

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

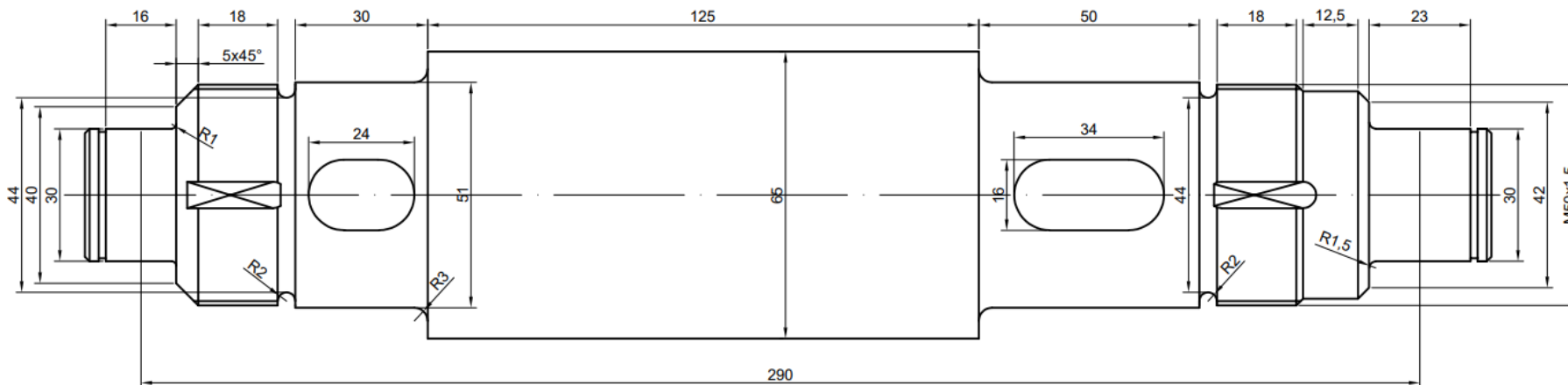
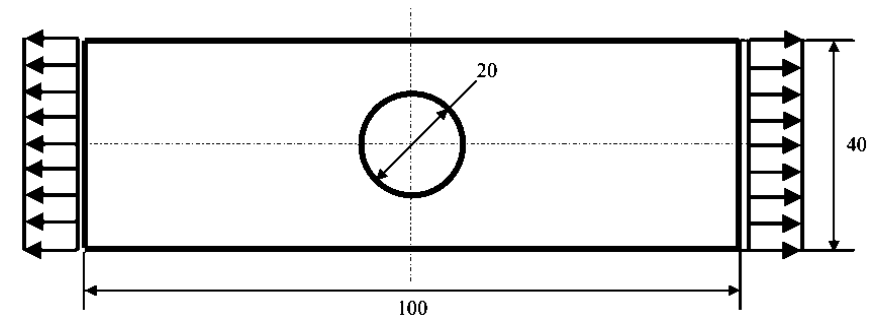
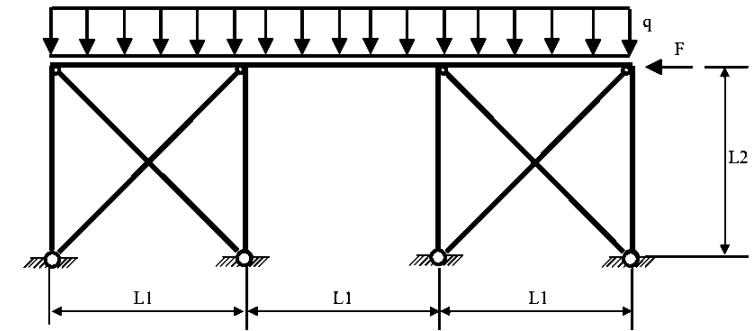
***Relazione per la prova finale***  
***RIDUTTORE BISTADIO: ANALISI FEM STRUTTURALI***  
***MEDIANTE SOLIDWORKS SIMULATION***

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

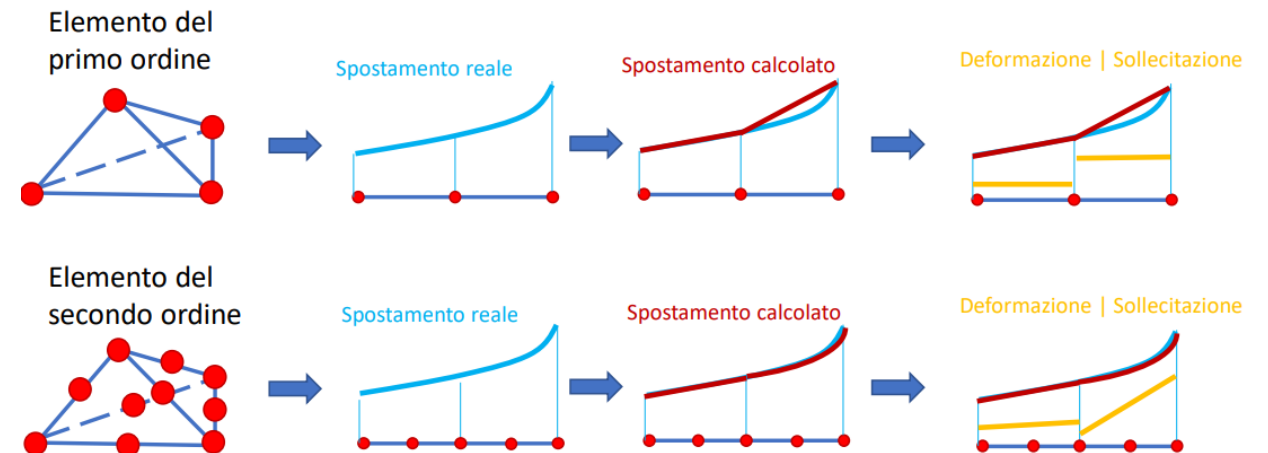
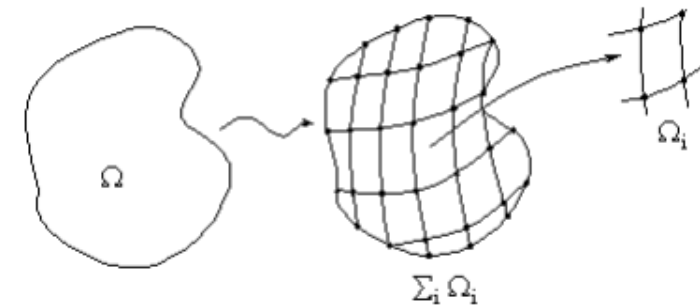
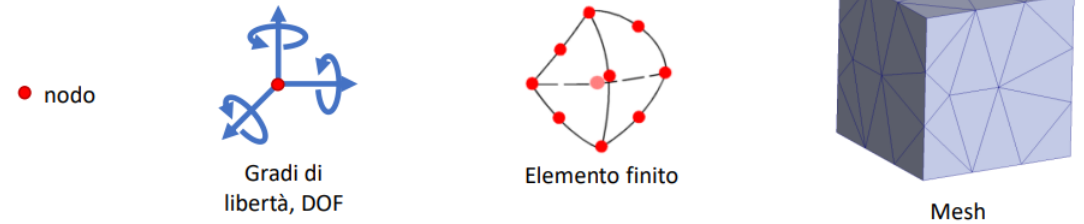
Laureando: *Giacometti Nicola*

