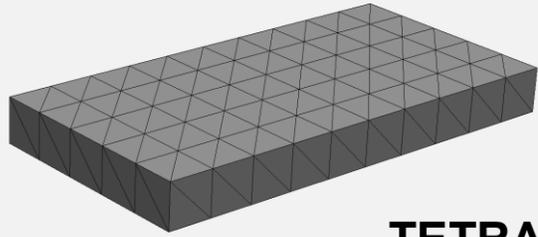
6

Doverosi
approfondimenti

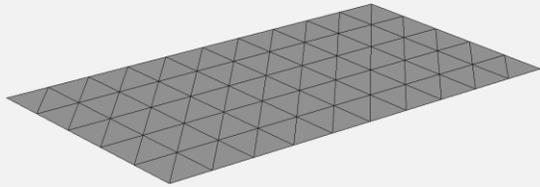


Guidarti passo-passo alla scoperta e all'applicazione pratica degli elementi Shell & Beam, sfruttando numerosi casi studio e mettendo in risalto le problematiche che potrebbero emergere e come risolverle.

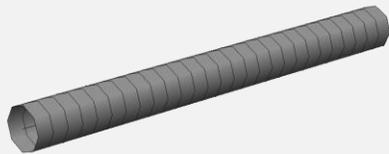




TETRA



SHELL

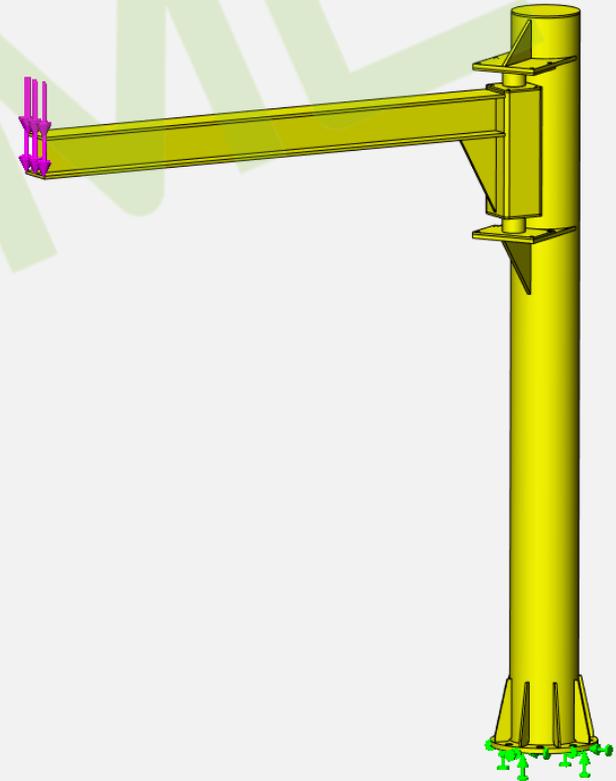


BEAM

Elementi presenti in Simulation

Lezione 1

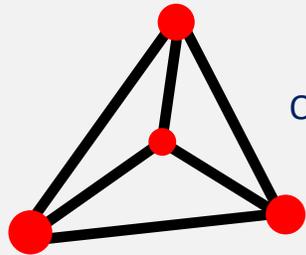
- Elementi presenti in libreria
- Qual è il vantaggio di usare una mesh mista?
- Quale elemento usare...in funzione della geometria?
- Quale elemento usare...in funzione dello scopo dell'analisi?
- Quali requisiti occorre rispettare per discretizzare un corpo con un dato elemento?



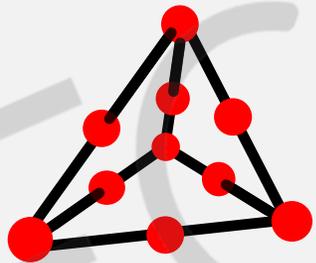


TETRA

(elemento tridimensionale)



QUALITÀ BOZZA
4 NODI



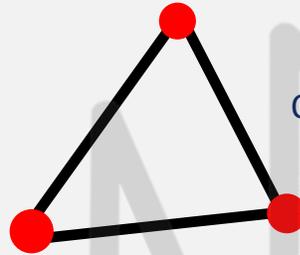
QUALITÀ ALTA
10 NODI

Ogni nodo possiede 3 GDL

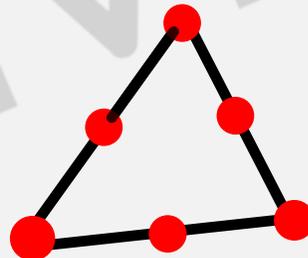


SHELL

(elemento bidimensionale)



QUALITÀ BOZZA
3 NODI



QUALITÀ ALTA
6 NODI

Ogni nodo possiede 6 GDL



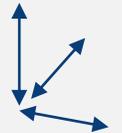
BEAM

(elemento monodimensionale)



TRUSS
2 NODI

Ogni nodo possiede 3 GDL



BEAM
2 NODI

Ogni nodo possiede 6 GDL



QUAL È IL VANTAGGIO?

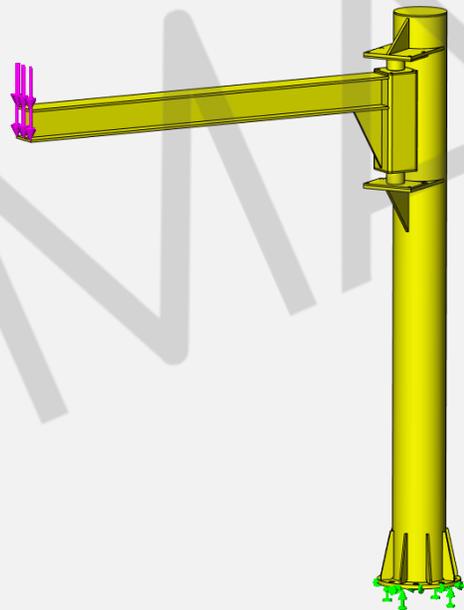


Ci consente di ottenere risultati accurati, **riducendo il tempo di calcolo!**

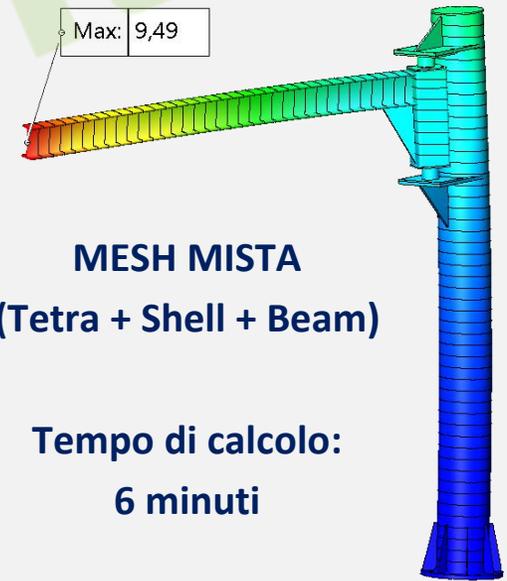


MESH TETRAEDRICA

**Tempo di calcolo:
14 minuti**



GRU a bandiera

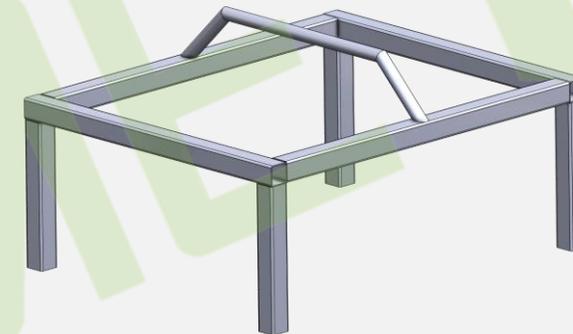
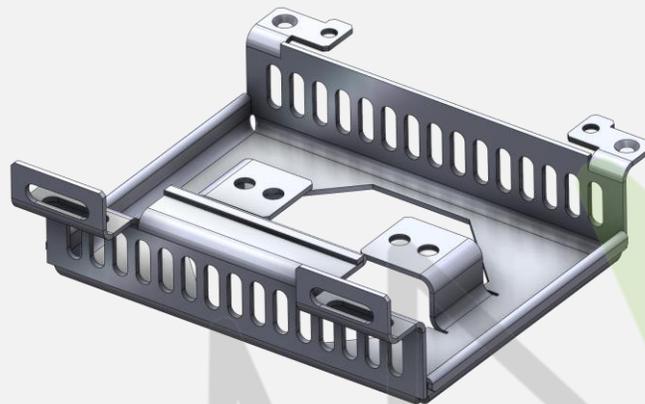
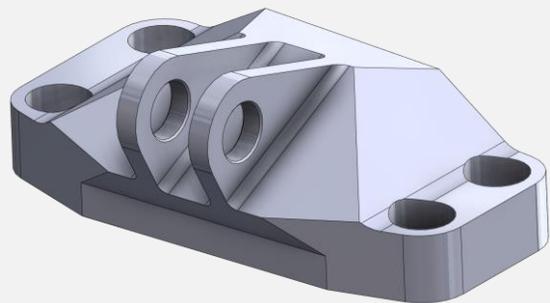


**MESH MISTA
(Tetra + Shell + Beam)**

**Tempo di calcolo:
6 minuti**

- 57%

QUALE USARE? - GEOMETRIA



Rapporto di aspetto

Basso rapporto di aspetto
della geometria

TETRA

(3 direzioni predominanti)

Medio rapporto di aspetto
della geometria

SHELL

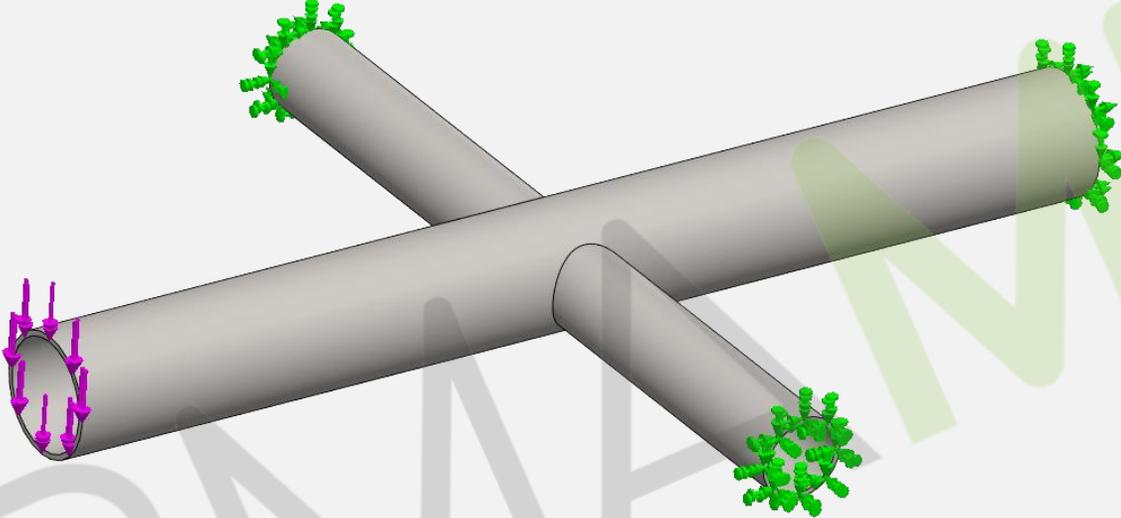
(2 direzioni predominanti)

Alto rapporto di aspetto
della geometria

BEAM

(1 direzione predominante)

QUALE USARE? - SCOPO

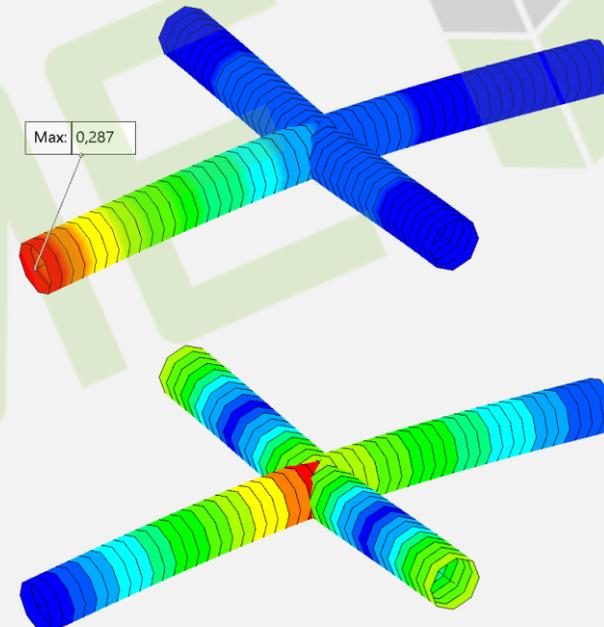
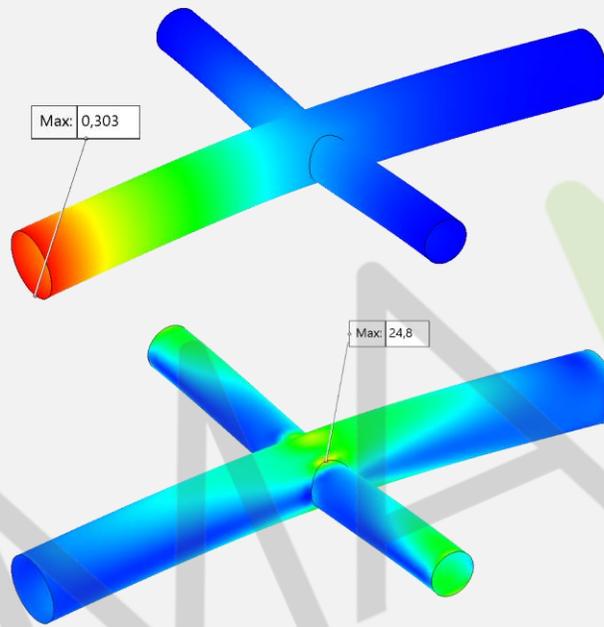
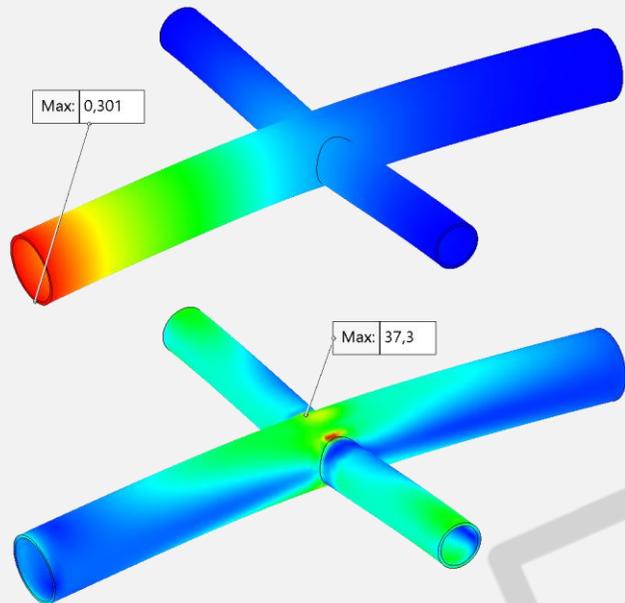


Locale

Globale

FORMAME

QUALE USARE? - SCOPO



TETRA

Rigidezza a livello locale
Gradiente di sollecitazione

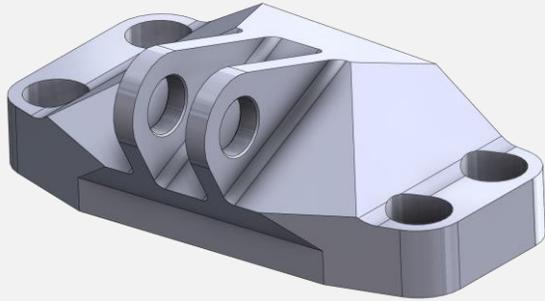
SHELL

Rigidezza a livello locale
Sollecitazione globale

BEAM

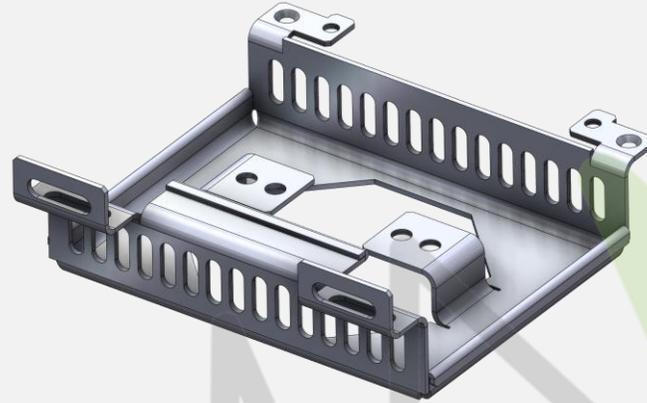
Rigidezza globale
Sollecitazione globale

REQUISITI DA RISPETTARE



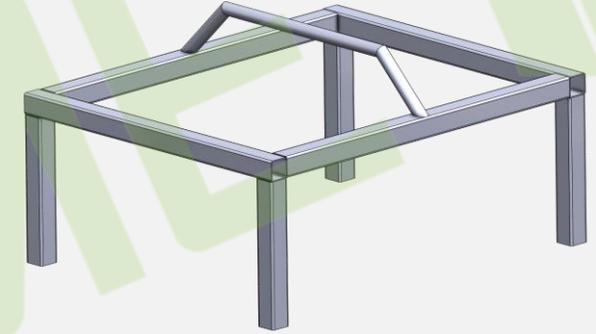
TETRA

- Quando è di interesse la deformata e lo spostamento, allora è sufficiente **1 elemento sullo spessore**
- Quando è di interesse la sollecitazione, soprattutto quella indotta a flessione, occorrono almeno **2 elementi sullo spessore**



SHELL

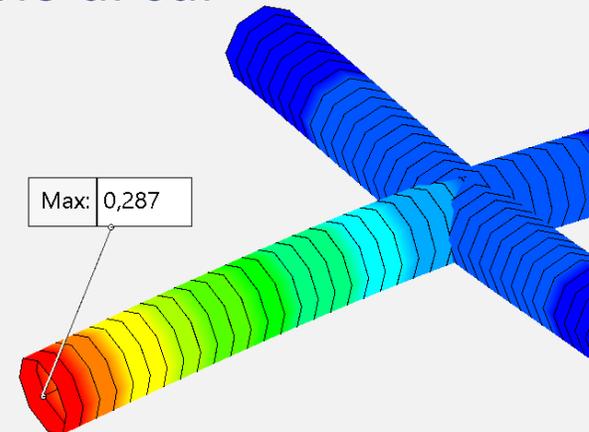
- Il rapporto tra lo spessore e il lato corto di estensione, deve essere **almeno pari a 1/10**
- L'ideale sarebbe avere un **rapporto \geq a 1/20**



BEAM

- La lunghezza del corpo deve essere almeno **10 volte superiore** alla lunghezza del lato meno esteso di sezione
- Almeno **10 elementi** che discretizzano la lunghezza

- In libreria abbiamo l'elemento **TETRA di tipo 3D** (lineare e parabolico), l'elemento **SHELL di tipo 2D** (lineare e parabolico), l'elemento **TRUSS** e l'elemento **BEAM di tipo 1D**.
- **La mesh mista ci consente di velocizzare il calcolo della soluzione**, tenendo conto del rapporto di aspetto geometrico delle parti e senza sacrificare lo scopo dell'analisi (sono interessato all'effetto locale o globale?)
- **Gli elementi lineari (TETRA e SHELL)**, considerando la potenza di calcolo di cui disponiamo oggi, è bene non utilizzarli, in quanto tendono a sovra-irrigidire il corpo discretizzato, fornendo di fatto una «risposta alterata». Quindi, da usare con molta cautela, soprattutto l'elemento SHELL lineare in presenza di sforzi di membrana.

