

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Relazione per la prova finale corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Progetto e sviluppo di un riduttore ad ingranaggi

Tutor Universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando: Luca Buzzolan 2111495

Padova, 17/07/2026

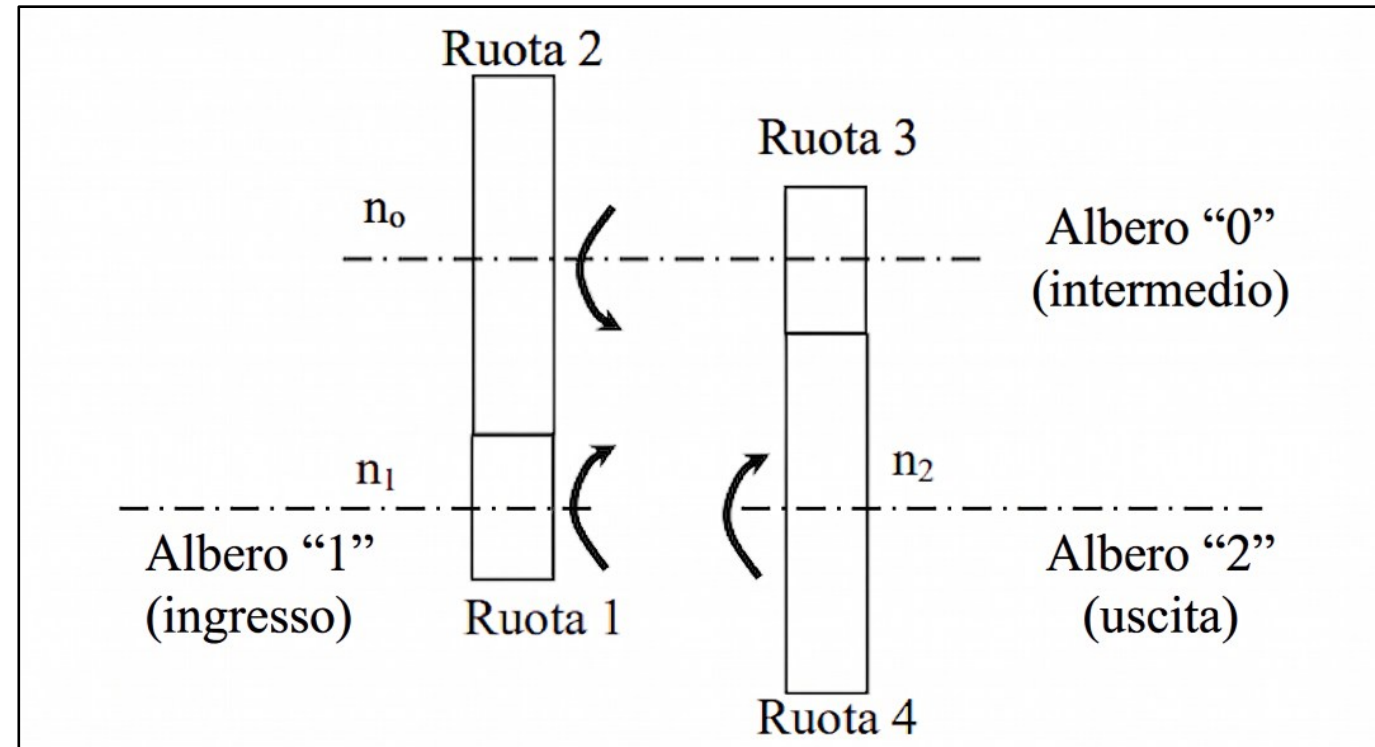
Riduttore ad ingranaggi: dispositivo meccanico che trasmette il moto rotatorio tra alberi sfruttando l'accoppiamento di ruote dentate, riduce la velocità di rotazione in uscita rispetto a quella del motore in ingresso a favore dell'aumento della coppia trasmessa.

Caratteristiche del riduttore:

- bistadio
- ad ingranaggi cilindrici a denti dritti
- coassiale

Obiettivi:

- funzionamento del riduttore
- momento in uscita = 1920 Nm
- numero di giri albero in uscita = 61 rpm
- rapporto di riduzione = 16
- *applicazione delle conoscenze acquisite nel percorso accademico*



Per garantire gli obiettivi inizialmente prefissati si sono seguite le seguenti fasi:

- Determinazione potenze trasmesse agli alberi

	Numero di Giri	Velocità Di Rotazione	Potenza	Momento
	[rpm]	[rad/s]	[W]	[Nm]
Albero 2	61	6,388	18397	2880
Albero 0	244	25,55	19156	749,688
Albero 1	976	102,21	19946	195,15