Padova, 17/11/2023

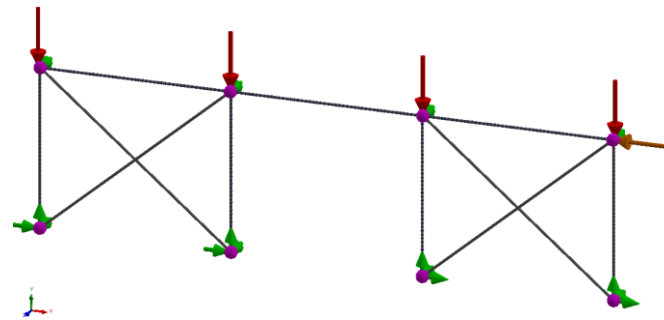
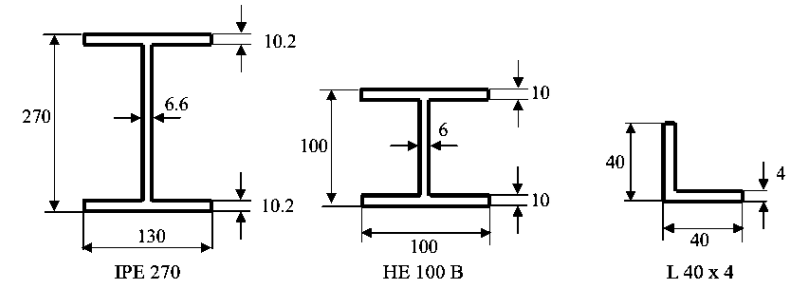
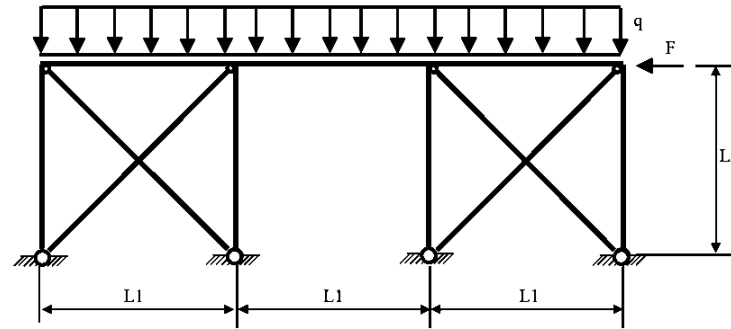
- 1) Introduzione al metodo FEM
- 2) Addestramento a Solidworks Simulation
- 3) Calcolo del  $K_t$  e confronto con i valori teorici per l'albero di un riduttore bistadio
- 4) Analisi di deformabilità dell'albero e confronto con i risultati analitici



- Definizioni
- Concetto di discretizzazione
- Fasi di analisi
  1. Applicazione delle condizioni al contorno
  2. Calcolo degli spostamenti
  3. Calcolo delle deformazioni
  4. Calcolo delle tensioni
- Ipotesi dell'analisi statica lineare
  - Piccoli spostamenti
  - Carichi costanti
  - Risposta lineare del materiale



- 1) Costruzione geometrica del telaio
- 2) Modellizzazione trave
- 3) Applicazione dei vincoli e dei carichi



**DATI**

$F = 60 \text{ kN}$   
 $q = 20 \text{ kN/m}$   
 $L1 = 6000 \text{ mm}$   
 $L2 = 5000 \text{ mm}$

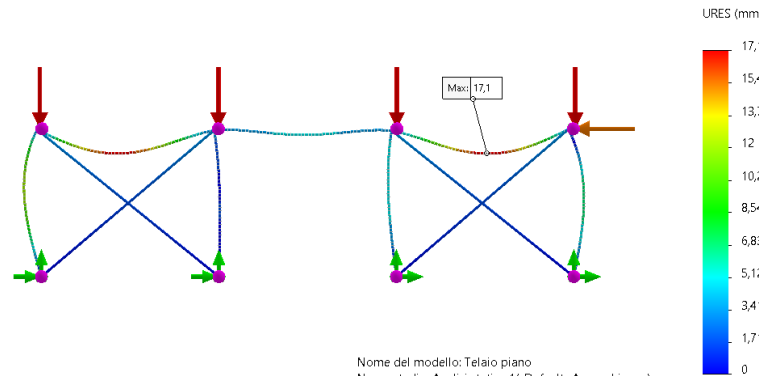
**MATERIALE**

Acciaio Fe 430  
 $\sigma_{adm} = 190 \text{ Mpa}$   
 $E = 206000 \text{ Mpa}$   
 $\nu = 0.3$