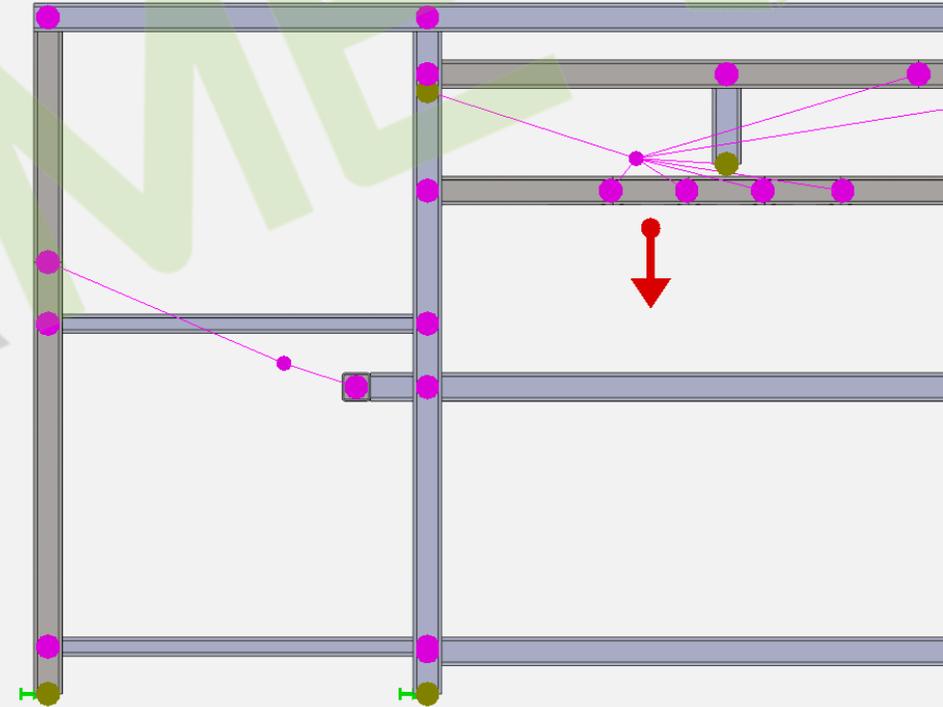




Mesh BEAM

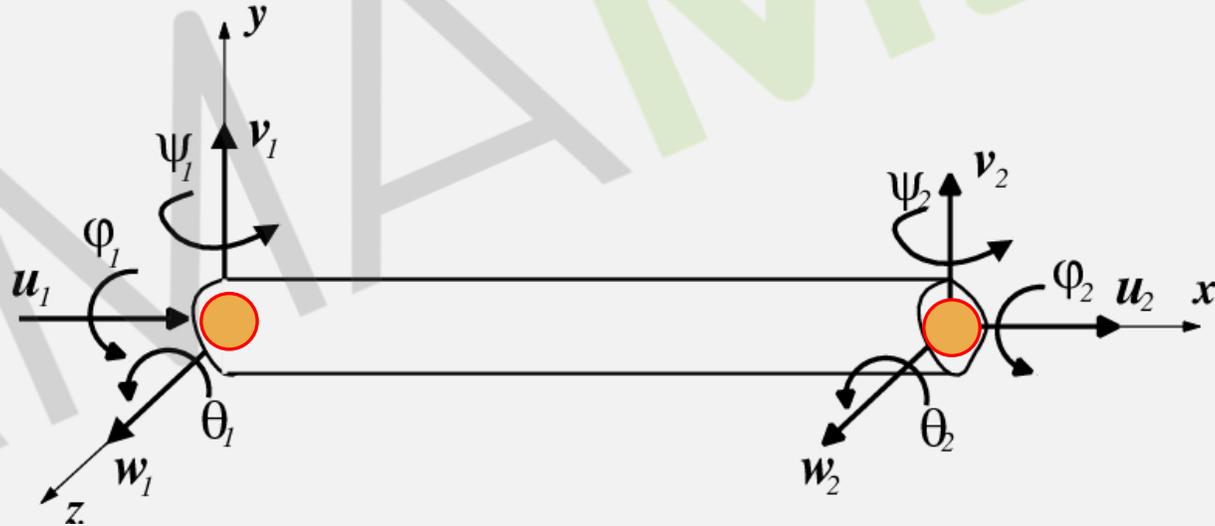
Lezione 2

- Campi di applicazione
- Aspetti teorici sul calcolo
- Tipologie di corpi che possiamo trattare
- Mesh e sua messa a punto
- Vincoli e carichi applicabili
- Aspetti di cui tener conto
- Caso studio: telaio macchina alimentare



L'elemento BEAM, monodimensionale (1D), è tra gli elementi più complessi nel calcolo FEM, in quanto può trasferire tutti i tipi di carico:

- **Assiale**
- **Taglio**
- **Flessione**
- **Torsione**



Dobbiamo tener conto anche della terna locale del corpo!

CAMPI DI APPLICAZIONE

In generale, utilizziamo l'elemento BEAM per **discretizzare una struttura** (telaio, carpenteria, traliccio), dove i corpi alle estremità sono saldati o incastrati, così come vi sono carichi applicati lungo la lunghezza del corpo.



Telaio



Carpenteria



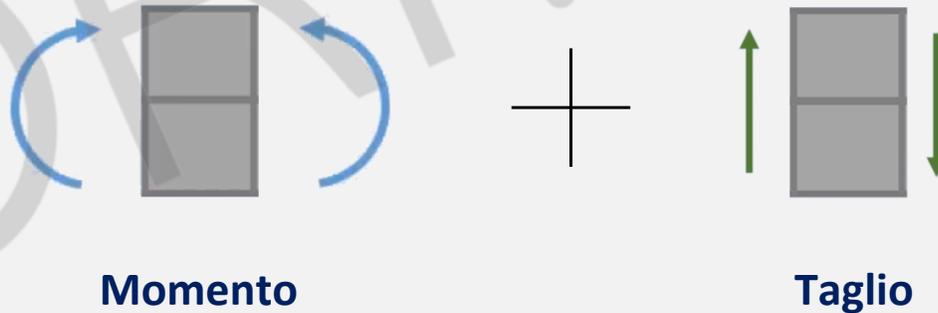
Traliccio



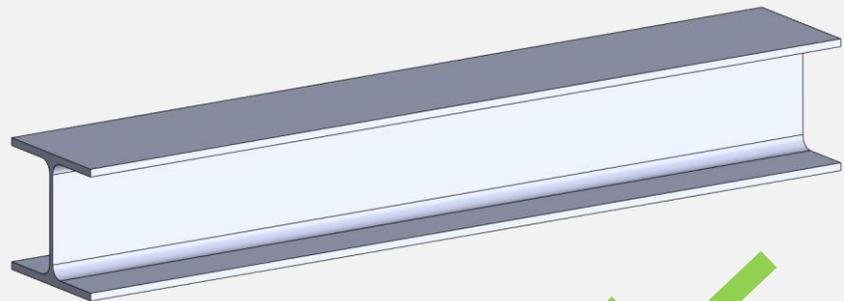


La soluzione fornita da Simulation adotta il modello di **Timoshenko** per il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti.

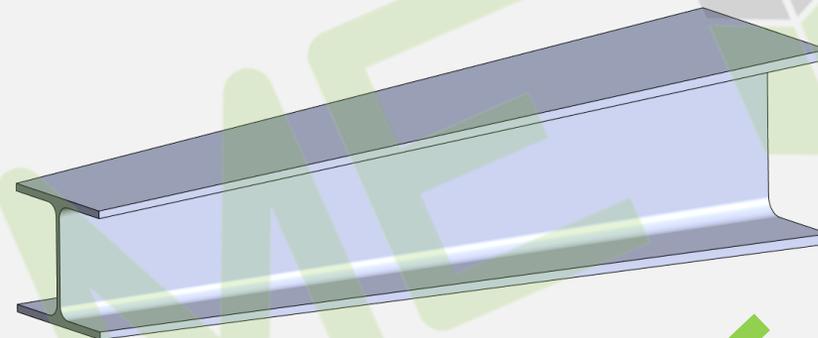
Questo significa che tiene conto della **deformabilità flessionale e di taglio**.



TIPOLOGIE DI CORPI



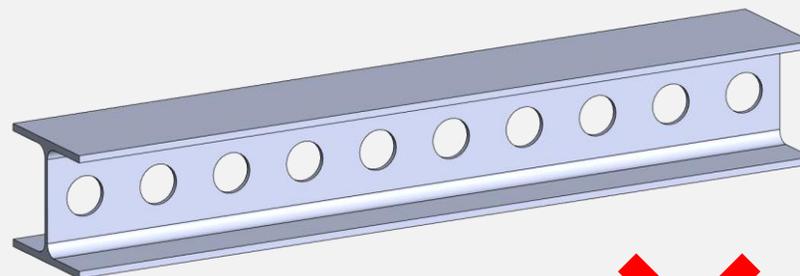
Trave lineare



Trave conica



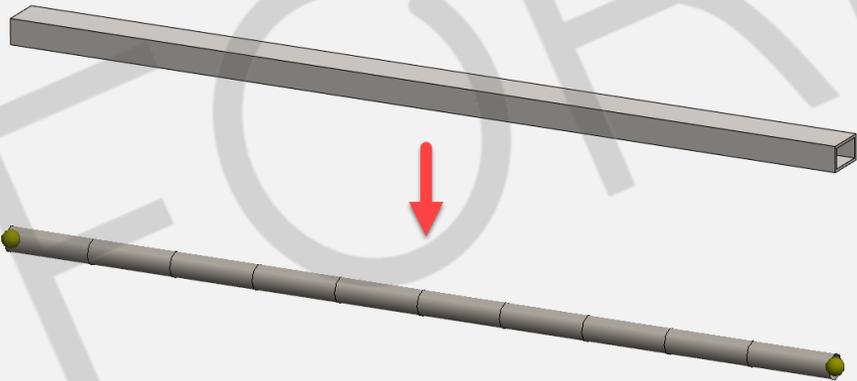
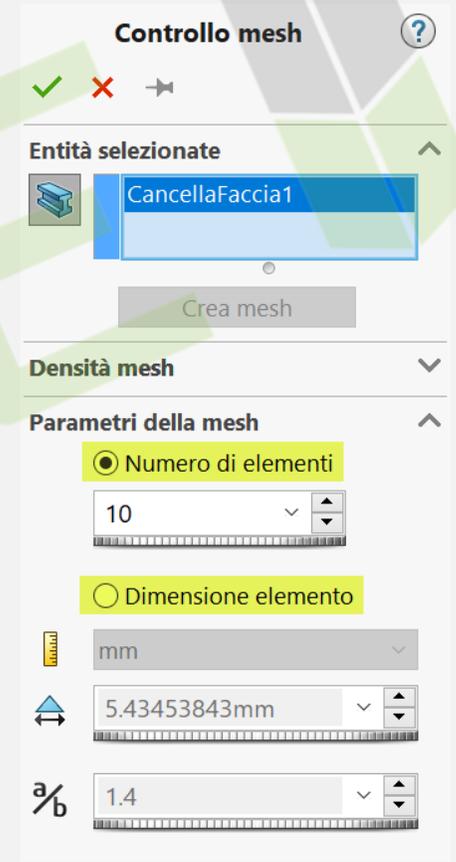
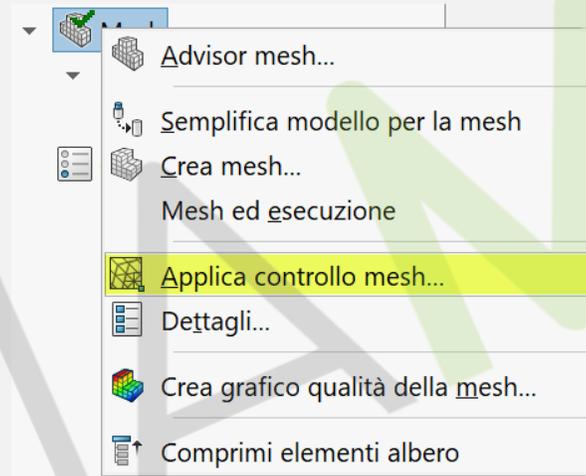
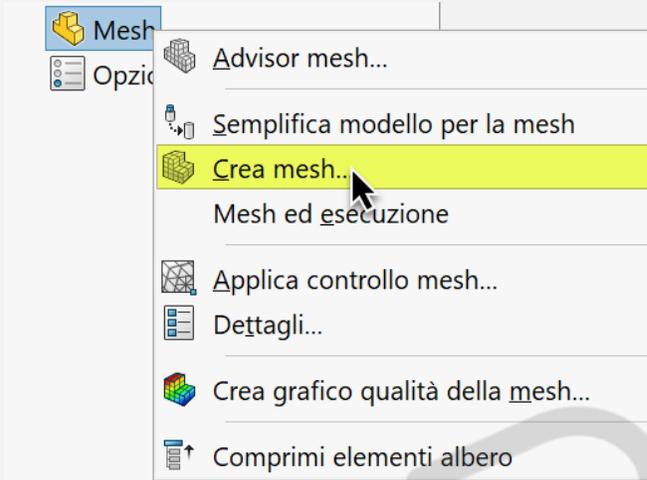
Trave curva



Trave forata



MESH DI CORPI BEAM



CARICHI & VINCOLI



- Vincoli
- Carichi
- Mesh
- Grat
- Con
- Opzioni

- Advisor vincoli...
- Geometria fissa...**
- Nascondi tutto
- Mostra tutto
- Copia
- Crea nuova cartella
- Comprimi elementi albero

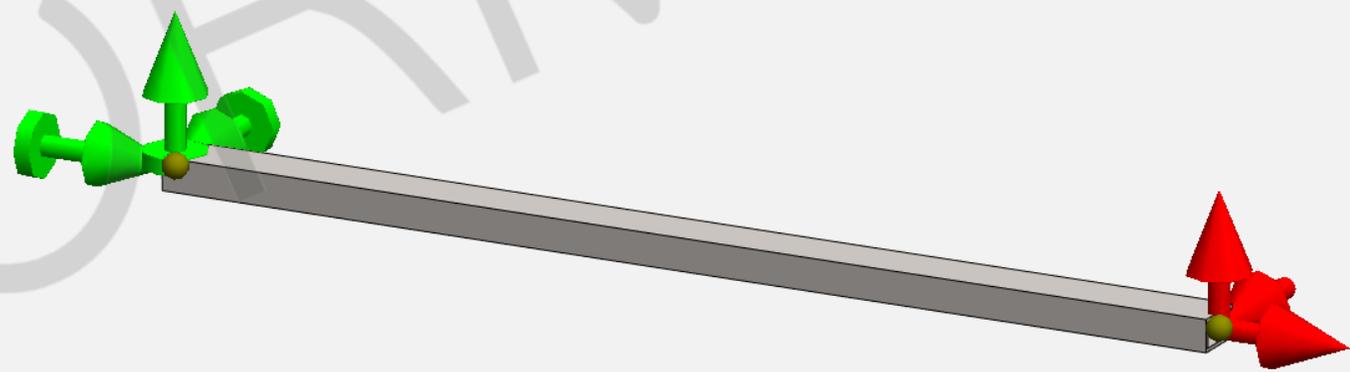
Vincolo ?

✓ ✗ →

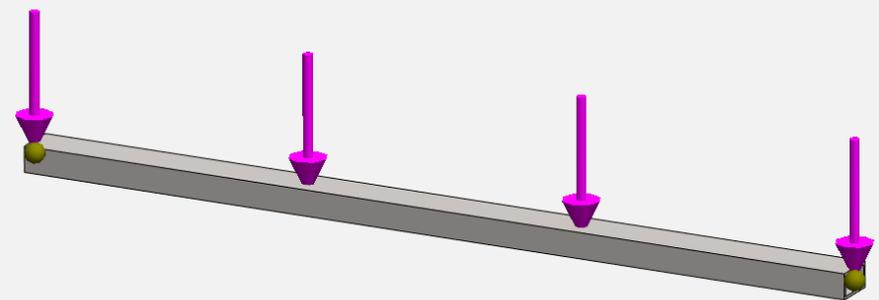
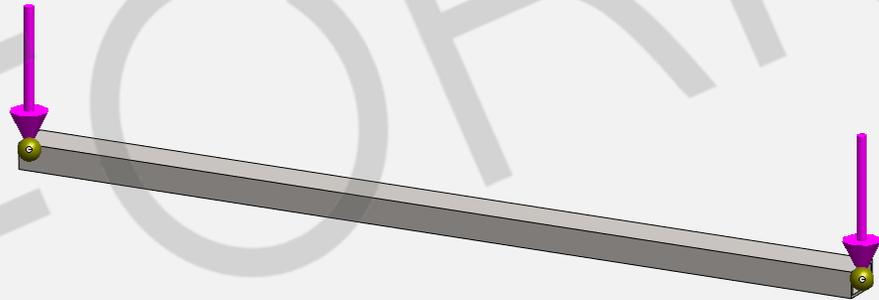
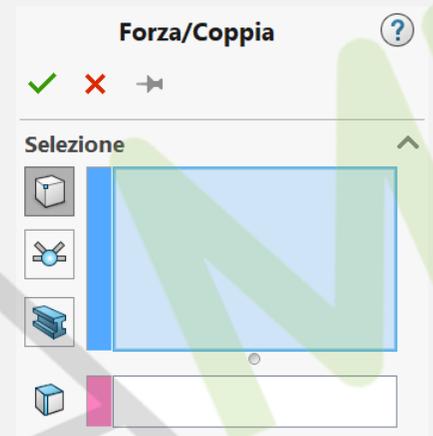
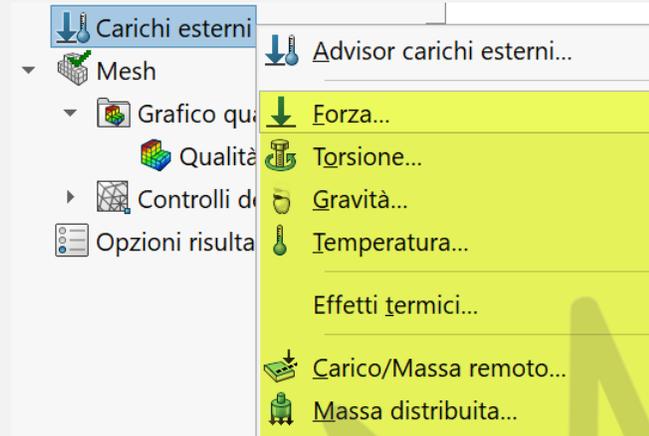
Esempio ▾