- Dimensionamento ruote dentate

- Dimensionamento alberi

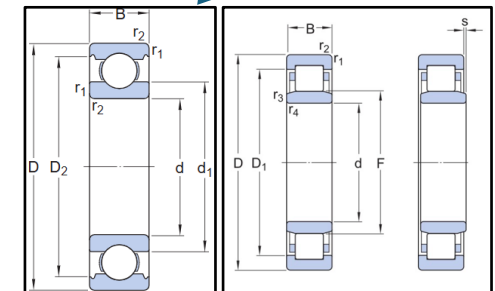
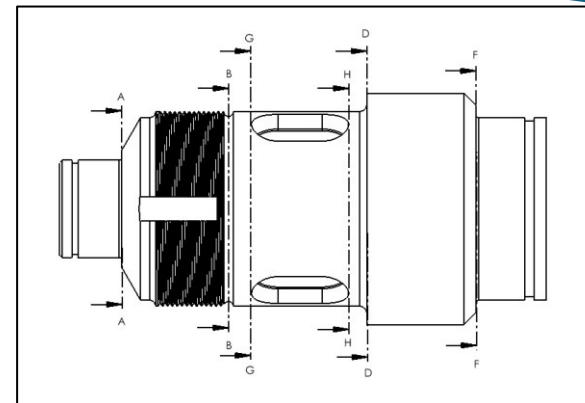
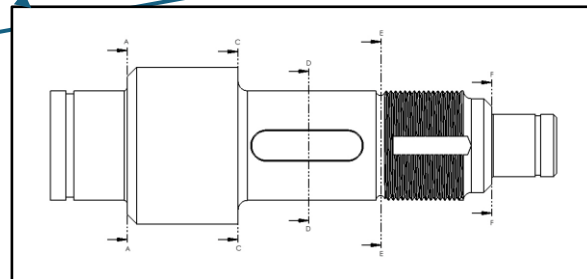
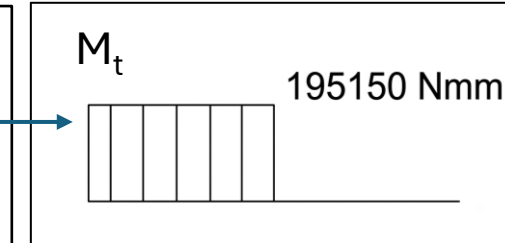
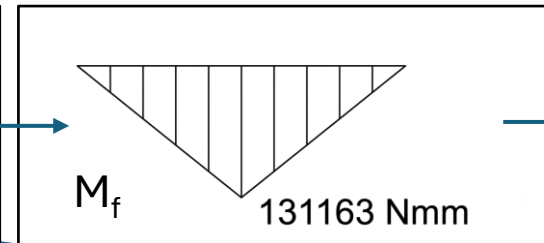
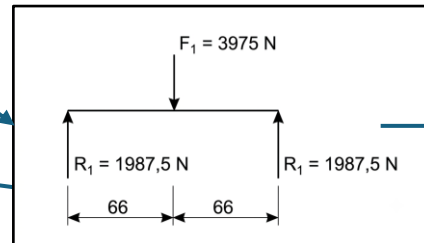
- Scelta cuscinetti

- Dimensionamento linguette

- **Verifiche statiche**

- **Verifiche a fatica**

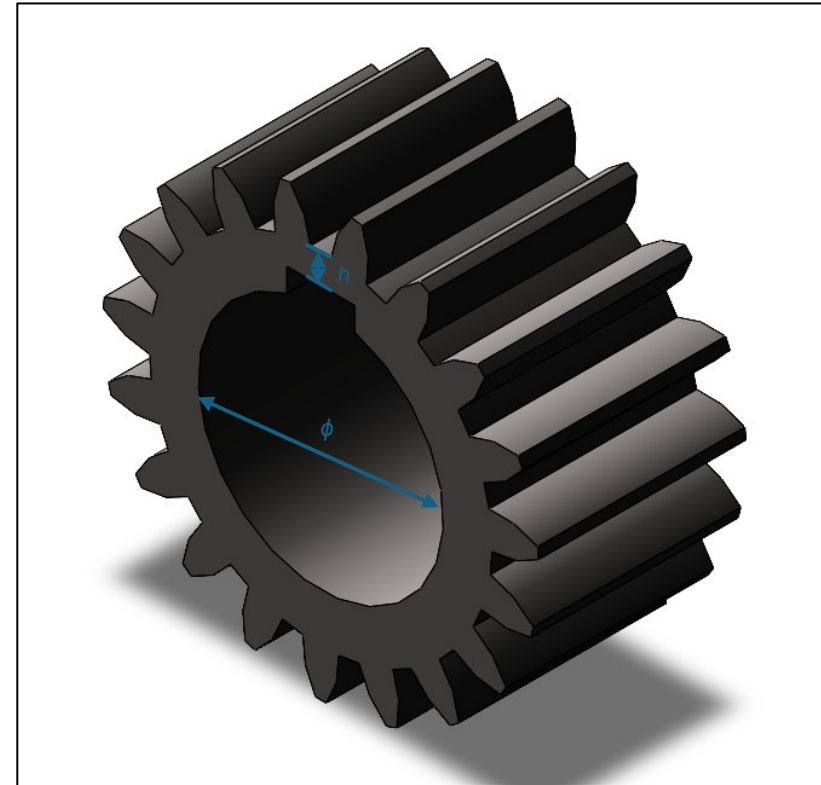
- Analisi deformazioni



Per contenere le dimensioni del riduttore e garantire un'uniformità di progetto si è scelto di avere le ruote motrici e le ruote condotte dei due stadi rispettivamente con lo stesso numero di denti.