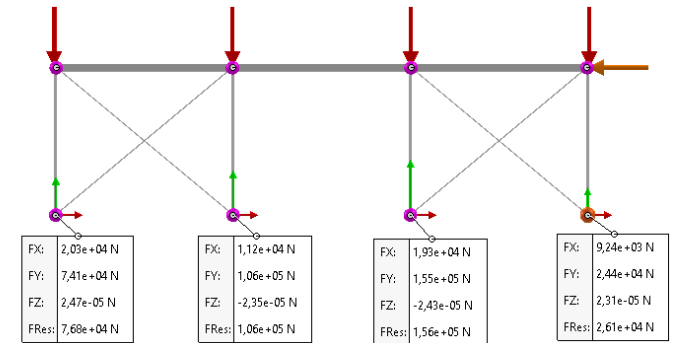
**PROFILI UTILIZZATI**

Colonne: HE 100 B  
 Controventi: L 40x4  
 Corrente superiore: IPE 270

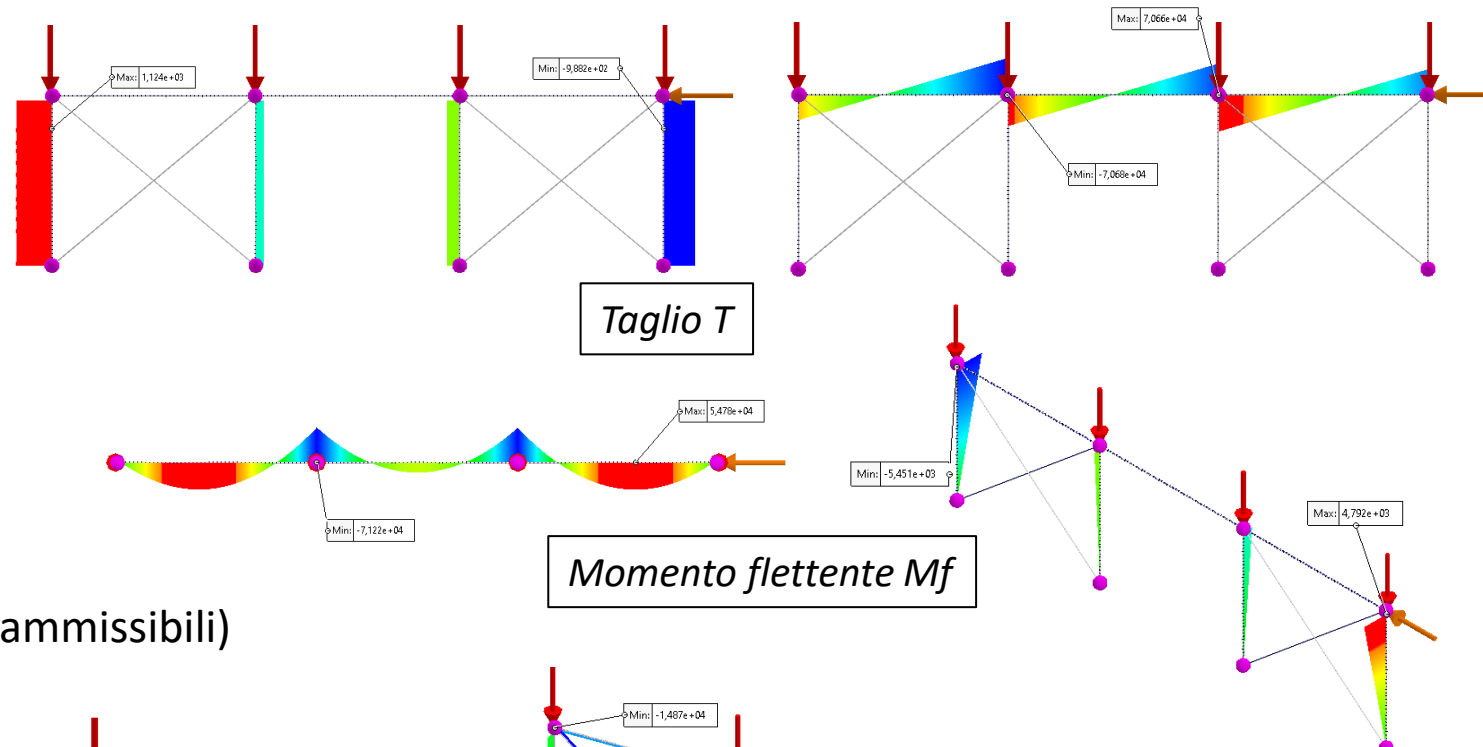
- 4) Calcolo degli spostamenti
- 5) Calcolo delle reazioni vincolari



Nome del modello: Telaio piano  
 Nome studio: Analisi statica 1 (-Default<A macchina>-)  
 Tipo di grafico: Spostamento statico Spostamento1  
 Scala di deformazione: 50