Standard(Geometria fissa) ▲

- Geometria fissa
- Nessuna traslazione
- Usa geometria di riferimento



CARICHI & VINCOLI



CARICHI & VINCOLI



Forza/Coppia

✓ ✗ ↔

Selezione

- CancellaFaccia1
- Piano superiore

Unità

SI

Per unità di lunghezza

Forza

- 1 N/m
- 1 N/m
- 1000 N/m

Direzione contraria

Momento

- 1 N-m/m
- 1 N-m/m
- 1 N-m/m

Forza/Coppia

✓ ✗ ↔

Selezione

- CancellaFaccia1
- Piano superiore

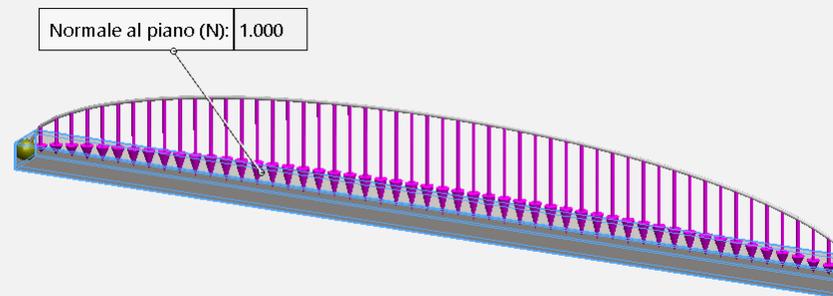
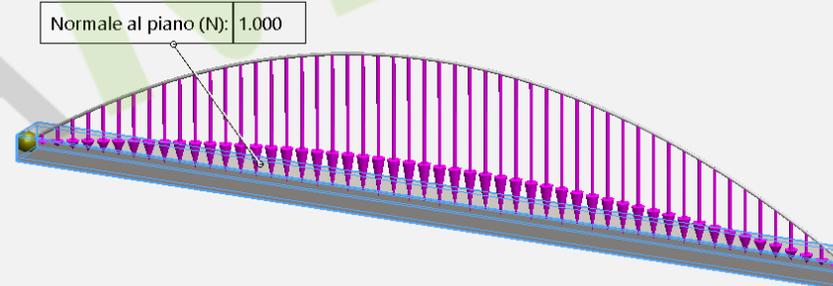
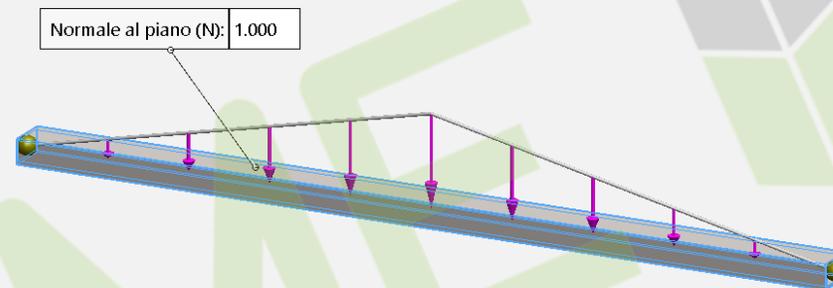
Unità

Forza

Momento

Distribuzione non uniforme

Distribuzione di carico totale

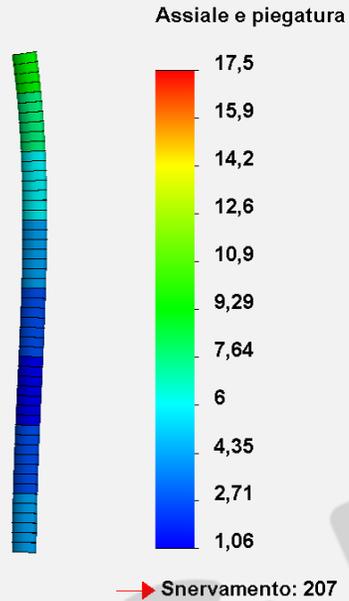


ASPETTI DI CUI TENER CONTO



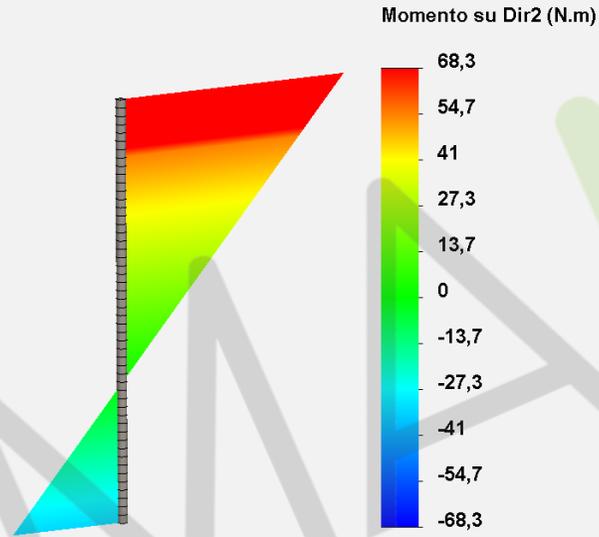
- La sezione non può **deformarsi**.
- Il comportamento meccanico è dato dalle **proprietà di sezione**.
- I risultati si riferiscono **all'asse neutro**.
- Sollecitazioni semplici e composte, **niente Von-Mises**.
- Non è disponibile il **contatto** di scorrimento.
- Non è possibile **modificare localmente la sezione**.
- Non è possibile **rifinire la mesh** sulle sole estremità collegate ad altri corpi.
- Solo il modello di materiale **isotropo elastico lineare**.
- Vengono ignorate le **singolarità numeriche** nei risultati (hot spot).

RISULTATI SPECIFICI CON BEAM



Grafici dei risultati

Sollecitazione
Spostamento
FOS



Diagrammi trave

Assiale
Taglio (2)
Momento (2)
Torsione

Elenco forze

Nome trave	Elemento	Fine	Assiale (N)
Trave-32(Importato44)	—	—	1.405,3
Trave-28(Importato41)	—	—	1.357,9
Trave-25(Importato10)	—	—	1.086,2
Trave-24(Importato8)	—	—	1.048,1
Trave-7(Importato15)	—	—	963,36
Trave-41(Importato32)	—	—	908,86
Trave-44(Importato14)	—	—	896,16
Trave-17(Importato30)	—	—	894,14
Trave-15(Importato16)	—	—	646,88
Trave-40(Importato34)	—	—	639,47
Trave-14(Importato37)	—	—	630,24
Trave-8(Importato13)	—	—	620,26

Elenco forze trave

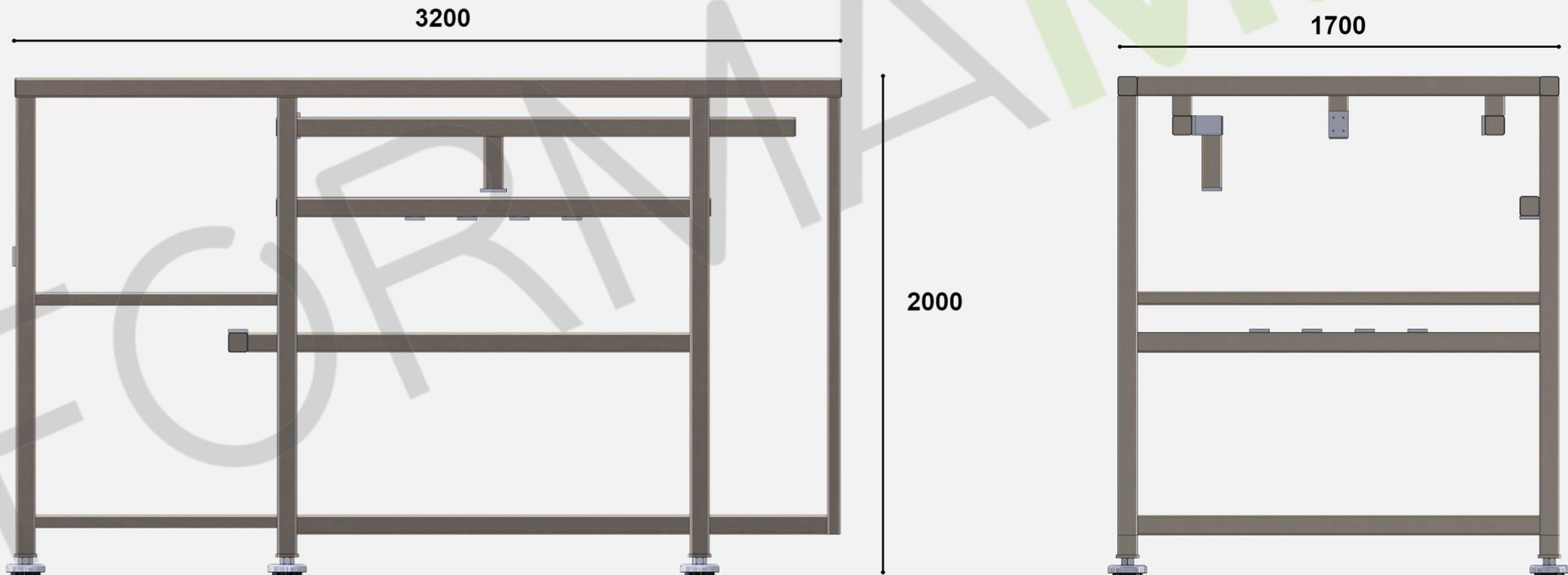
Forze
Sollecitazioni



CASO STUDIO: TELAIO CONFEZIONATRICE



Valutare, nella condizione statica, lo stato di deformazione e distribuzione delle forze e momenti di reazione a terra, **così da dimensionare correttamente i supporti a terra.**



CASO STUDIO: TELAIO CONFEZIONATRICE

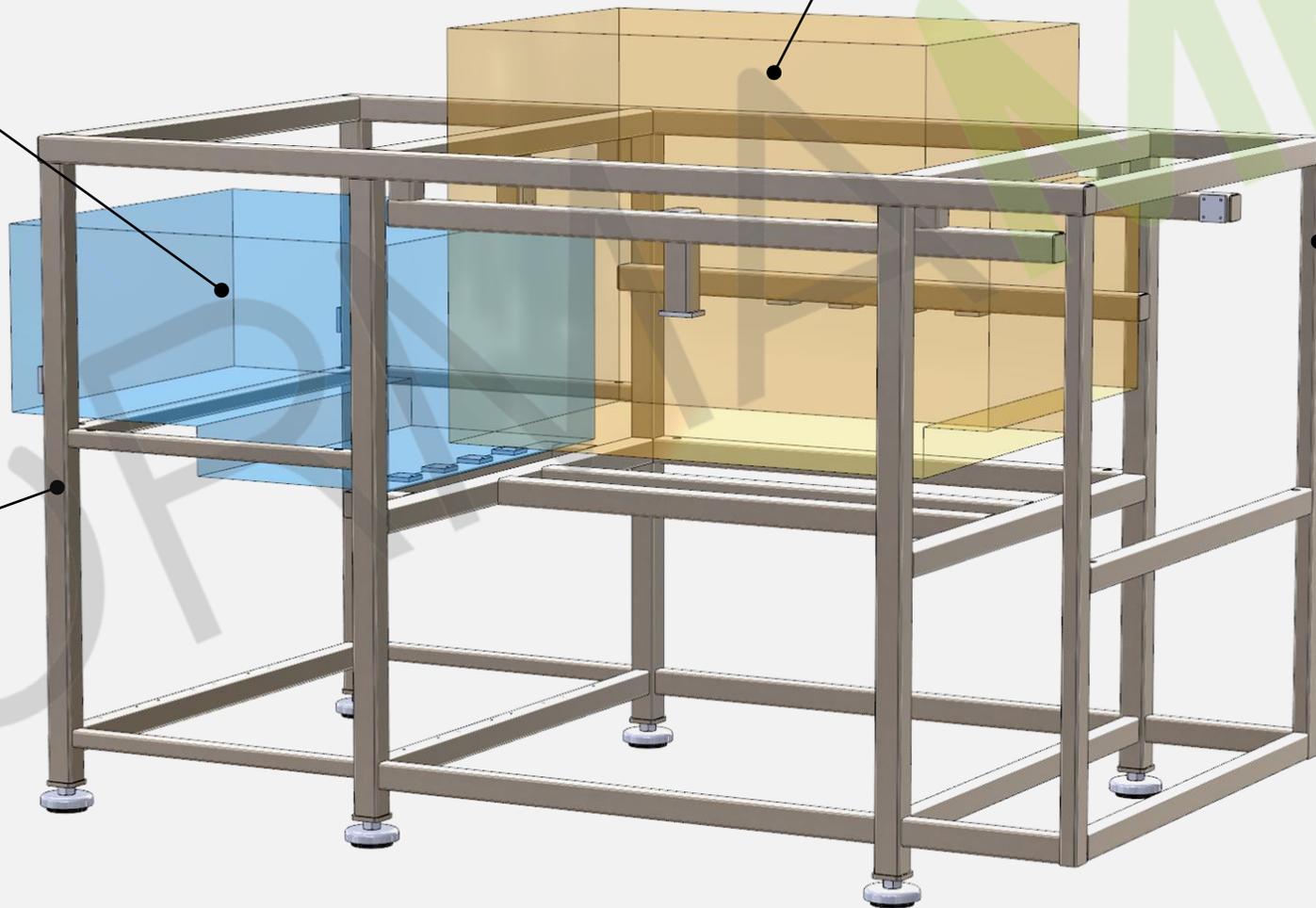


Nastro trasportatore
Ispezione visiva
320 Kg

Unità di riempimento
1250 Kg

Peso
570 Kg

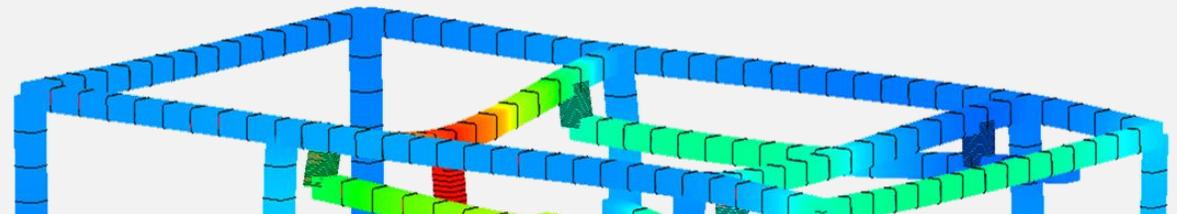
Profilo quadro
80x80x5 mm





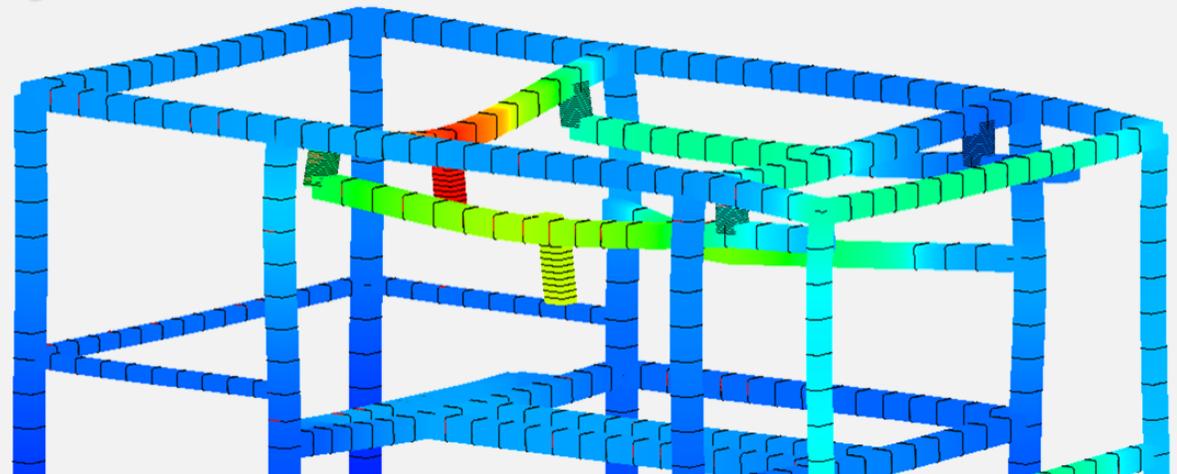
RIASSUMENDO...

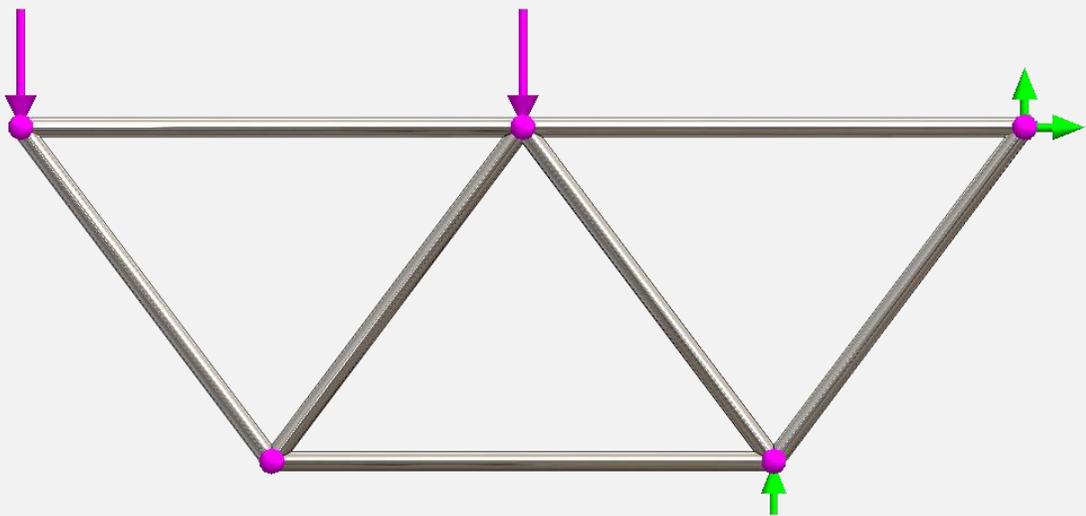
- I valori forniti dai **diagrammi trave** ed **elenco forze trave**, sono corretti, occorre però prestare attenzione ai segni.
- Per leggere correttamente (secondo la nostra convenzione) i **diagrammi del taglio**, dobbiamo orientare l'asse della direzione assiale verso destra e la direzione di taglio di interesse verso l'alto.
- Per leggere correttamente (secondo la nostra convenzione) i **diagrammi del momento**, dobbiamo orientare l'asse della direzione assiale verso destra e la direzione di momento di interesse verso l'interno dello schermo.
- I **grafici dei risultati**, oltre a restituire valori corretti, se plottiamo il profilo trave possiamo vedere anche i versi corretti.



RIASSUMENDO...

- Se il corpo viene modellato con le **funzioni «Saldature»**, in Simulation viene trattato automaticamente con mesh BEAM.
- Con soli elementi BEAM nell'analisi, non occorre il **contatto globale** ne si possono definire i contatti.
- Il **giunto verde** sta a significare che quel nodo non è collegato ad altri nodi, mentre il **giunto magenta** sta ad indicare che su quel nodo convergono due o più corpi.

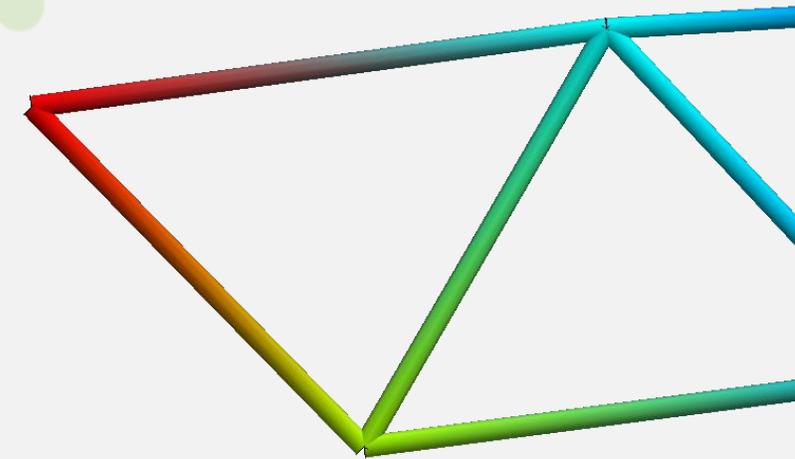
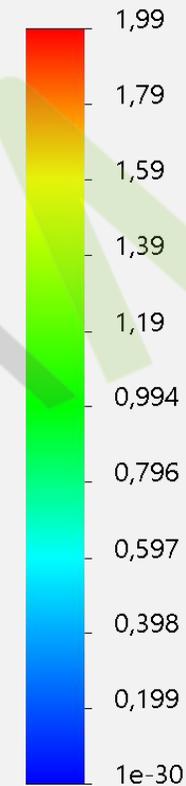




Mesh TRUSS

- Campi di applicazione
- Tipologie di corpi che possiamo trattare
- Mesh e sua messa a punto
- Vincoli e carichi applicabili
- Risultati disponibili
- Caso studio: travatura piana
- Confronto con risultati analitici

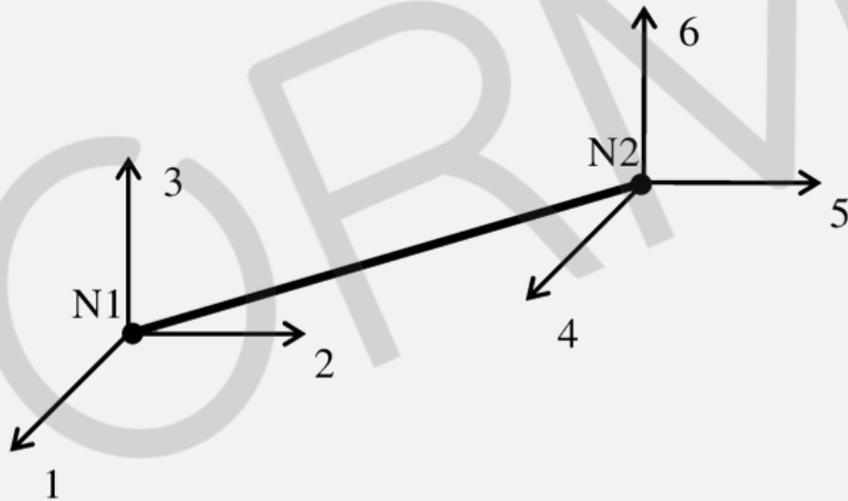
URES (mm)



ELEMENTO TRUSS

L'elemento TRUSS, monodimensionale (1D), è un elemento in grado di resistere al solo sforzo assiale.