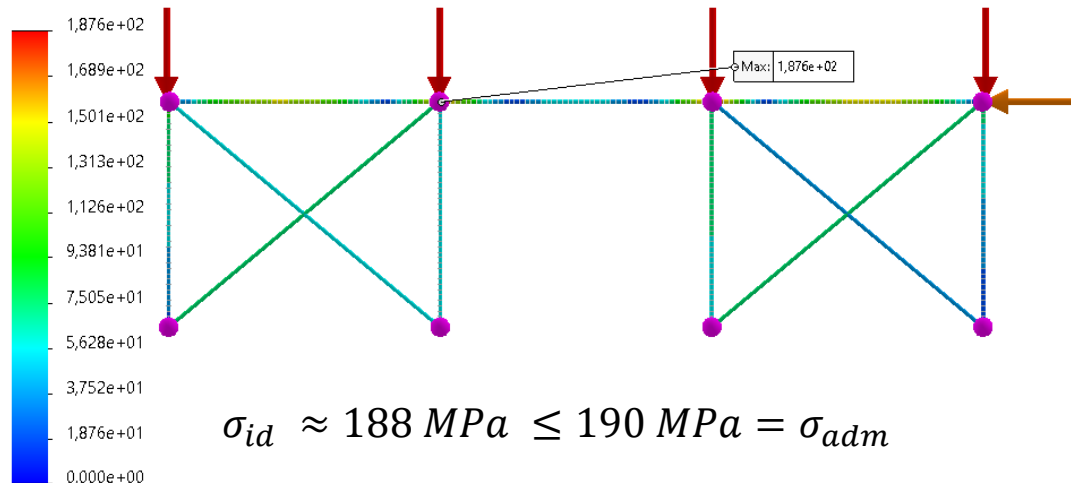


## 6) Diagrammi delle sollecitazioni

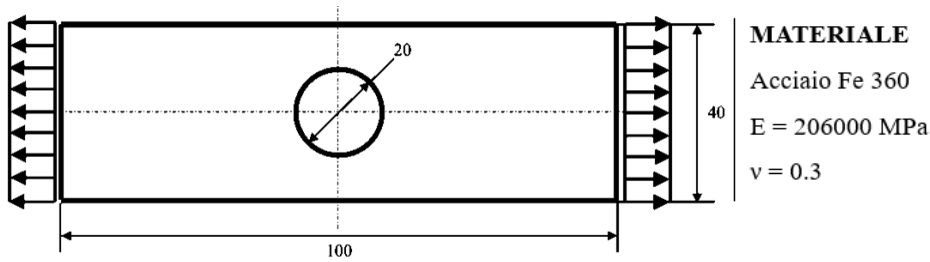


## 7) Verifica strutturale (metodo delle tensioni ammissibili)

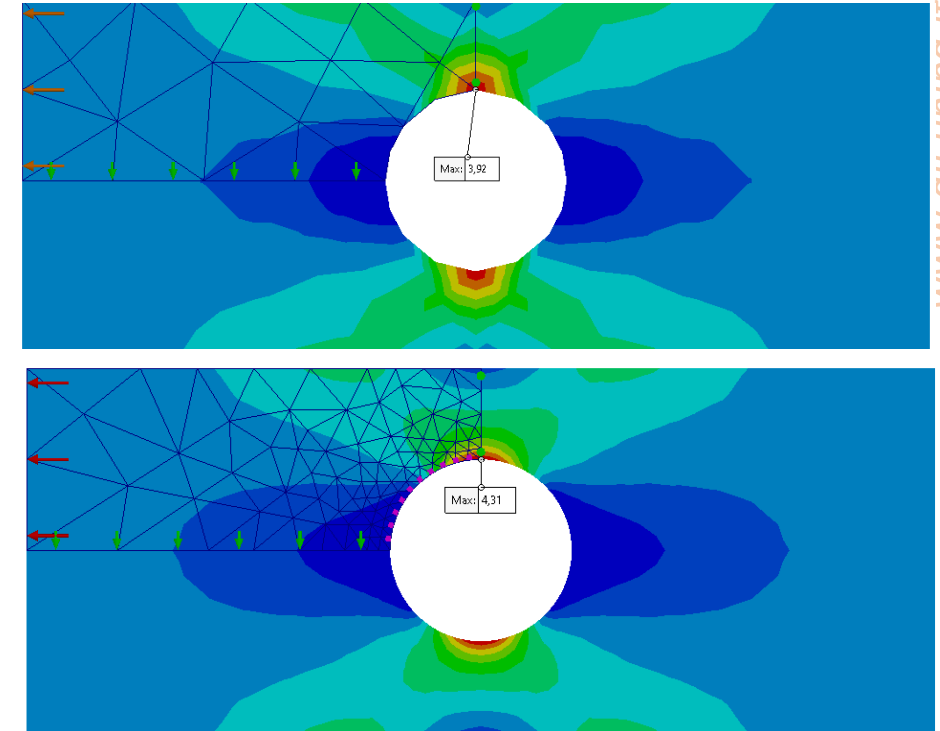
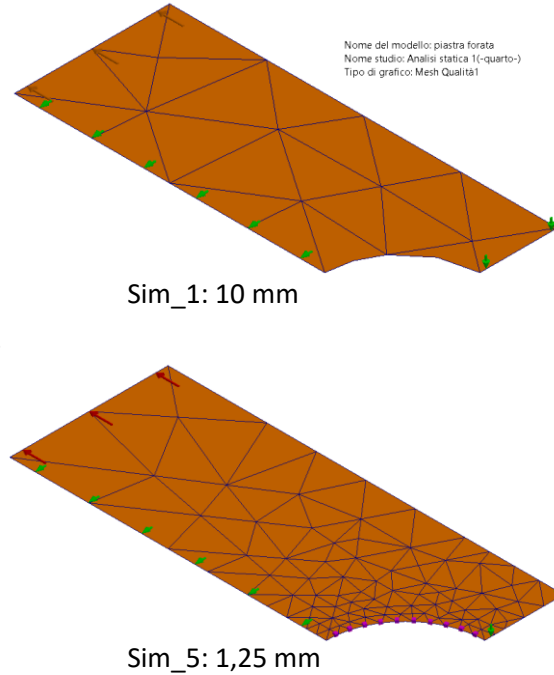
Assiale e piegatura delimitazione superiore (N/mm<sup>2</sup> (MPa))



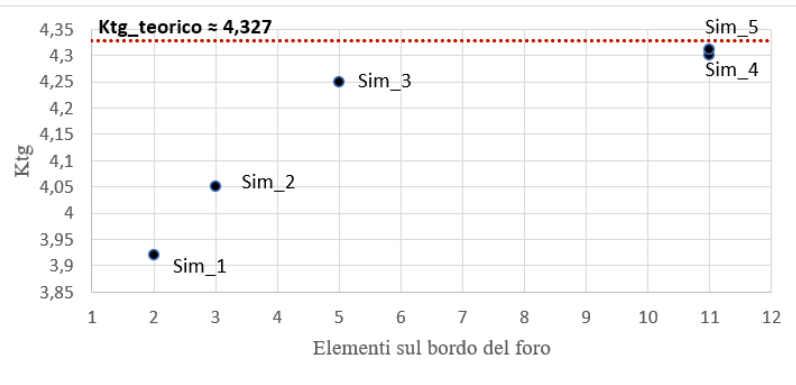
- 1) Costruzione geometrica
- 2) Creazione del modello



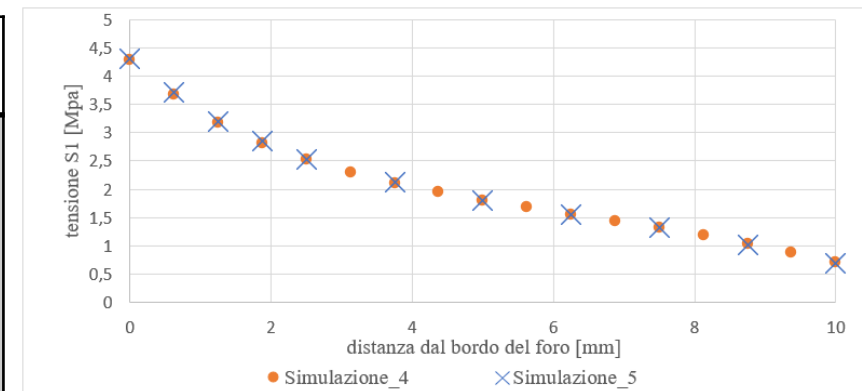
- 3) Calcolo del Ktg della piastra
- 4) Analisi di sensibilità della mesh e confronto con Ktg\_teorico