Lo si può immaginare come se avesse 2 snodi sferici alle estremità.



CAMPI DI APPLICAZIONE

In generale, utilizziamo l'elemento TRUSS per **discretizzare una struttura reticolare**, dove i corpi sono in grado di resistere solo a trazione o compressione, oppure non si vuole tener conto del contributo dei momenti.



Capriata



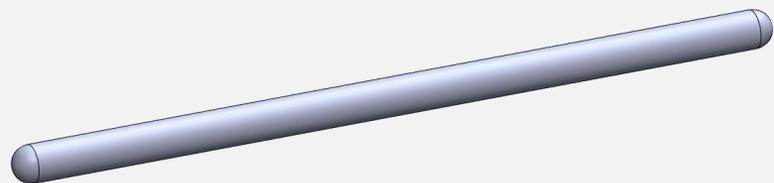
Cavi in tensione



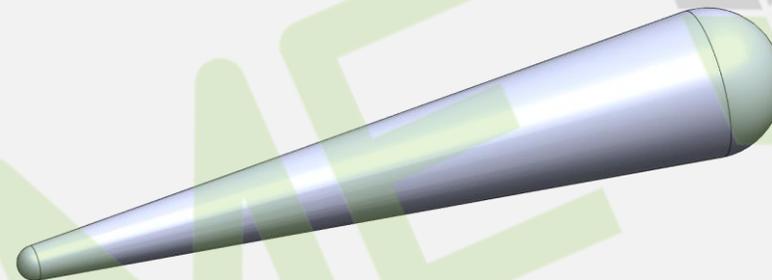
Traliccio



TIPOLOGIE DI CORPI



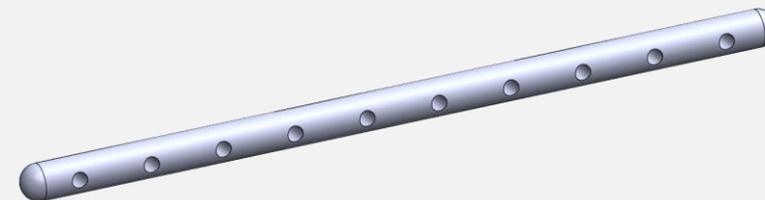
Tirante/Puntone lineare



Tirante/Puntone conico



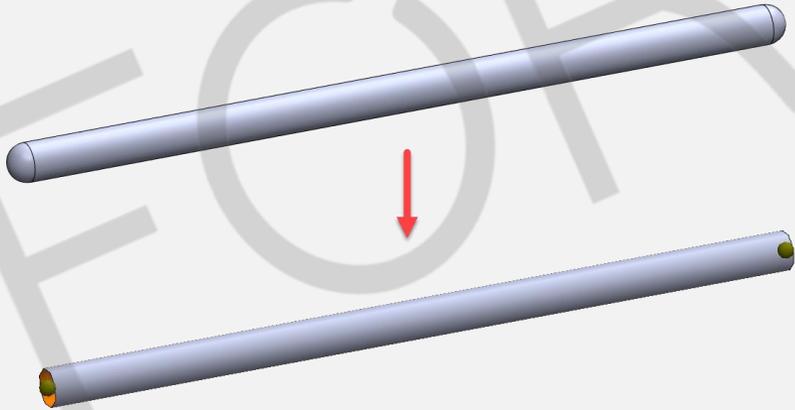
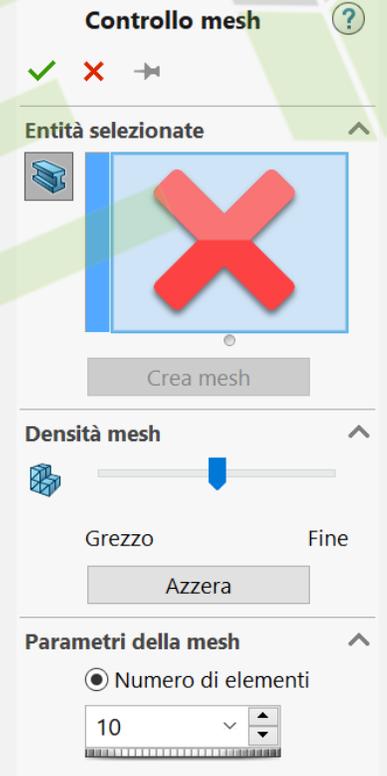
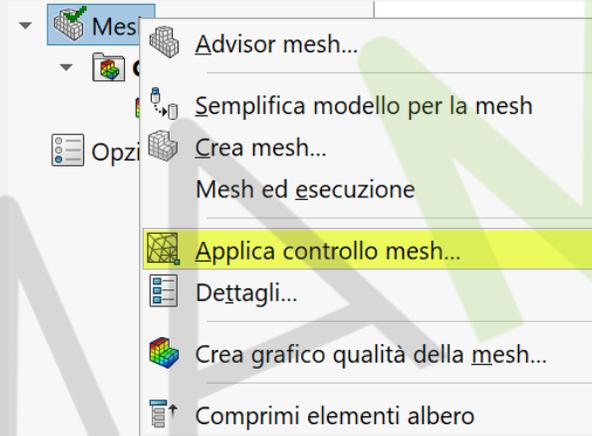
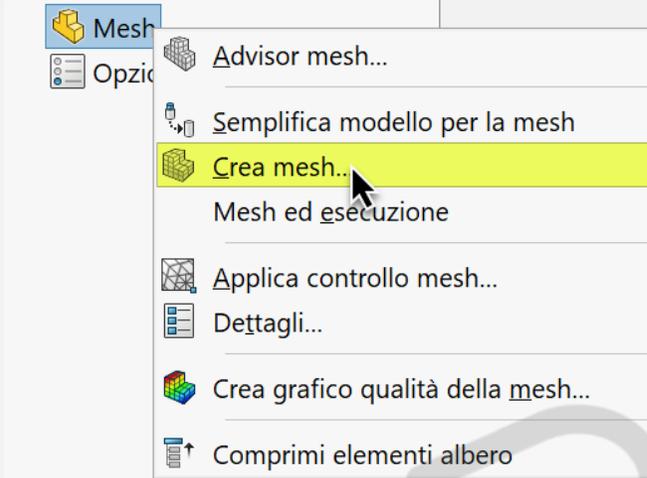
Tirante/Puntone curvo



Tirante/Puntone forato



MESH DI CORPI TRUSS



CARICHI & VINCOLI



- Vincoli
- Carichi
- Mesh
- Grat
- Con
- Opzioni

- Advisor vincoli...
- Geometria fissa...**
- Nascondi tutto
- Mostra tutto
- Copia
- Crea nuova cartella
- Comprimi elementi albero



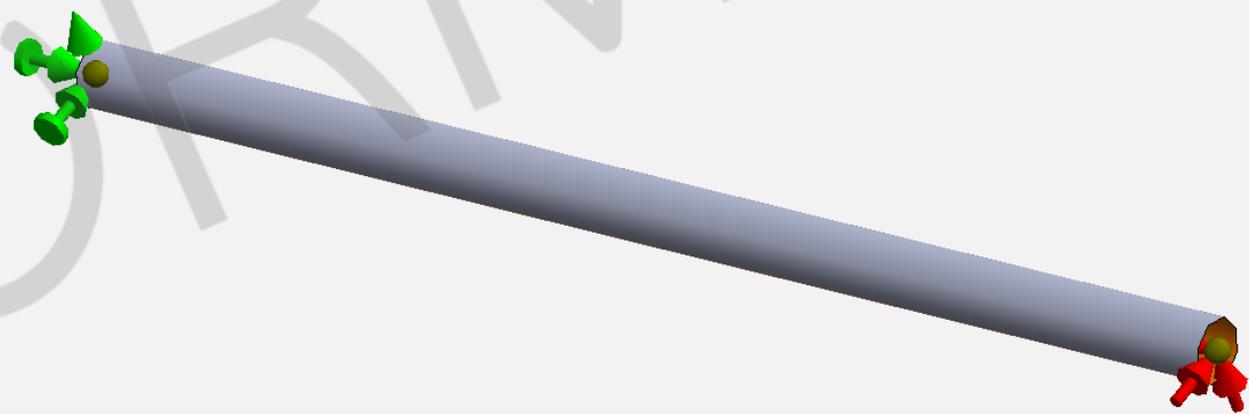
Vincolo ?

✓ ✗ →

Esempio ▾

Standard(Geometria fissa) ▲

- Geometria fissa
- Nessuna traslazione
- Usa geometria di riferimento

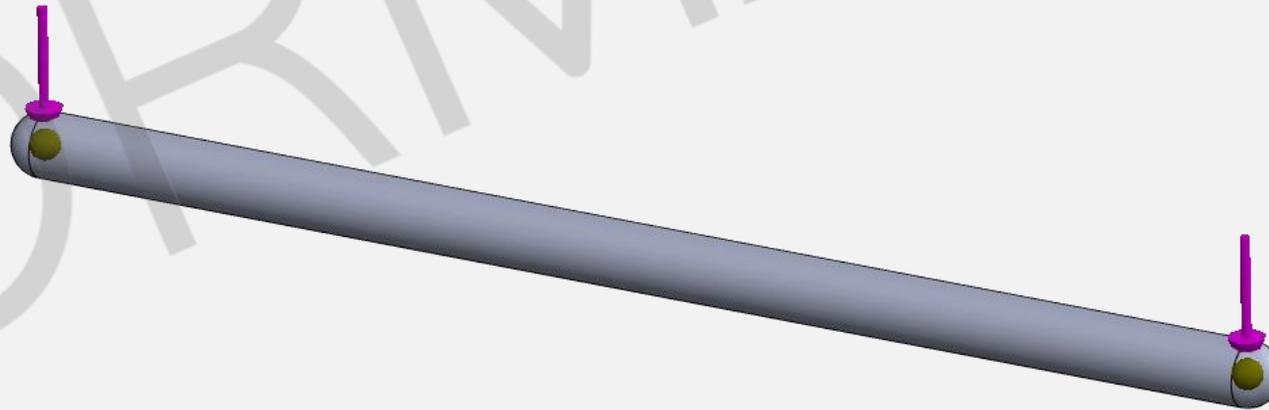


FORMAME

CARICHI & VINCOLI

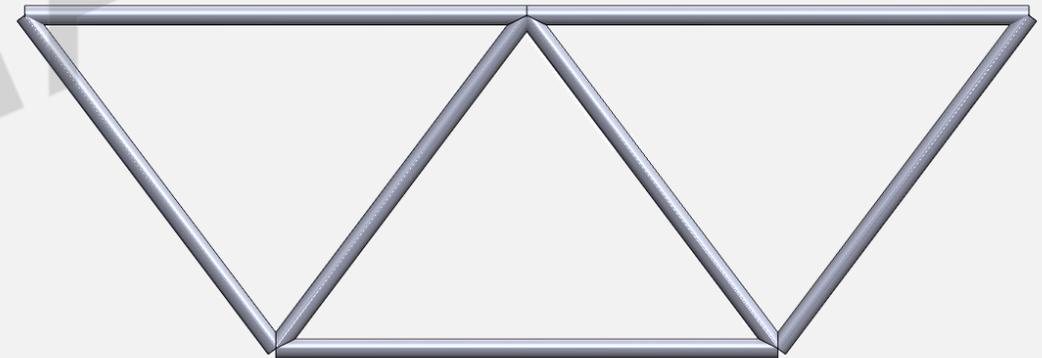
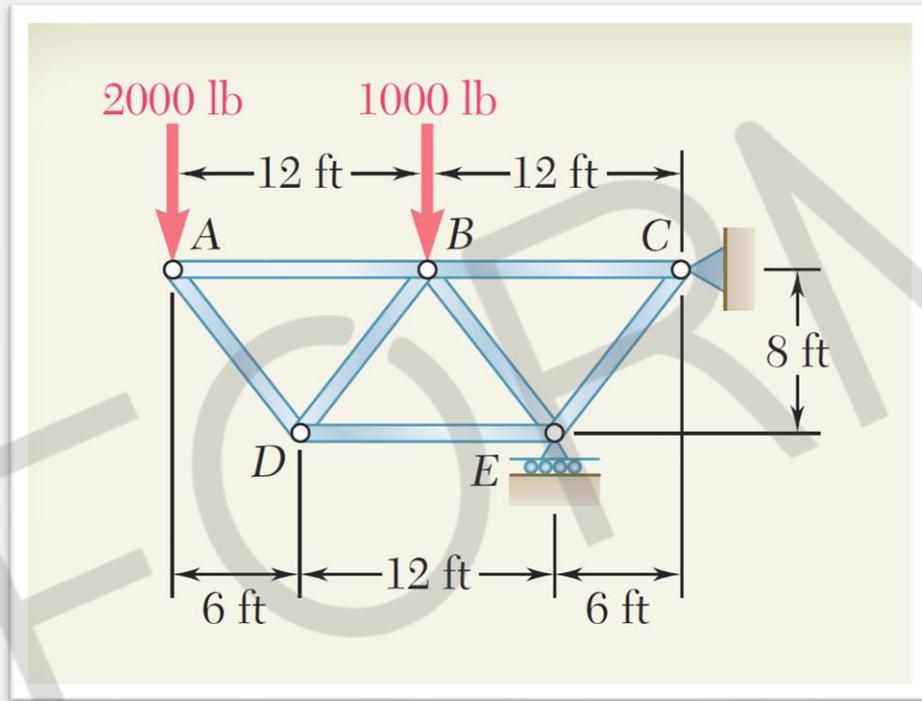


The image shows a software interface for defining external loads. On the left, a tree view under 'Carichi esterni' includes 'Mesh', 'Grafico qu...', 'Qualità', 'Opzioni risulta...', and 'Risultati'. A context menu is open over 'Risultati', listing options: 'Advisor carichi esterni...', 'Forza...', 'Torsione...', 'Gravità...', 'Temperatura...', 'Effetti termici...', 'Carico/Massa remoto...', and 'Massa distribuita...'. The 'Forza...' option is highlighted in yellow. A red arrow points from this menu to a 'Forza/Coppia' configuration window on the right. This window has a status bar with a green checkmark, a red 'X', and a double-headed arrow. Below it, a 'Selezione' section contains a 3D preview window showing a blue rectangular selection on a model, and a color selection bar with a pink bar.



CASO STUDIO: TRAVATURA PIANA

Eeguire la verifica statica della travatura piana di letteratura, **così da ottenere i risultati di forza assiale su ciascuna asta e confrontarli con quelli analitici.**



Modello CAD



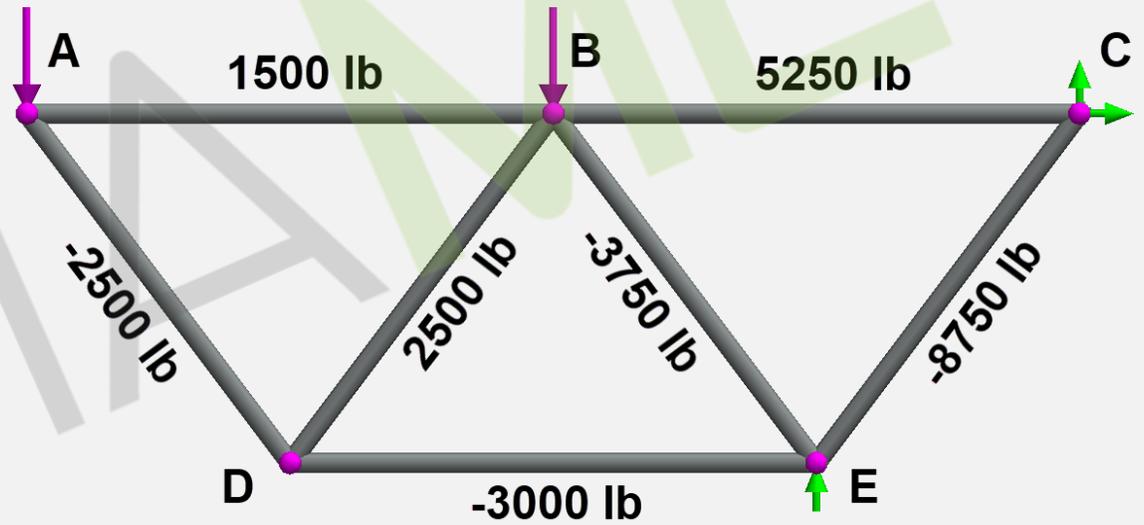


CONDRONTO DEI RISULTATI



$$\begin{aligned} F_{AB} &= 1500 \text{ lb } T \\ F_{AD} &= 2500 \text{ lb } C \\ F_{DB} &= 2500 \text{ lb } T \\ F_{DE} &= 3000 \text{ lb } C \\ F_{BE} &= 3750 \text{ lb } C \\ F_{BC} &= 5250 \text{ lb } T \\ F_{EC} &= 8750 \text{ lb } C \end{aligned}$$

Risultati di forza analitici



Risultati di forza Simulation



RIASSUMENDO...

- Per determinare attraverso il diagramma assiale ed elenco forze se il corpo è soggetto a compressione o trazione, occorre **invertire di segno il valore**.
- Resiste ai soli **carichi assiali**.
- Solo **corpi lineari** e a **sezione costante**.
- Non ci consente di definire i **gradi di libertà** tra i giunti connessi.
- Viene discretizzato con un **solo elemento** e non è possibile applicare il controllo di mesh.

Elenco forze

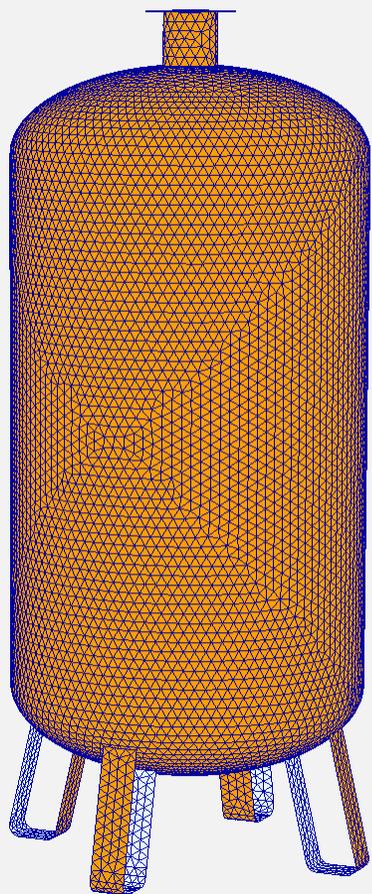
Nome studio: Analisi statica 1 Mostra solo valori estremi

Unità: English (IPS)

Mostra solo punti finali delle travi

Nome trave	Elemento	Fine	Assiale (lbf)	Taglio1 (lbf)	Taglio2 (lbf)	Momento 1 (lbf.in)	Momento 2 (lbf.in)	Torsione (lbf.in)
Trave-1(Pipe en10210 D139,7X5(1)[3])			3.000	0	0	0	0	0

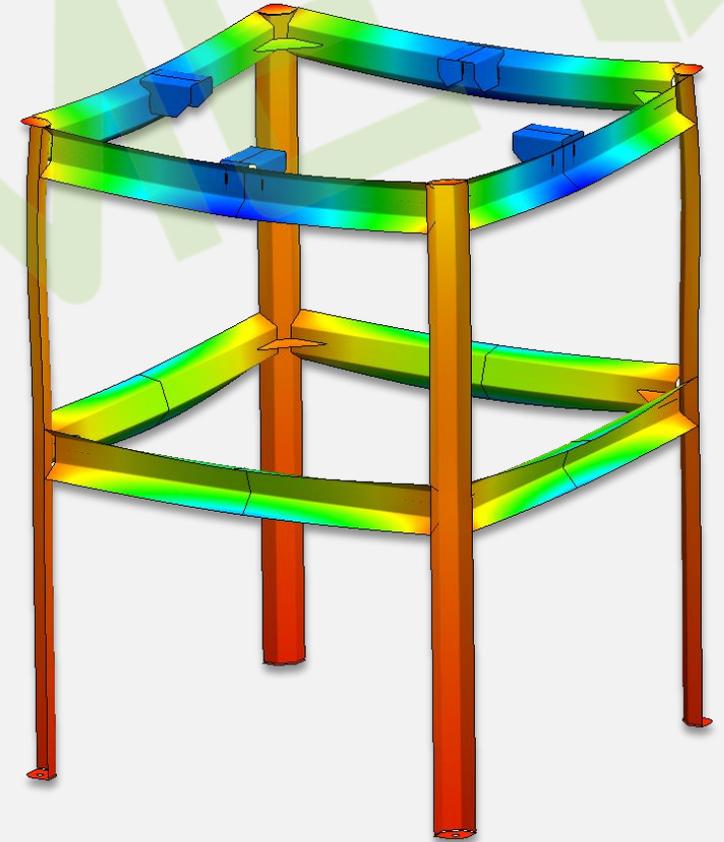




Mesh SHELL

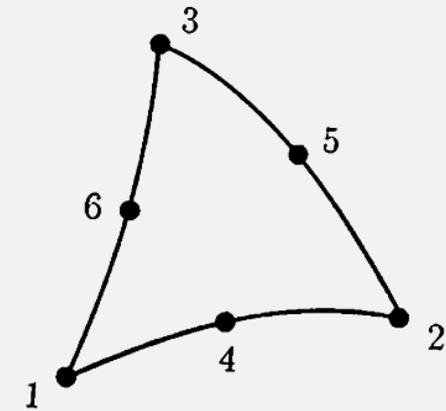
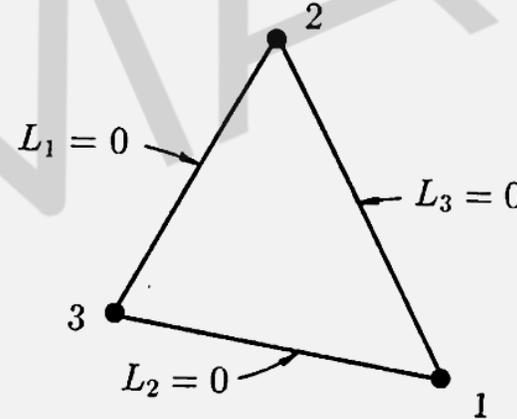
Lezione 4

- Campi di applicazione
- Aspetti teorici sul calcolo
- Tipologie di corpi che possiamo trattare
- Mesh e sua messa a punto
- Vincoli e carichi applicabili
- Caso studio: telaio in lamiera
- Caso studio: recipiente a pressione



L'elemento SHELL, bidimensionale (2D), è sicuramente quello più interessante e da non sottovalutare, sia per la sua capacità di discretizzare corpi che si estendono nelle 2 o 3 dimensioni, così come per i risultati che è in grado di fornirci:

- Sollecitazioni principali
- Von Mises e Tresca
- Sforzi di membrana
- Sforzi flessionali



CAMPI DI APPLICAZIONE

In generale, utilizziamo l'elemento SHELL per **discretizzare parti sottili a spessore costante**, dove dobbiamo tener conto di tutte le tipologie di azioni esterne, e allo stesso tempo possiamo considerare trascurabile lo sforzo sullo spessore.



Parti in lamiera



Strutture sottili



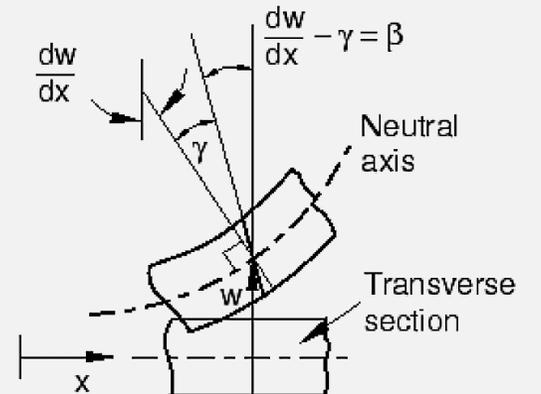
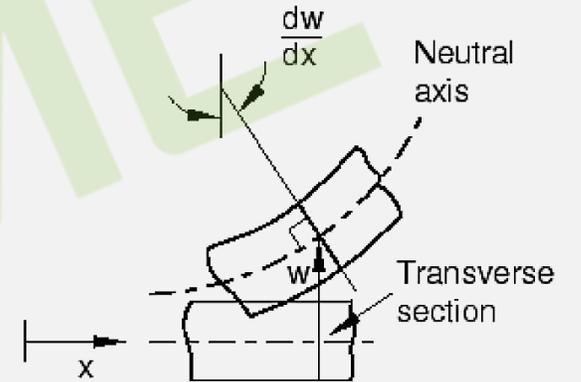
Recipienti a pressione



La soluzione fornita da Simulation con questo tipo di elemento si basa sulla **teoria delle piastre**.

Teoria di Kirchhoff: non si tiene conto dell'azione di taglio trasversale (parallelo allo spessore) quando il corpo è sottoposto a flessione, in quanto trascurabile.

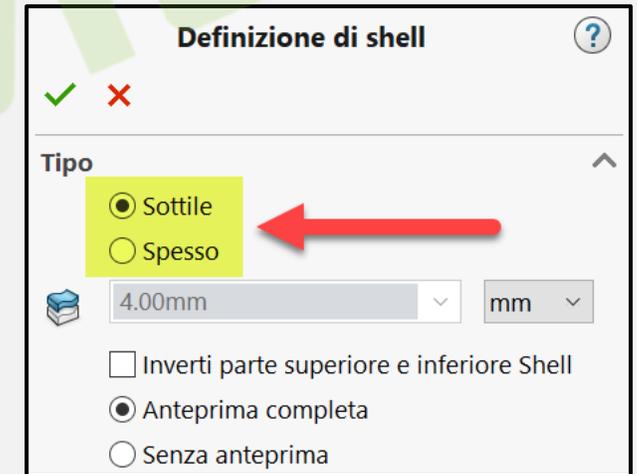
Teoria di Mindlin: tiene conto dell'azione di taglio trasversale (parallelo allo spessore) quando il corpo è sottoposto a flessione, in quanto non trascurabile.



In che modo scelgo di applicare una teoria di calcolo rispetto l'altra?

Teoria di Kirchhoff (formulazione sottile): quando il rapporto tra spessore e dimensione di riferimento è $> 1/15$

Teoria di Mindlin (formulazione spessa): quando il rapporto tra spessore e dimensione di riferimento è $< 1/15$

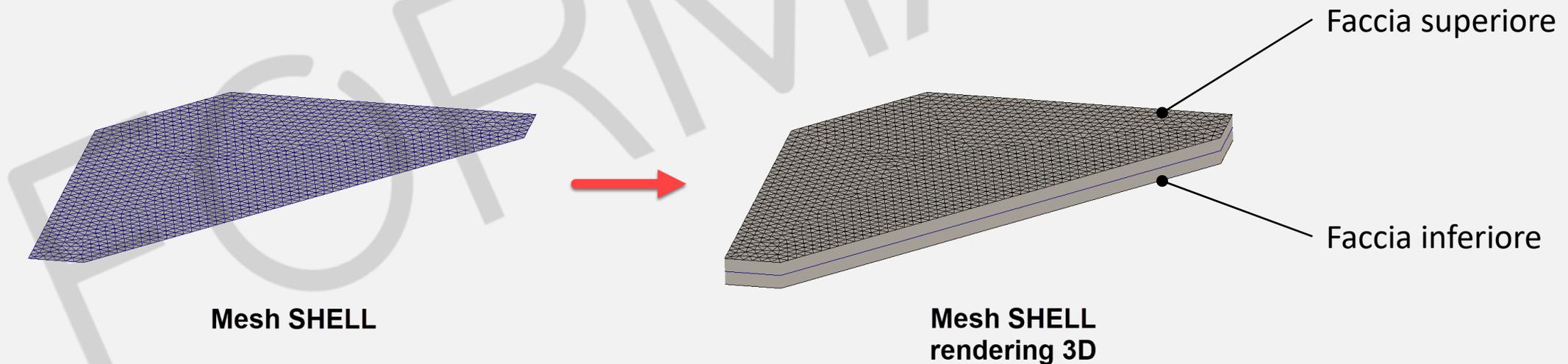


ASPETTI TEORICI SUL CALCOLO



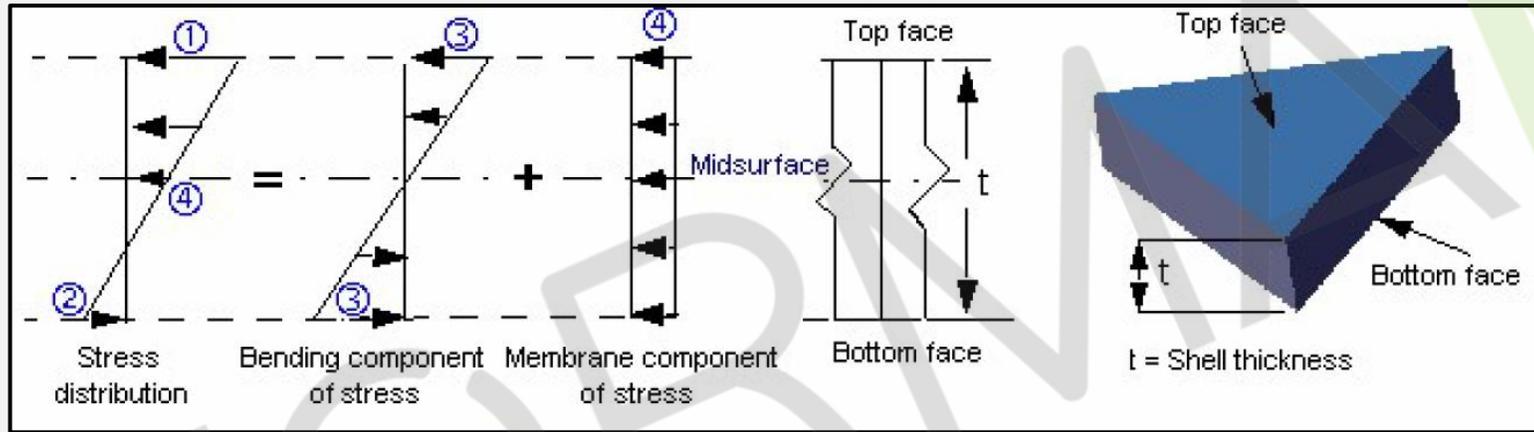
La mesh SHELL non rappresenta lo spessore, di fatto siamo noi che indichiamo al software lo spessore del corpo che stiamo discretizzando con questo tipo di elemento.

Questo significa che Simulation idealizza la presenza dello spessore e rispetto a questo ci fornisce i risultati di estremità.





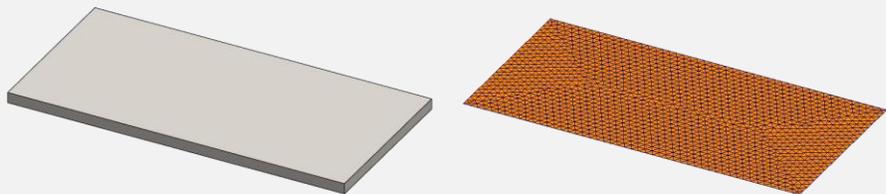
Qual è l'andamento degli sforzi che è in grado di restituirci l'elemento SHELL?



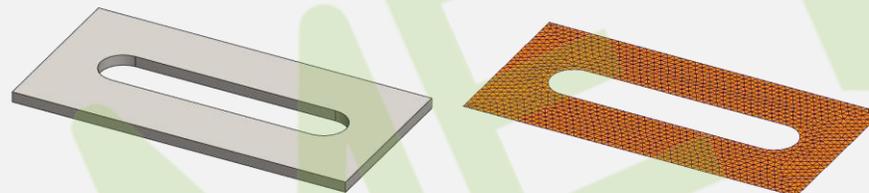
1. Top face stress
2. Bottom face stress
3. Bending stress
4. Membrane stress

L'elemento SHELL non è in grado di rappresentare la variazione non-lineare di sforzo attraverso lo spessore!

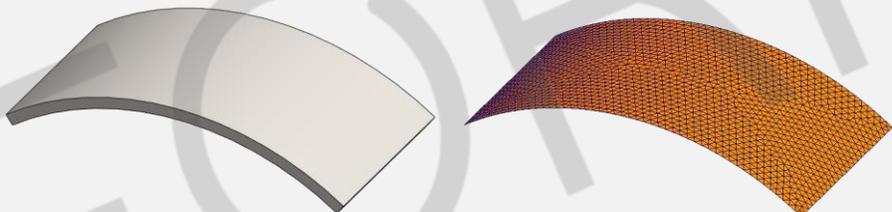
TIPOLOGIE DI CORPI



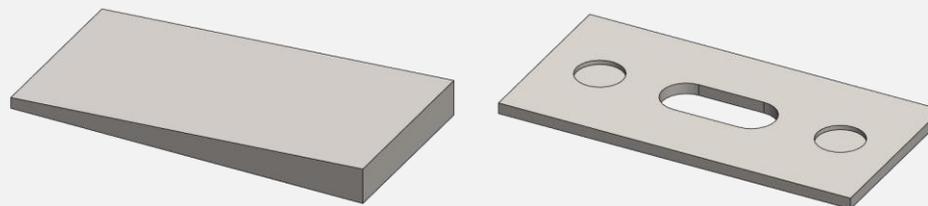
Corpi piani



Corpi con forature



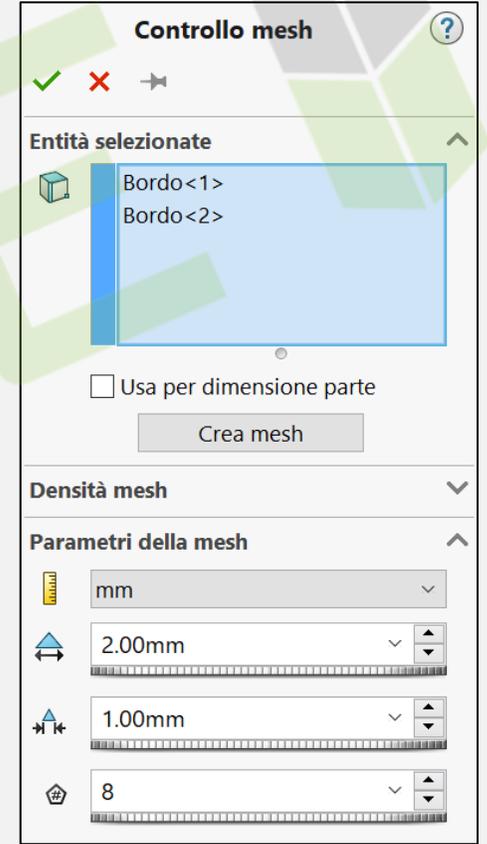
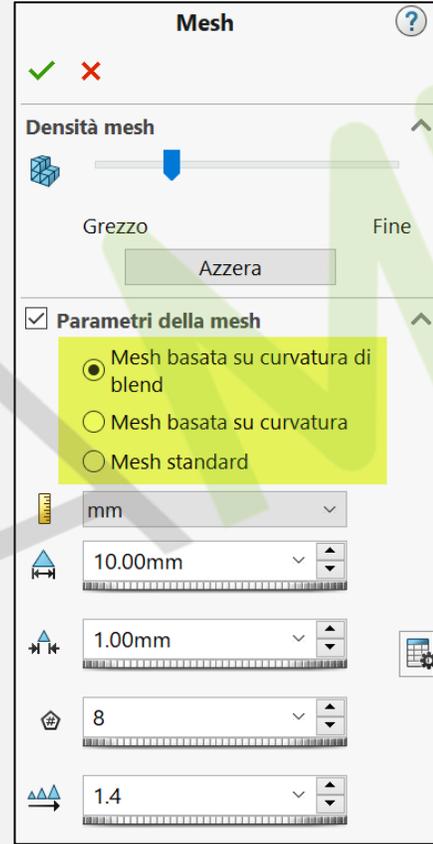
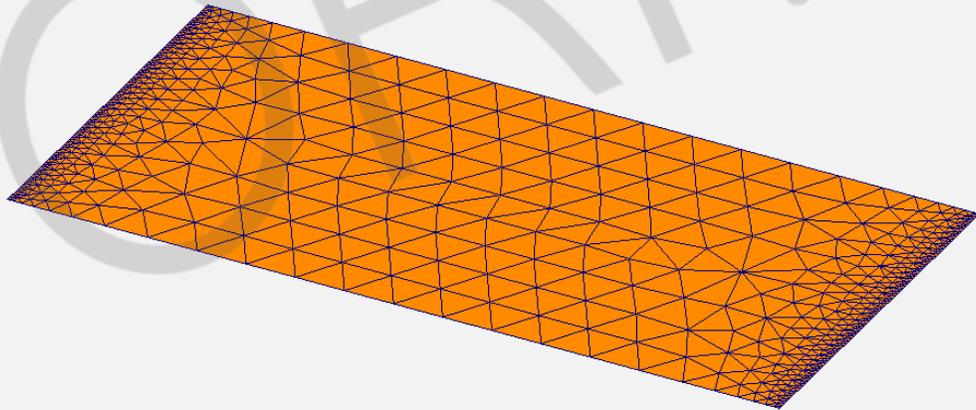
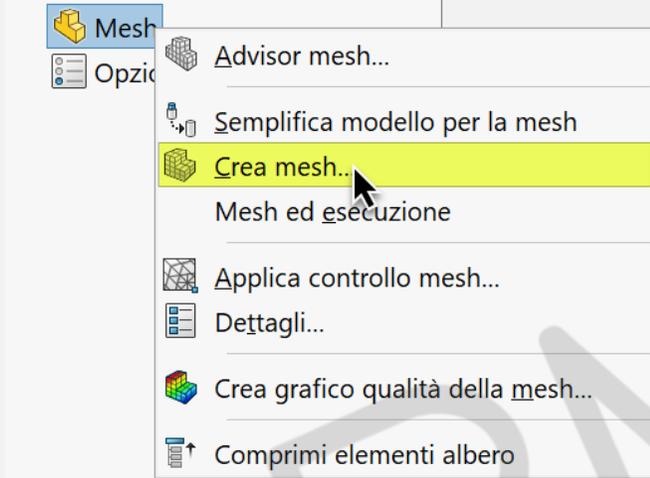
Corpi curvi