www.dii.unipa.it

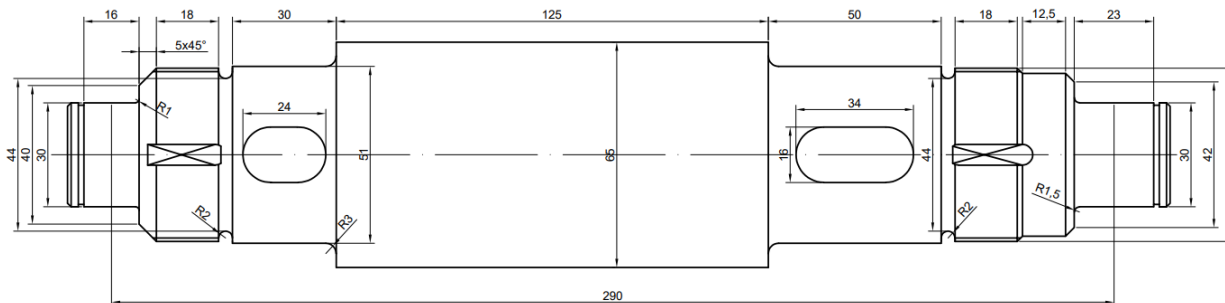


Simulazione	Numero di elementi	Ktg	Scostamento dal Ktg teorico	Ktg_teorico
1	2	3,92	9,4 %	4,327
2	3	4,05	6,4 %	
3	5	4,25	1,78 %	
4	11	4,30	0,62 %	
5	11	4,31	0,39 %	



Calcolo del  $K_t$  nelle sezioni:

- A. Spallamento del cuscinetto sinistro
- B. Gola di scarico per la filettatura sinistra
- D. Spallamento della ruota dentata sinistra



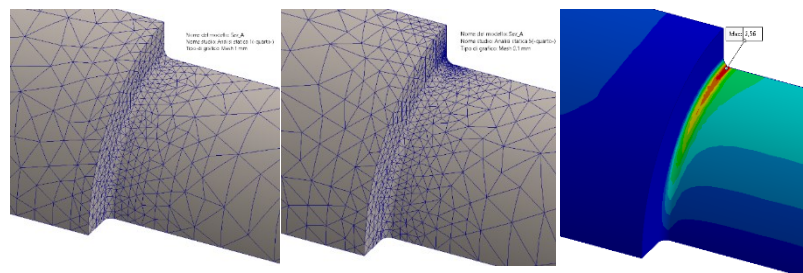
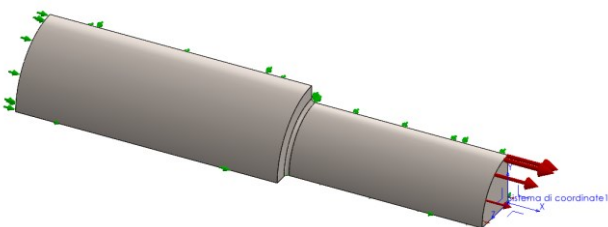
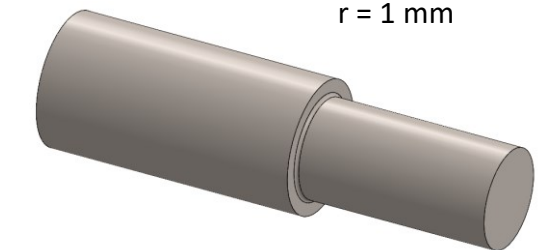
C60 bonificato  
 $\sigma_s = 450 \text{ Mpa}$   
 $E = 206000 \text{ Mpa}$   
 $\nu = 0.3$

Fasi:

1. Costruzione geometrica
2. Applicazione dei carichi e dei vincoli
3. Calcolo del  $K_t$  e analisi di sensibilità della mesh

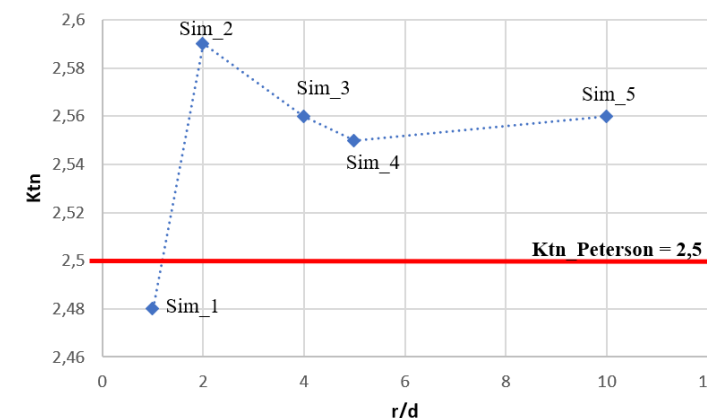
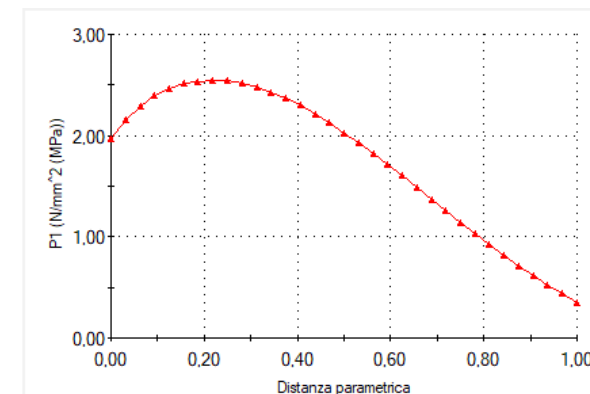
Sezione A

$D = 40 \text{ mm}$   
 $d = 30 \text{ mm}$   
 $r = 1 \text{ mm}$



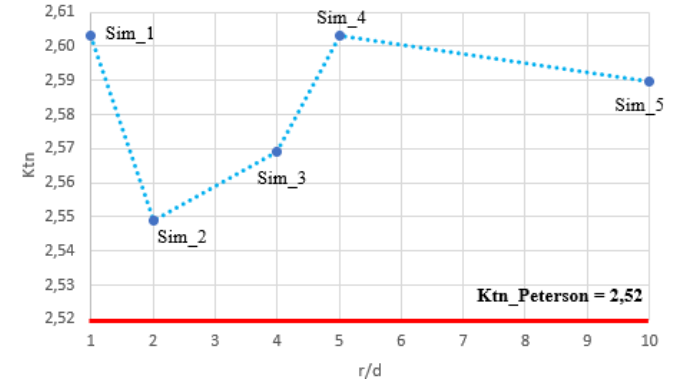
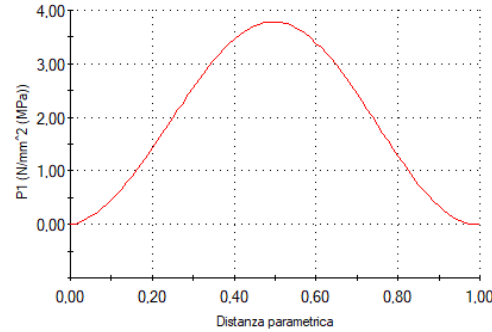
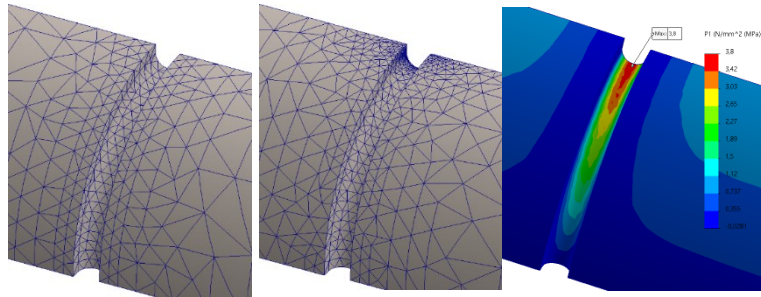
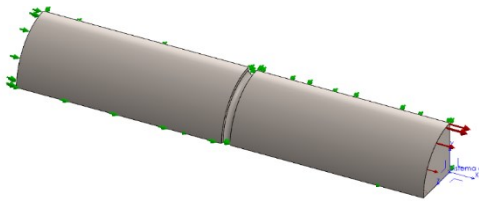
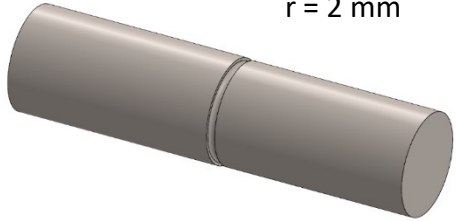
Simulazione	d [mm]	r/d	$K_{tn}$	Scarto [%]	e_Peterson [%]
1	1	1	2,48	-	0,8
2	0,5	2	2,59	4,44	3,6
3	0,25	4	2,56	1,16	2,4
4	0,2	5	2,55	0,39	2
5	0,1	10	2,56	0,39	2,4

$K_{tn, Peterson} = 2,5$



## Sezione B

D = 50 mm  
d = 44 mm  
r = 2 mm

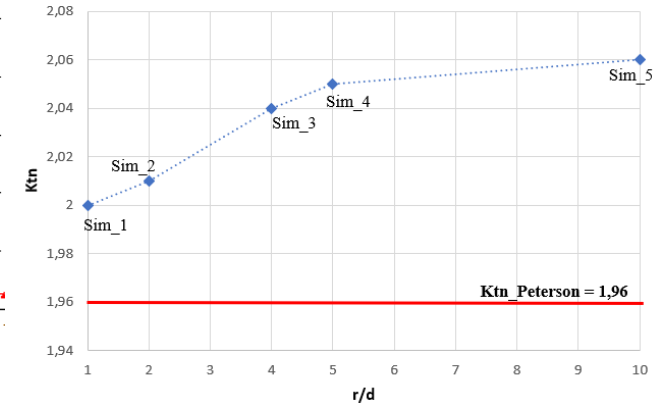
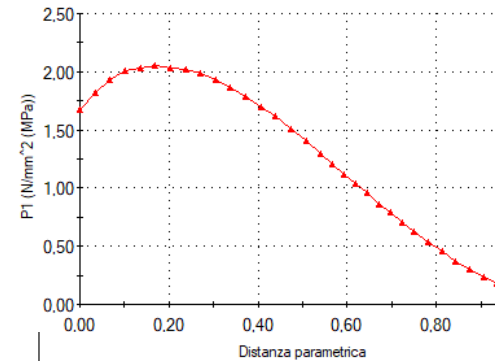
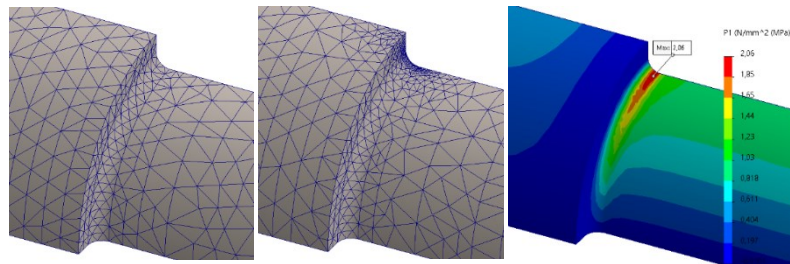
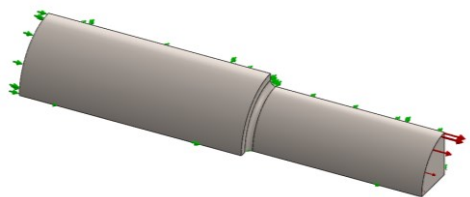
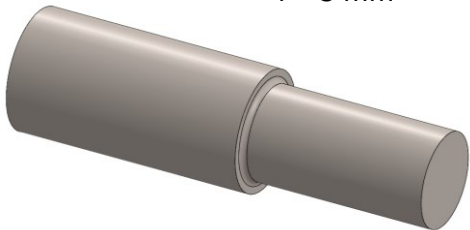


Simulazione	d [mm]	r/d	Ktg	Ktn	Scarto [%]	e Peterson [%]
1	2	1	3,82	2,60	-	3,3
2	1	2	3,74	2,55	2,09	1,14
3	0,5	4	3,77	2,57	0,80	1,95
4	0,4	5	3,82	2,60	1,33	3,3
5	0,2	10	3,8	2,59	0,52	2,76