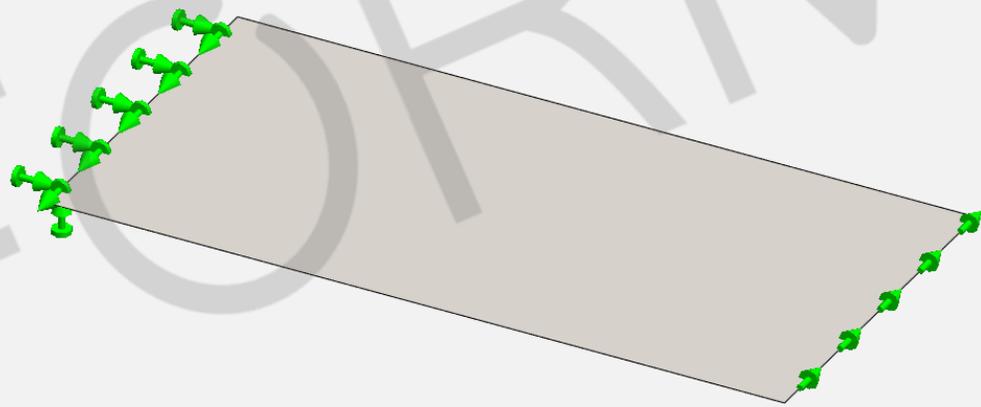
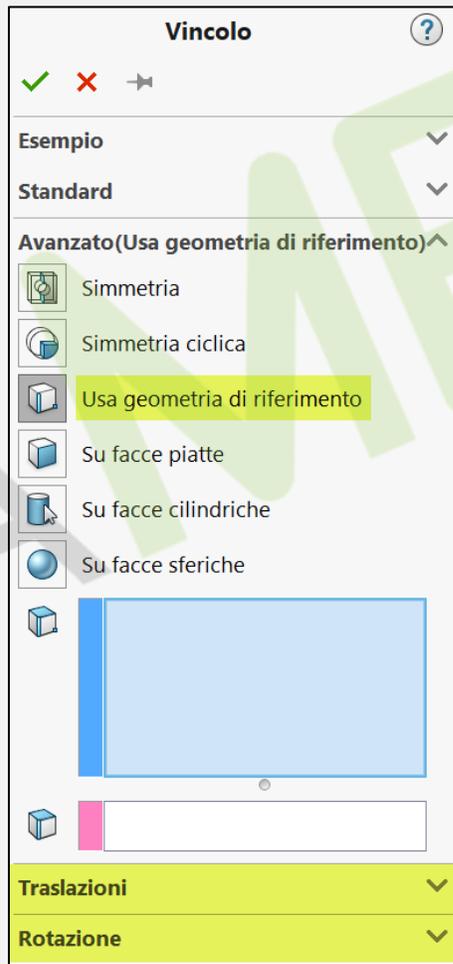
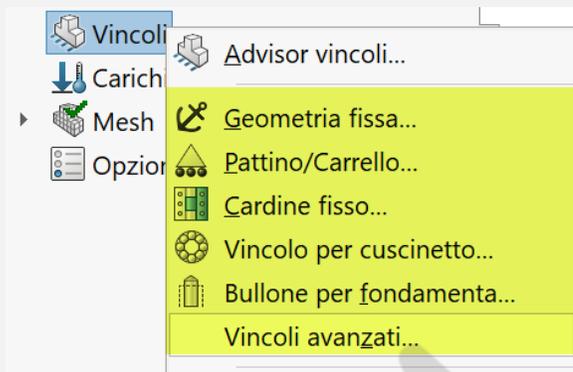
**Spessore variabile
Lavorazioni parziali**



MESH DI CORPI SHELL



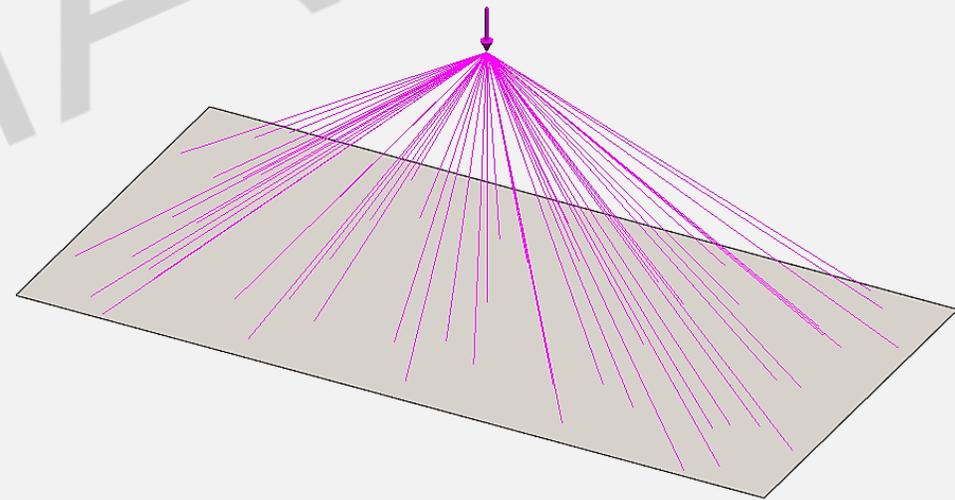
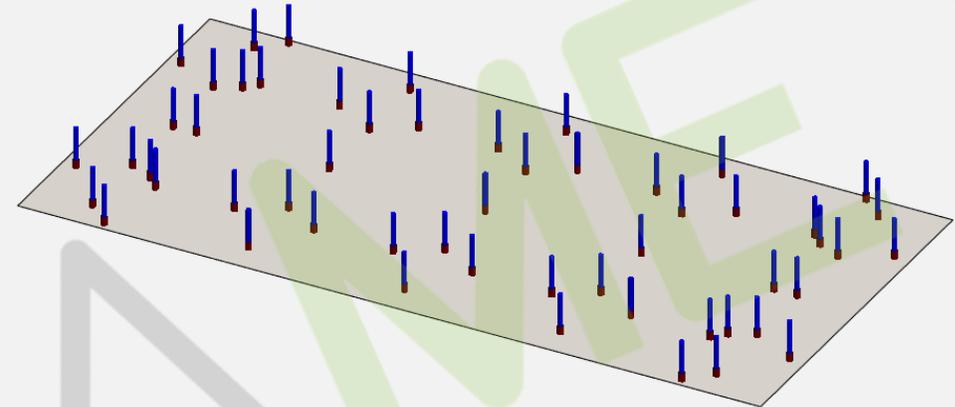
CARICHI & VINCOLI



CARICHI & VINCOLI



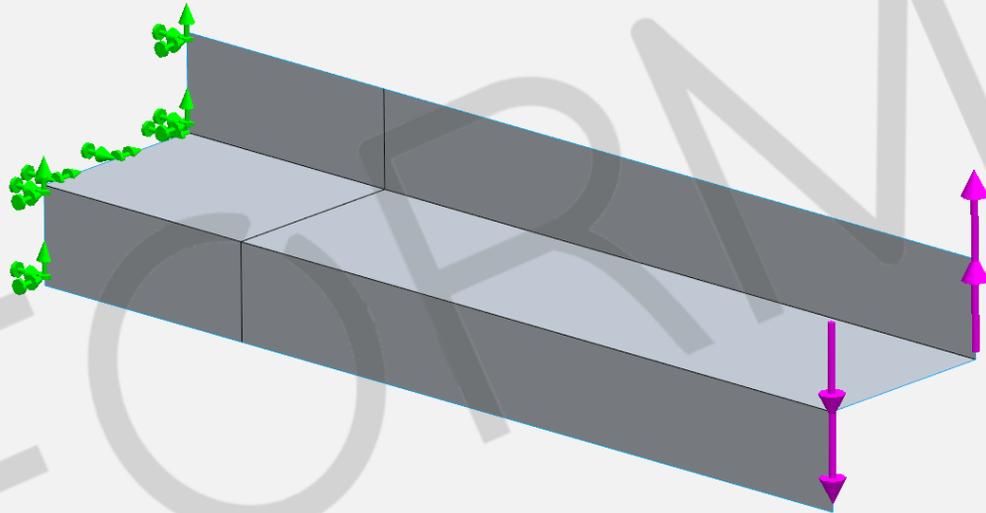
-  Advisor carichi esterni...
-  Forza...
-  Torsione...
-  Pressione...
-  Gravità...
-  Centrifuga...
-  Carico da cuscinetto...
-  Temperatura...
-  Spostamento prestabilito...
-  Effetti flusso...
-  Effetti termici...
-  Carico/Massa remoto...
-  Massa distribuita...
-  Copia



CASO STUDIO: ELEMENTO A SBALZO

Calcolare la **sollecitazione normale SZ** sul **punto A** del corpo a sbalzo, considerando che è sottoposto a un momento di 1,2 MNm applicato all'estremità.

Caso studio NAFEMS



1 m
2 m
1 m
2.5 m
7.5 m

A

Tipo di studio Statica

Tipo di mesh Mesh di shell. Spessore shell = 0.1 m - Formulazione shell sottile

Proprietà del materiale

- Modulo di elasticità = 210×10^3 MPa
- Coefficiente di Poisson (ν) = 0,3

Risultati

Componente	Riferimento
Sollecitazione SZ normale nel punto A (MPa)	-108.8

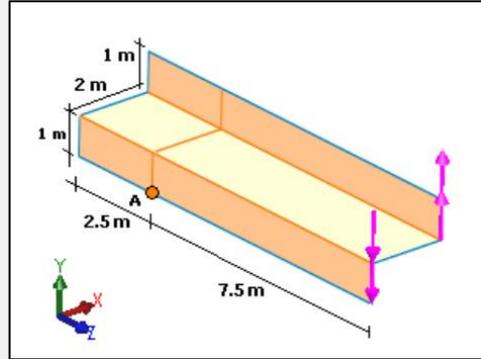
Riferimento

NAFEMS Publication P07, The International Association for the Engineering Analysis Community, 'Linear Statics Benchmarks vol. 1,' D. Hitchings, A. Kamoulakos, G. A. Davies, VOL. 1 ottobre 1987.





CONDRONTO DEI RISULTATI



Risultati

Componente	Riferimento
Sollecitazione SZ normale nel punto A (MPa)	-108.8

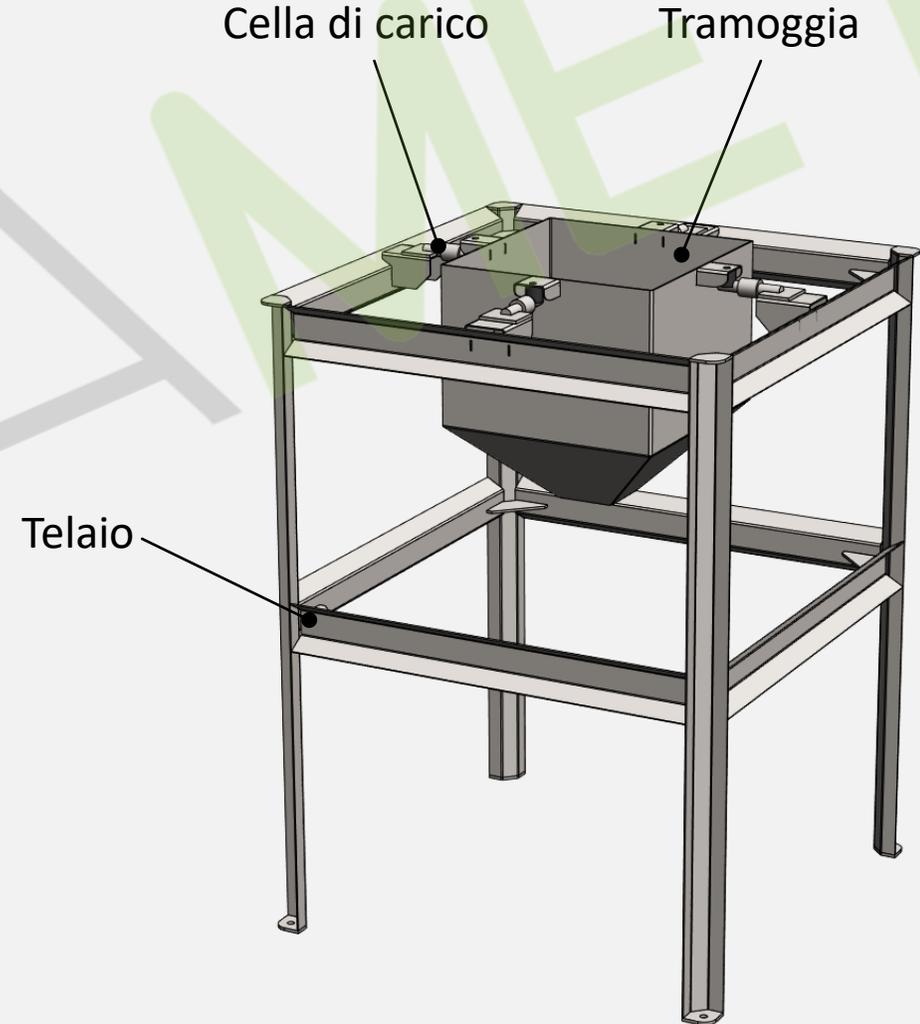
	Tempo di calcolo mesh	Tempo di calcolo soluzione	Risultato nel punto A
Mesh TETRA			
Da solido a SHELL			
Da superficie a SHELL			
Da lamiera a SHELL			

CASO STUDIO: TELAIO PESATRICE

Verificare che il telaio, sotto l'azione del massimo carico che può contenere e pesare il sistema, nelle posizioni in cui vengono installate le celle di carico la **deformazione sia inferiore a 0,2mm.**

Carico: 150 Kg

Materiale: AISI 304





CASO STUDIO: RECIPIENTE A PRESSIONE

Mostrare quanto sia efficiente la mesh SHELL nelle **prime fasi di progettazione e verifica** di un recipiente a pressione.

Pressione interna: 10 Bar

Estrarre i valori di sforzo:

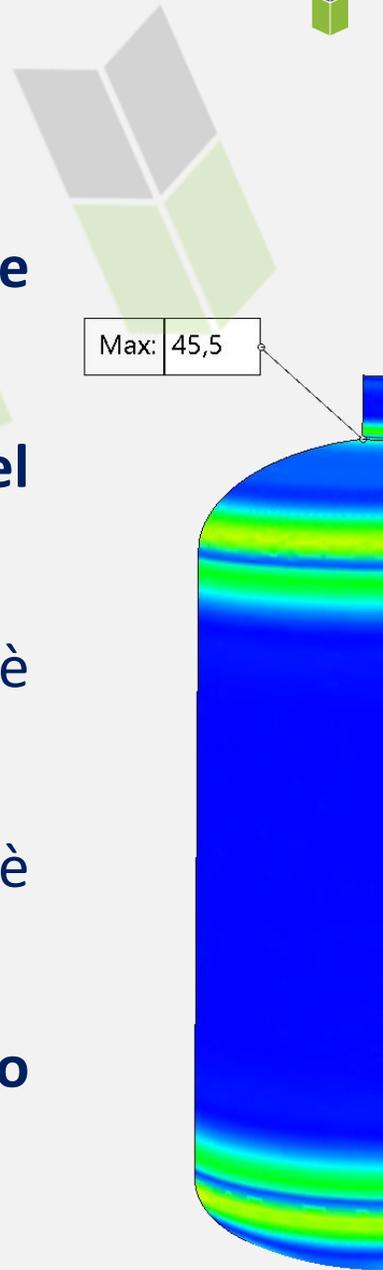
- Membranale
- Flessionale
- Radiale
- Circonferenziale/Tangenziale
- Assiale

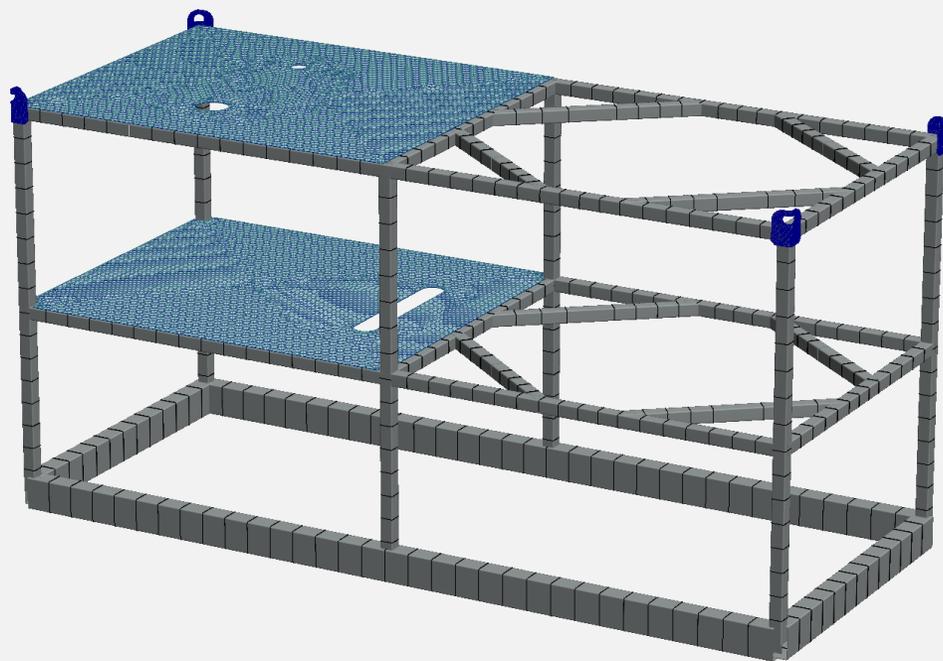




RIASSUMENDO...

- La mesh SHELL consente di prendere visione degli **sforzi di membrana e flessionali**.
- Lo sfruttamento di questo elemento, presuppone uno **scarso interesse nel visionare gli sforzi sullo spessore**.
- La **formulazione sottile** non tiene conto del taglio parallelo allo spessore ed è consigliata quando il rapporto tra spessore e lato principale è $> 1/15$.
- La **formulazione spessa** tiene conto del taglio parallelo allo spessore ed è consigliata quando il rapporto tra spessore e lato principale è $< 1/15$.
- È consigliabile posizionare la superficie da discretizzare con SHELL al **centro dello spessore** !

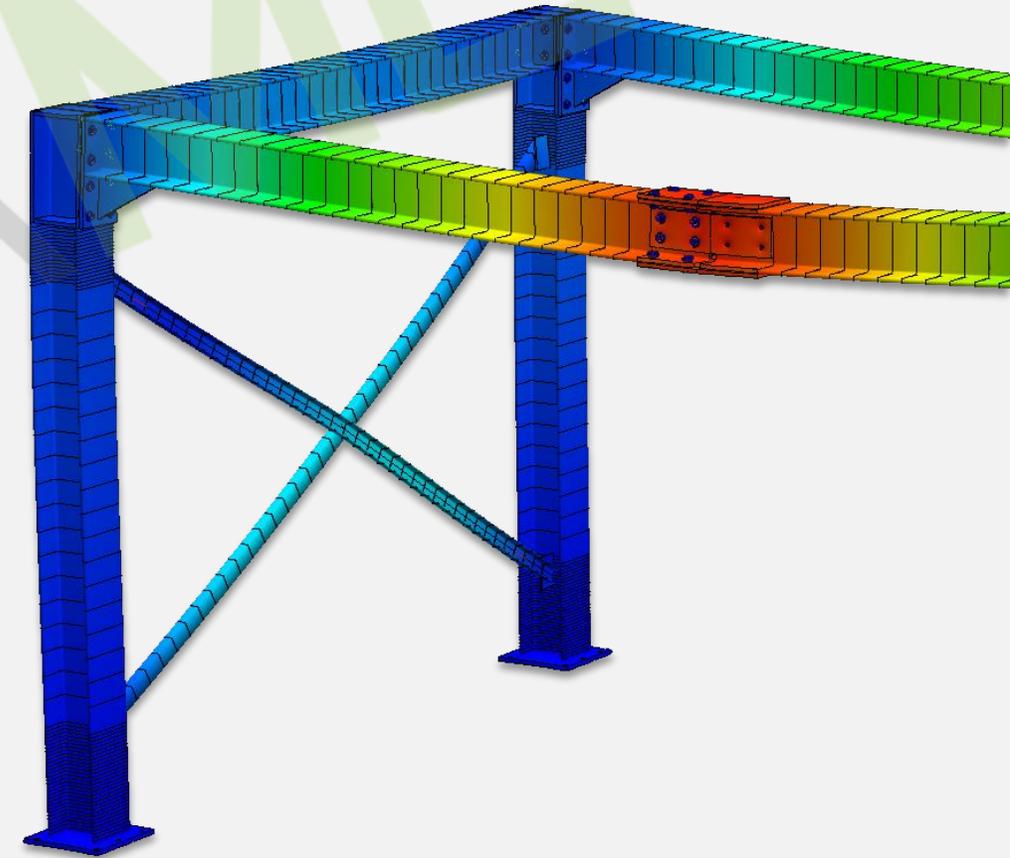




Mesh mista (Tetra + Shell + Beam)

Lezione 5

- Preparazione del modello CAD
- Considerazioni e impostazione contatti
- Messa a punto giunti trave
- Uso dei connettori
- Messa a punto della mesh mista
- Caso studio: Sollevamento skid
- Caso studio: Gru a bandiera
- Caso studio: Struttura di carpenteria



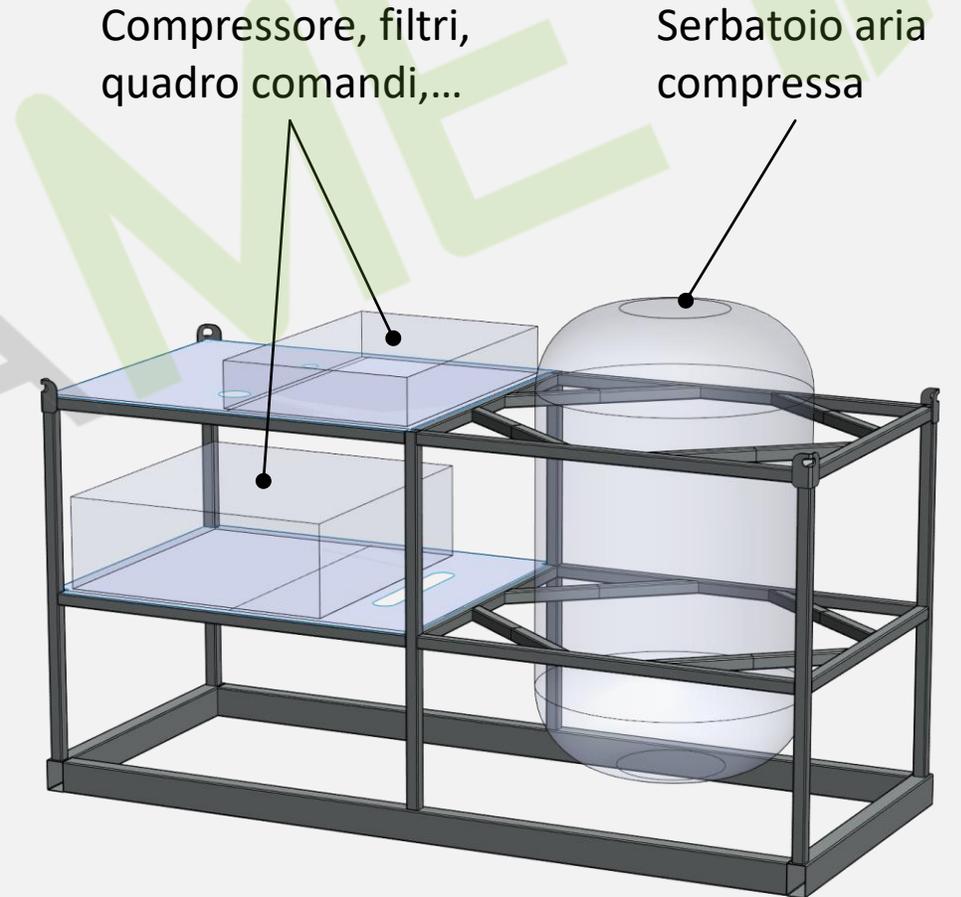
CASO STUDIO: SKID LEGGERO

L'obiettivo consiste nel **verificare la rigidità del telaio** in fase di sollevamento, tenendo conto della massa installata (equipment), ma non del suo contributo di rigidità.

La sfida principale consiste nell'impostare un modello FEM di veloce soluzione e **lasciare libera la «deformazione in aria» del telaio.**

Massa serbatoio: 250 Kg

Massa sui ripiani: 100 Kg (ciascuno)



CASO STUDIO: SKID LEGGERO



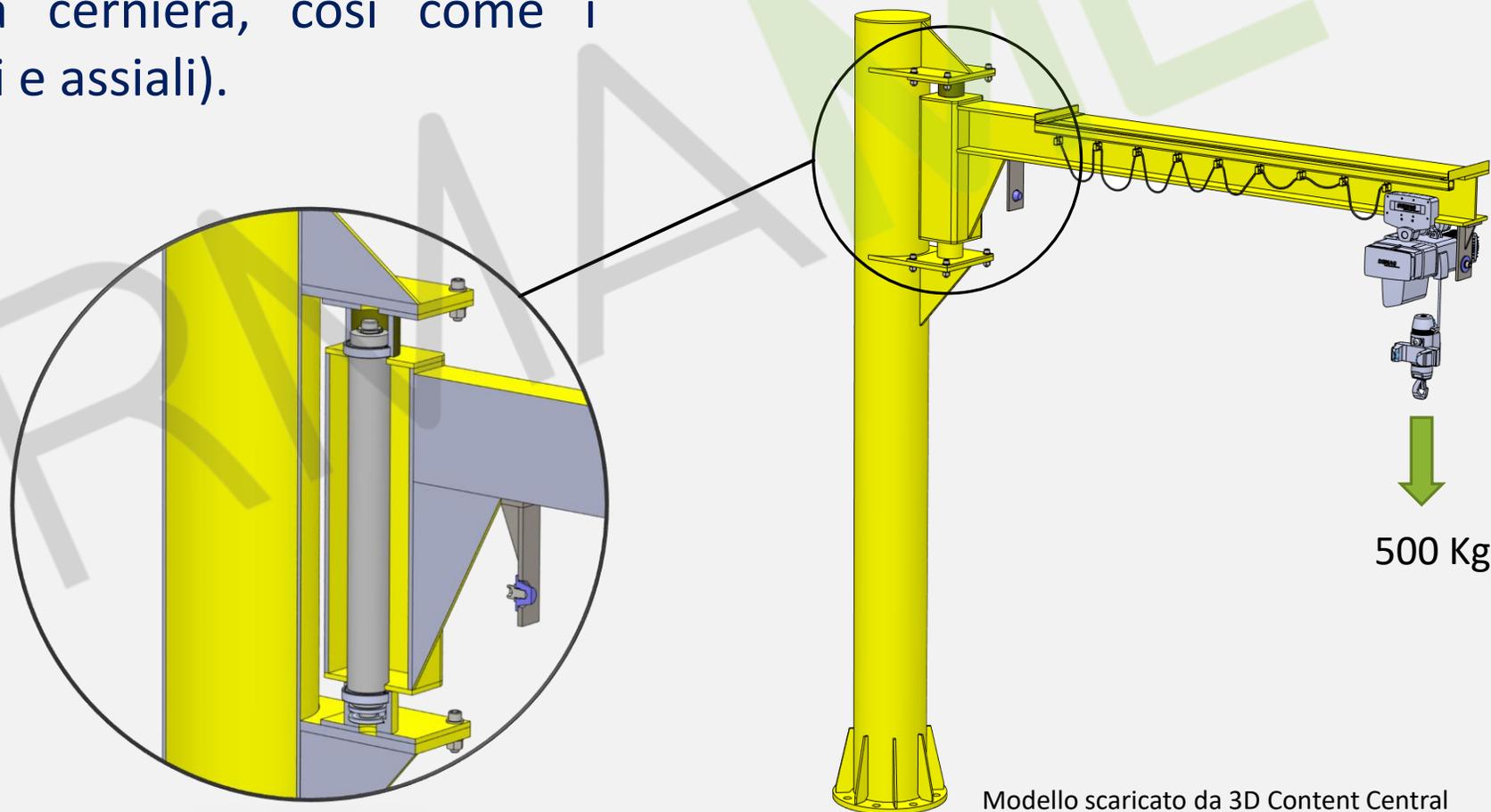
Per il sollevamento, occorre considerare un **angolo di tiro di 90°**





CASO STUDIO: GRU A BANDIERA

L'obiettivo consiste nell'estrarre i **valori di forza e momento** per dimensionare correttamente i bulloni che fissano la cerniera, così come i cuscinetti interni (radiali e assiali).



Modello scaricato da 3D Content Central



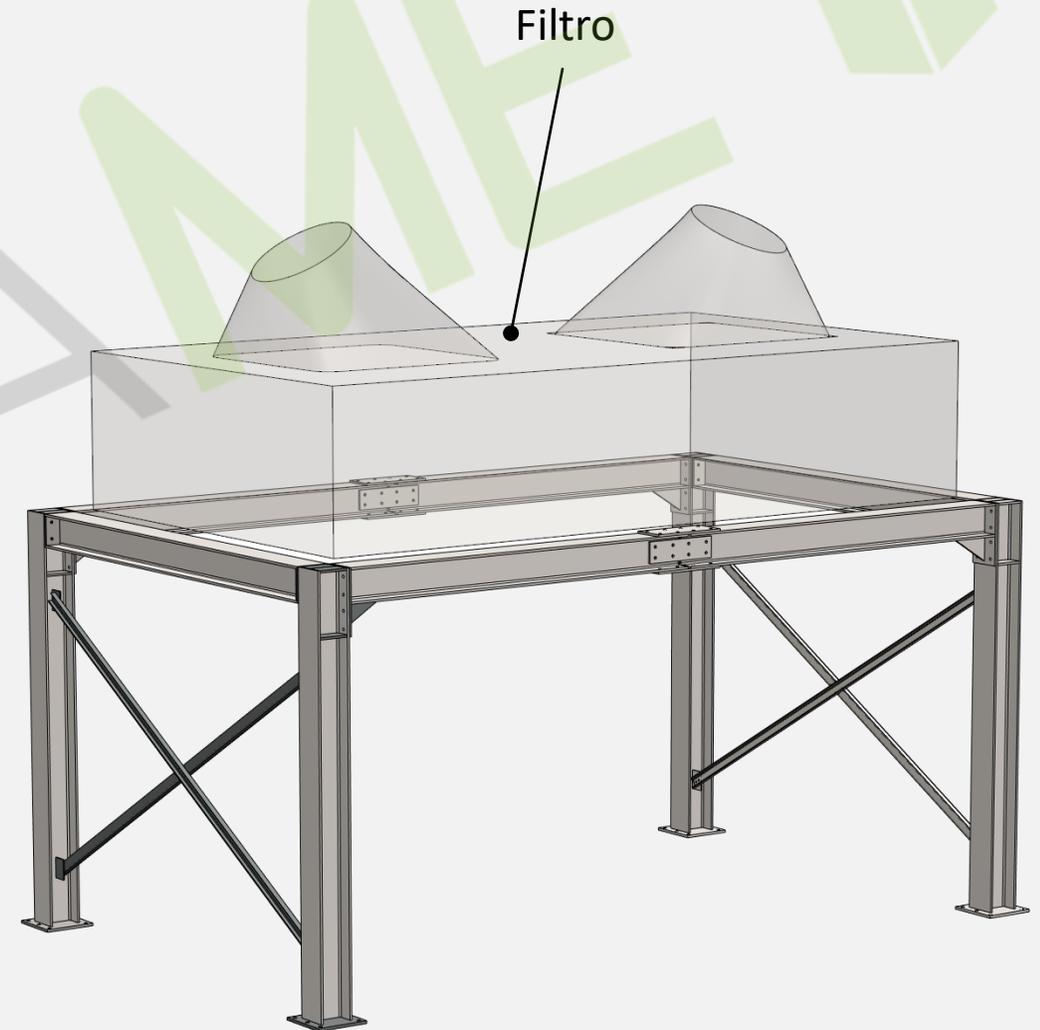


CASO STUDIO: STRUTTURA FILTRO

La sfida consiste nel **tener conto di tutte le forature presenti su travi e colonne**, considerando che si vuole tener conto della reale rigidità dei giunti bullonati.

Questi sono gli obiettivi del calcolo:

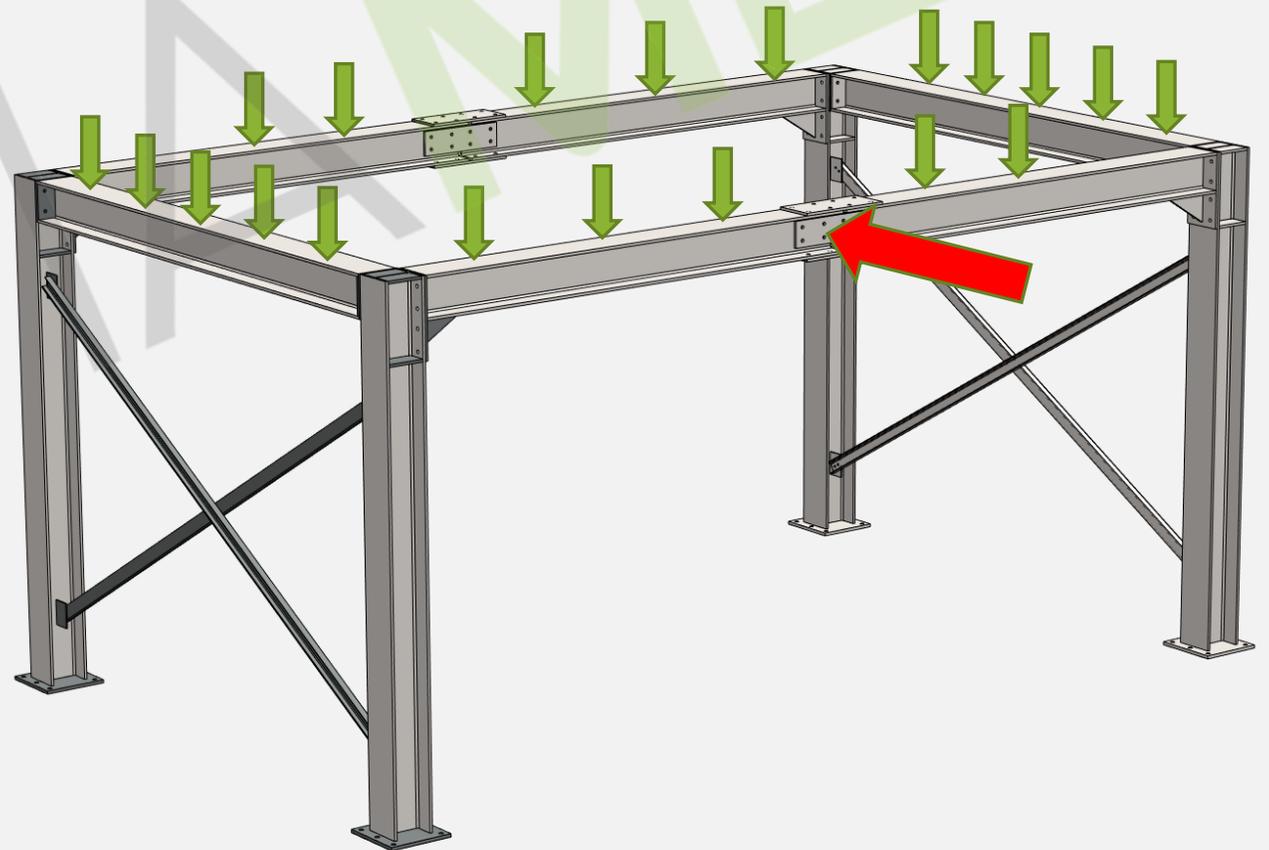
- Dimensionare tirafondi e fondamenta
- Ottenere i dati per verificare i bulloni
- Valutare la risposta della struttura



CASO STUDIO: STRUTTURA FILTRO

Azioni di carico (statico):

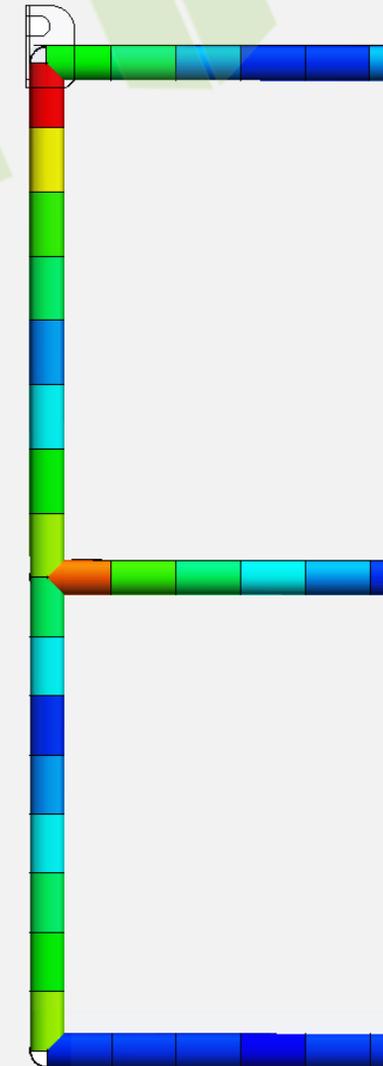
- Carico uniformemente distribuito sulla cornice superiore da 3.000 Kg
- Carico laterale (accidentale) da 500 Kg





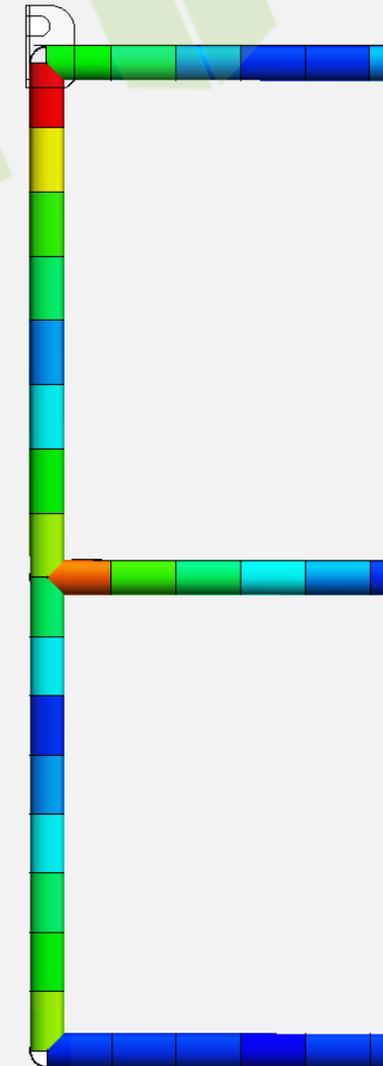
RIASSUMENDO...