**Ktn\_Peterson**  
**2,52**

## Sezione D

D = 51 mm  
d = 65 mm  
r = 3 mm

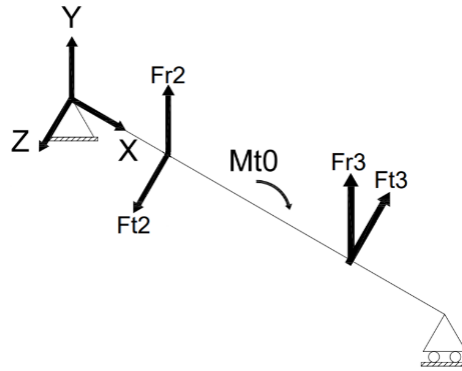


Simulazione	d [mm]	r/d	Ktn	Scarto [%]	e Peterson [%]
1	3	1	2	-	2,04
2	1,5	2	2,01	0,5	2,55
3	0,75	4	2,04	1,49	4,08
4	0,6	5	2,05	0,49	4,59
5	0,3	10	2,06	0,49	5,1

**Ktn\_Peterson**  
**1,96**



- Calcolo delle frecce e delle rotazioni dell'albero con i metodi:
  - Analitico
  - FEM su modello tridimensionale
  - FEM su modello monodimensionale
- Confronto dei risultati nelle sezioni di maggior interesse:
  - Spostamenti della sede delle ruote
  - Rotazioni delle sedi dei cuscinetti



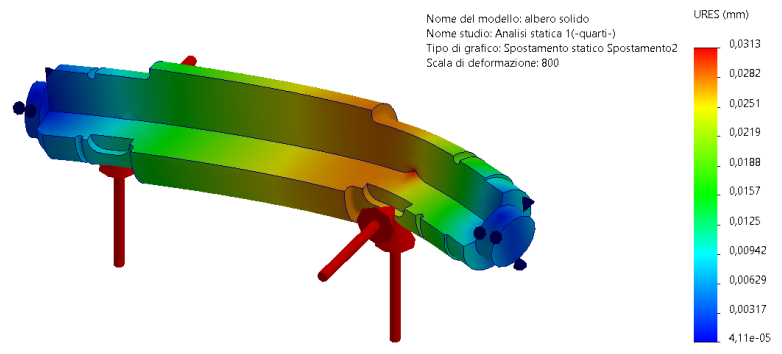
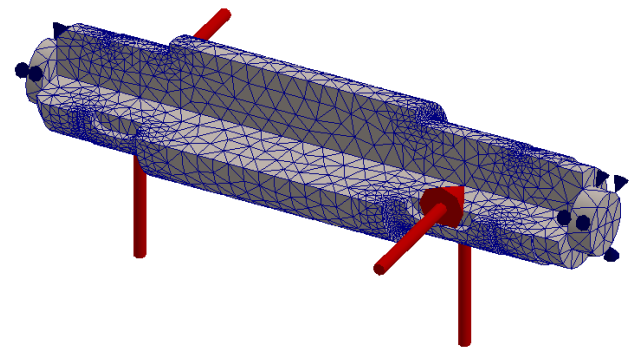
<b>Ft_2</b>	1778 N
<b>Ft_3</b>	8575 N
<b>Fr_2</b>	647 N
<b>Fr_3</b>	3121 N

Modello analitico



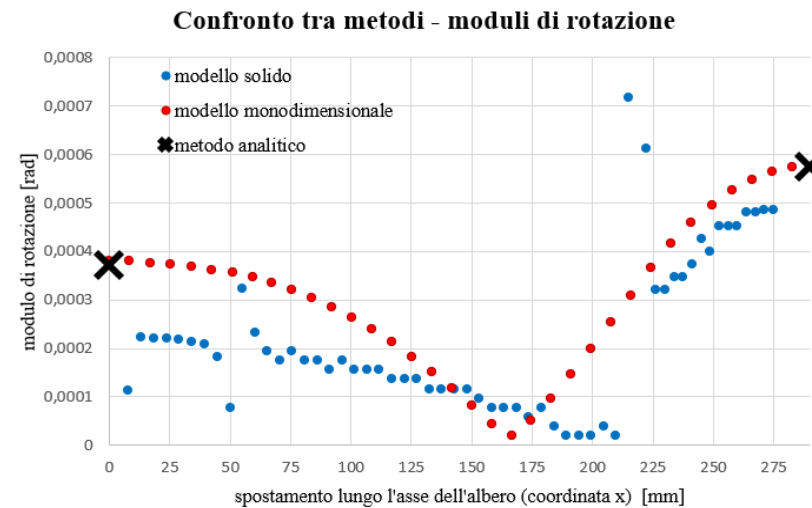
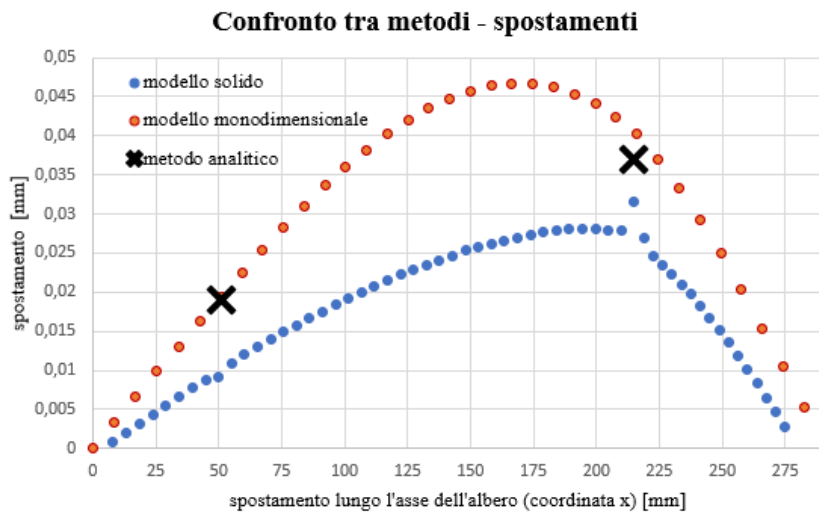
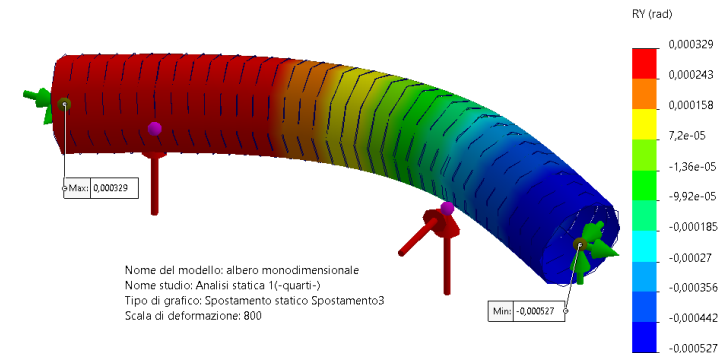
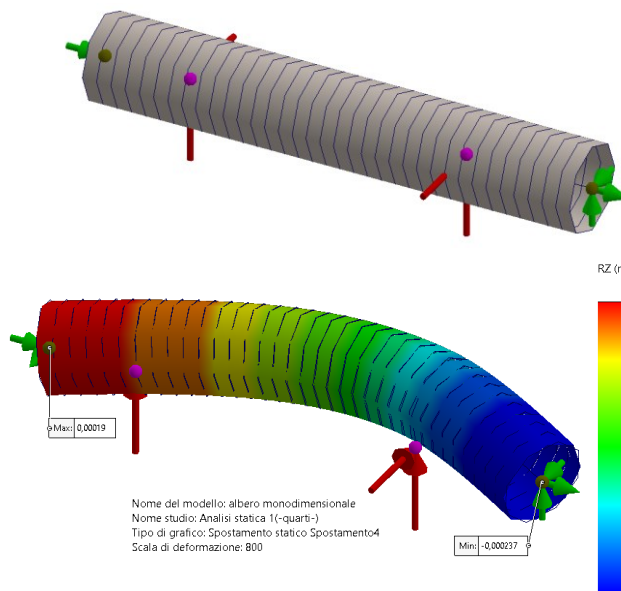
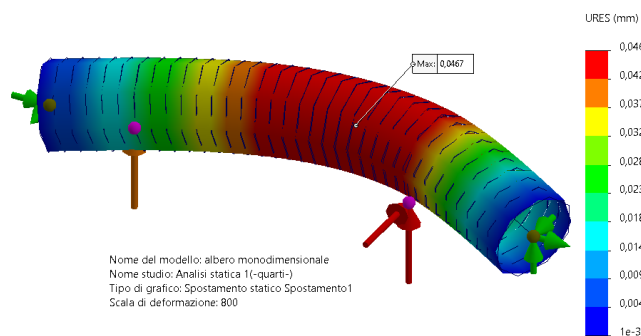
		Valore limite	Quota x [mm]
$\phi_s$	$3,71 \cdot 10^{-4}$ rad	$2,91 \cdot 10^{-3}$ rad	0
$f_2$	0,019	0,127 mm	50
$f_3$	0,037	0,127 mm	215
$\phi_d$	$5,76 \cdot 10^{-4}$ rad	$8,73 \cdot 10^{-4}$ rad	290