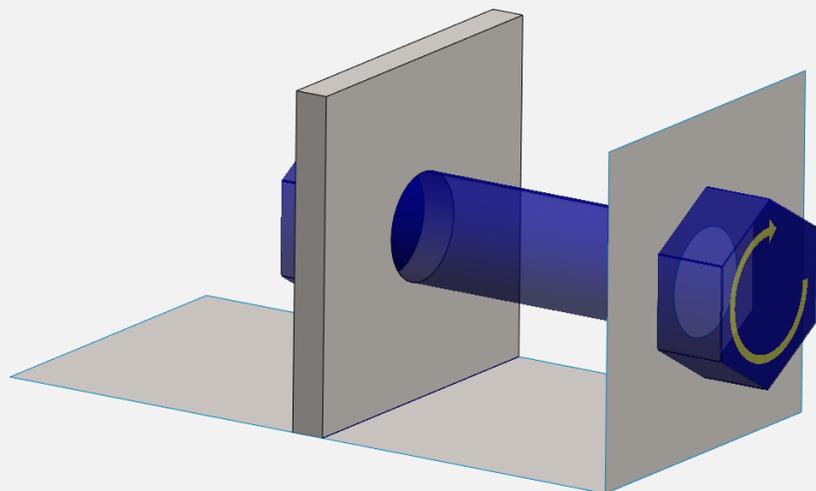
- Se un corpo, trattato con Shell o Tetra, parte da una condizione di contatto geometrico con corpo Beam, allora **il contatto viene riconosciuto in automatico** (≥ 2020).
- Tra corpi Beam non è possibile definire **nessun contatto** ne applicare connettori.
- Tra corpi Beam e Shell/Tetra è possibile definire il **contatto di unito**.
- Per garantire il contatto di unito tra un corpo Beam e uno Tetra/Shell, soprattutto quando la superficie di contatto è ridotta, è buona norma **infittire la discretizzazione** del corpo Beam.
- Possiamo ricollocare i giunti trave mediante «**Gruppo di giunti**», agendo sul singolo giunto o modificando il valore di distanza.



RIASSUMENDO...

- Se abbiamo la necessità di tener conto di forature e altri dettagli geometrici, così come di irrigidimenti locali, su corpi trave, è buona norma **dividere il corpo in più corpi** e trattare le porzioni di interesse con Tetra.
- Il carico remoto, nel momento in cui si controllano gli spostamenti, diviene un **vincolo remoto**.
- Il «**Supporto elastico**» può venirci in aiuto in tutte quelle situazioni in cui abbiamo la necessità di stabilizzare un modello, dove le «Molle morbide» non garantiscono il risultato, oppure, l'aggiunta di vincoli rigidi influenza troppo la deformata reale.

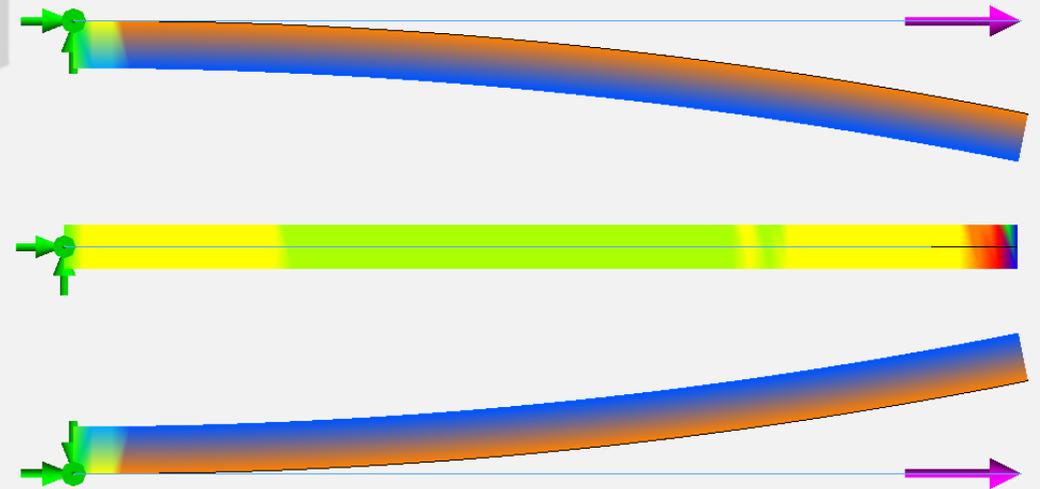




Approfondimenti

Lezione 6

- Studi supportati con Shell & Beam
- Connettori su Shell
- Momenti spuri su Shell
- Contatto di scorrimento su Shell
- Gestire i giunti trave



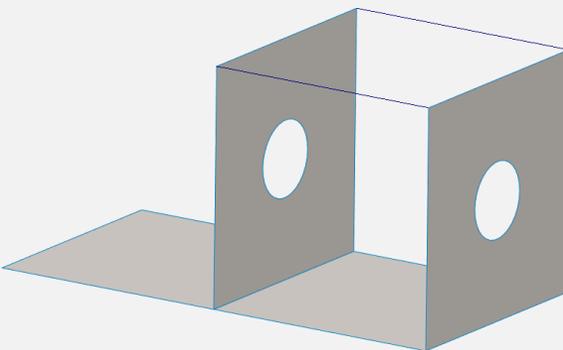
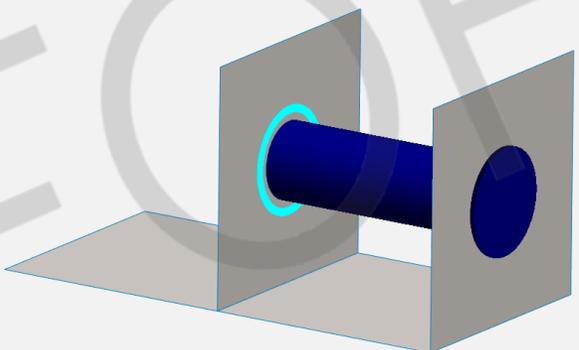
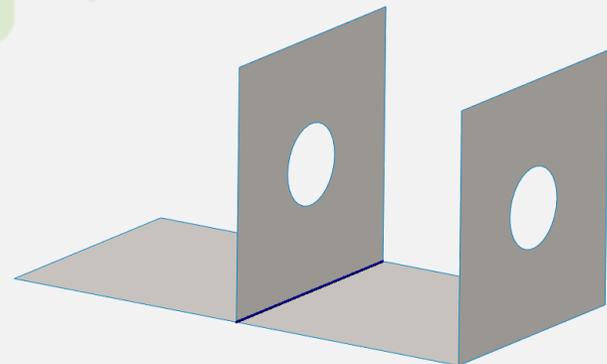
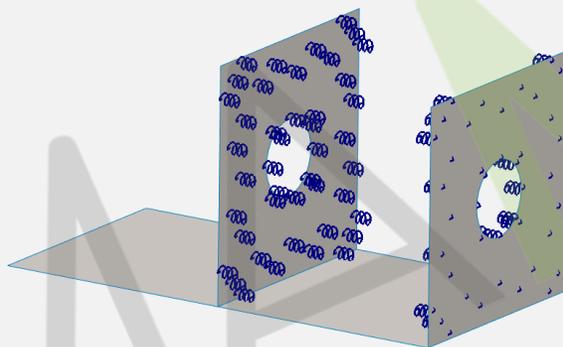
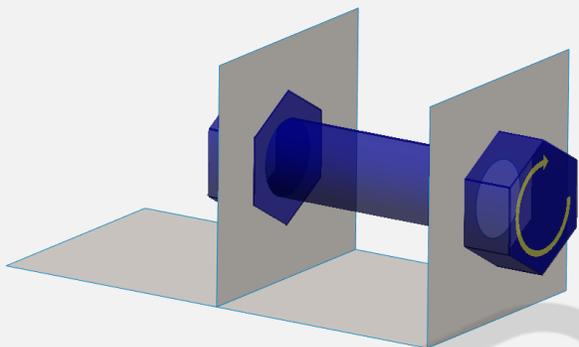
STUDI SUPPORTATI CON SHELL & BEAM



	Shell	Beam	Mista	Considerazioni
Statico lineare	✓	✓	✓	
Statico Non-lineare	✓	✓	✓	
Frequenza	✓	✓	✗	
Studio topologico	✗	✗	✗	
Studio progettuale	✓	✓	✓✗	Dipende dalla tipologia di studio di riferimento.
Termica	✓	✓	✓✗	Beam a partire da Simulation 2020. La mesh mista va bene, a patto che non ci siano le Beam.
Carico di punta	✓	✓	✓	
Fatica	✓	✗	✓✗	La mesh mista va bene, a patto che non ci siano le Beam.
Dinamica lineare	✓	✓	✓	Cronologia modale, armonica, random e spettro.
Dinamica Non-lineare	✓	✓	✓	
Test di caduta	✗	✗	✗	
Studio rec. pressione	✗	✗	✗	Non è possibile linearizzare gli stress.

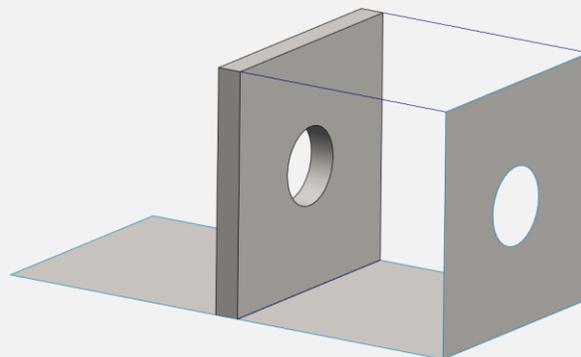
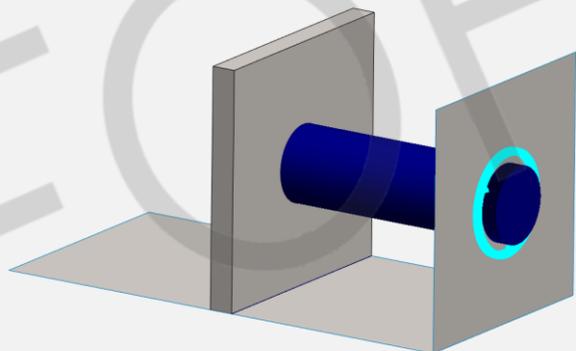
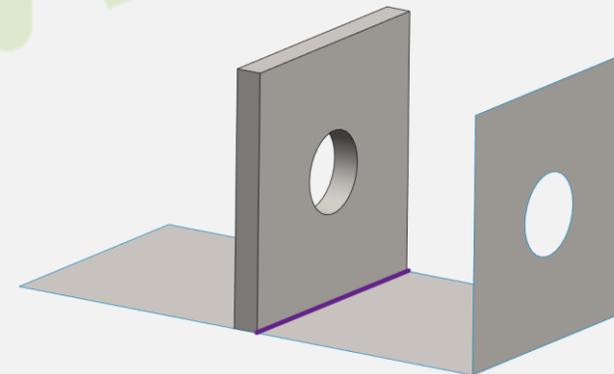
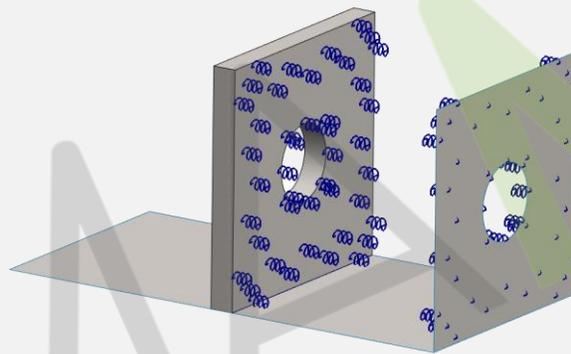
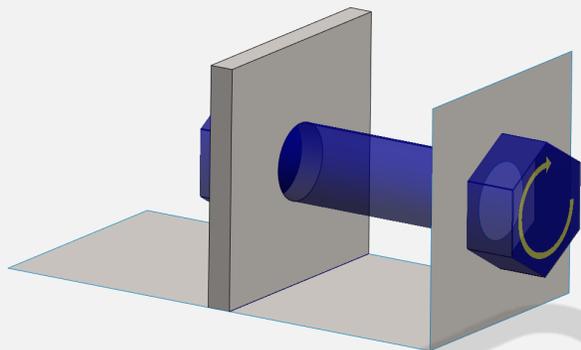
CONNETTORI SU SHELL

La mesh **Shell-Shell** supporta tutti i tipi di connettori.



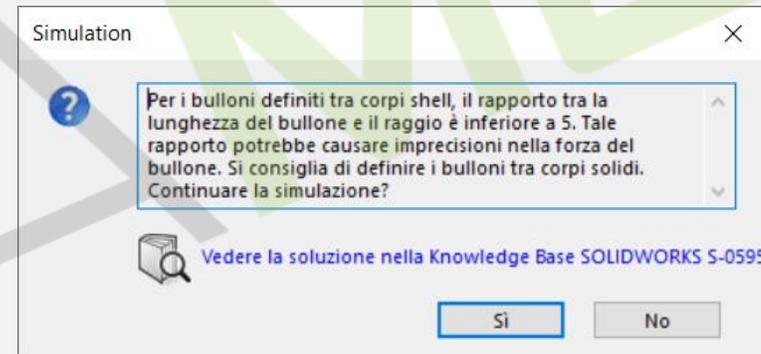
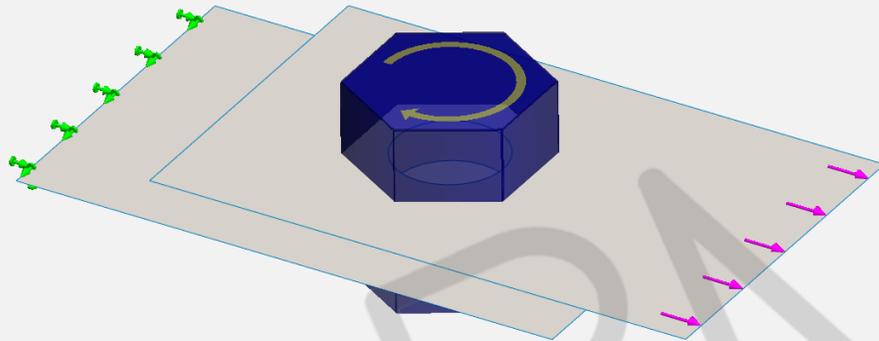
CONNETTORI SU SHELL

...così come la mesh **Shell-Tetra** supporta tutti i tipi di connettori.



CONNETTORI SU SHELL

Occorre però prestare attenzione con il **connettore bullone**.



Quando la lunghezza del bullone è < 5 volte il raggio del gambo, potrebbero presentarsi delle inesattezze nel calcolo dei valori di forza del connettore...**ma si tratta solo di un avvertimento!**

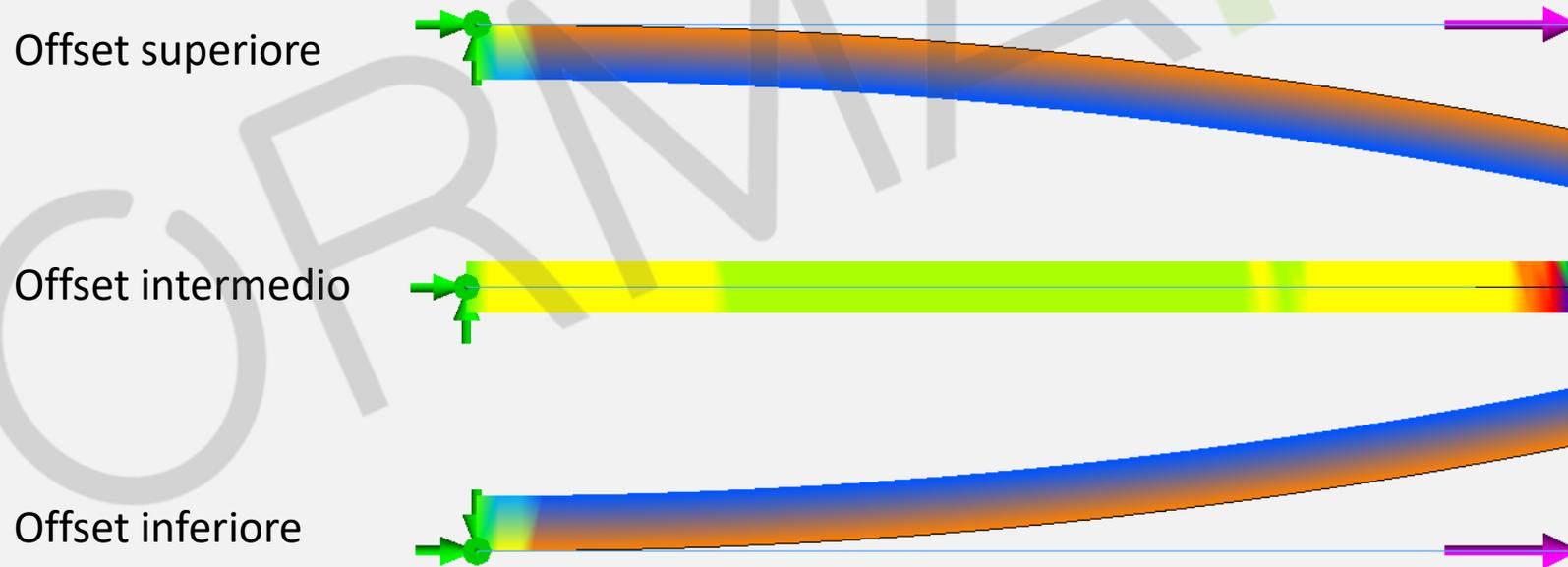




MOMENTI SPURI SU SHELL

Quando carichi e vincoli sono **direttamente applicati sul corpo** che abbiamo deciso di trattare come Shell, è bene estrarre la superficie intermedia.

L'applicazione di **carichi e vincoli sulla superficie di estremità genera dei momenti spuri!**

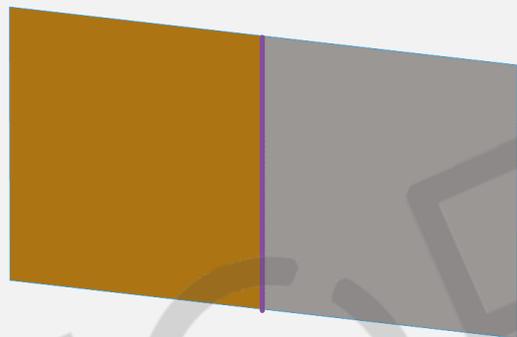




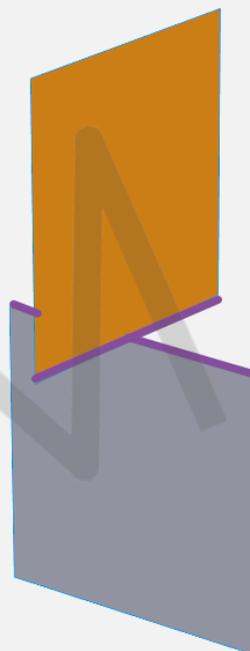
CONTATTO DI SCORRIMENTO SU SHELL



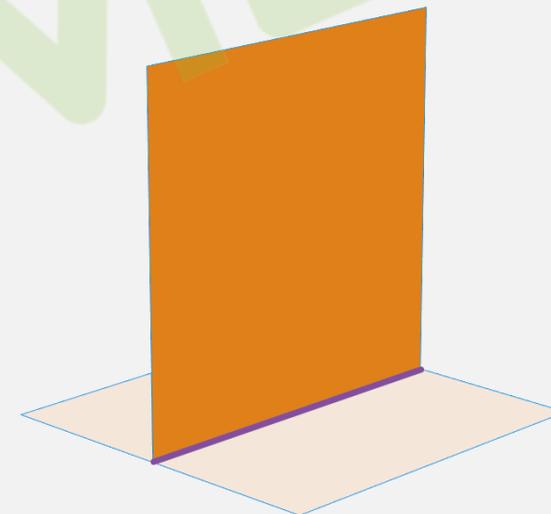
Il contatto di scorrimento tra Shell, **funziona solo se una delle due entità è una superficie!**



Bordo-Bordo
di testa



Bordo-Bordo
a croce



Bordo-Faccia
giunto a T





FORMAME

Umberto Fioretti
SolidWorks Master Trainer