Modello tridimensionale



Rotazioni ricavate da foglio di calcolo

## Modello monodimensionale



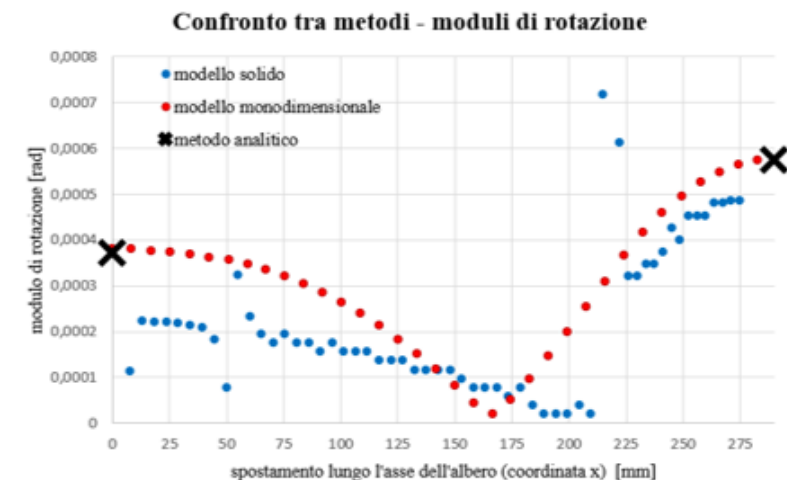
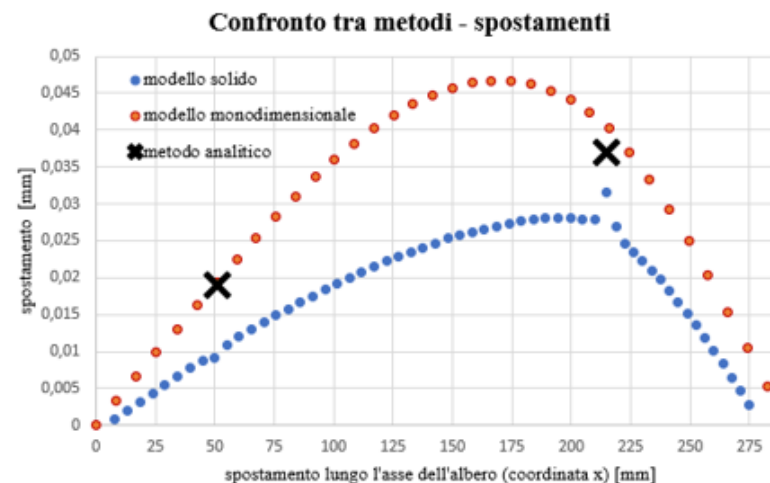
## Calcolo del Kt

	Ktn	Ktn_teorico	Scostamento %
<b>SEZIONE A</b>	2,56	2,5	2,4
<b>SEZIONE B</b>	2,59	2,52	2,76
<b>SEZIONE D</b>	2,06	1,96	5,1

- Convergenza della mesh
- Scostamento dal fattore teorico
  - Difficoltà di rilevamento grafico
  - Approssimazioni numeriche in entrata dei diagrammi

## Verifica di deformabilità

		Valore limite	Quota x [mm]
$\Phi_s$	$3,71 \cdot 10^{-4}$ rad	$2,91 \cdot 10^{-3}$ rad	0
$f_2$	0,019	0,127 mm	50
$f_3$	0,037	0,127 mm	215
$\Phi_d$	$5,76 \cdot 10^{-4}$ rad	$8,73 \cdot 10^{-4}$ rad	290



- Compatibilità tra metodo analitico e monodimensionale (entrambi basati sul modello trave)
- Risultati del modello monodimensionale maggiori del modello tridimensionale
  - Semplicità e velocità di analisi
  - Favore di sicurezza