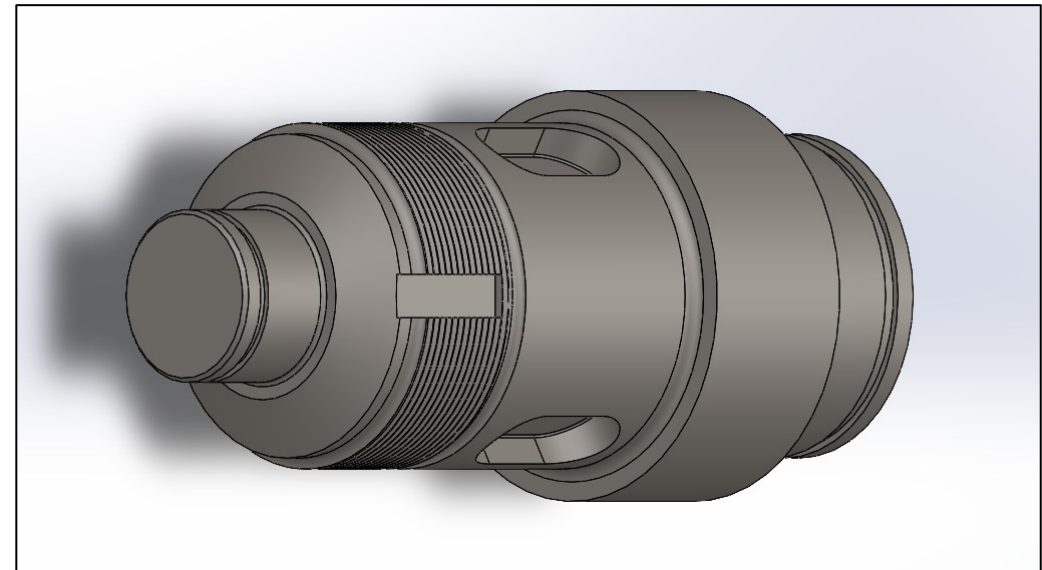
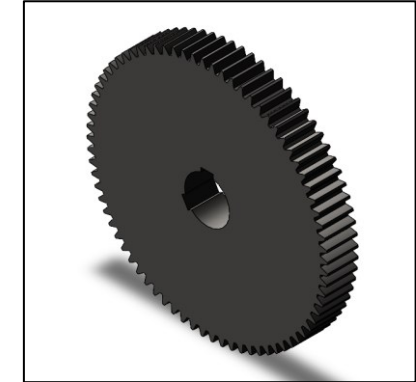
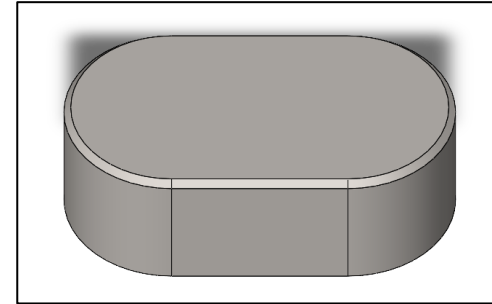
In base al rapporto di riduzione pari a 16 e considerando un angolo di pressione pari a 20° , da tabelle il numero minimo di denti per le ruote di questo riduttore risultava pari a 16 denti.

L'analisi è iniziata dalla ruota dentata '3', quella in condizioni più sfavorevoli. Inizialmente si è calcolato il modulo pari a 5,5 mm; parametro che determina tutte le grandezze della ruota dentata. Così facendo in fase progettuale non si riusciva a garantire lo spazio necessario per l'alloggiamento della linguetta. Si è deciso quindi di **aumentare il numero di denti** fino a 19 per aumentare le dimensioni delle ruote minori e si è **migliorato il materiale dell'albero intermedio '0'** (da C40 bonificato a C45 bonificato), nonché l'albero che ospita la ruota '3', per ridurre il diametro. Così facendo si è creato lo spazio necessario all'alloggiamento della linguetta.



Linguetta: elemento meccanico diffuso ed economico utile all'accoppiamento tra alberi e mozzi (ruote dentate) necessario al trasferimento di coppia tra le parti.

Nel dimensionamento dell'albero '2', quello a momento torcente trasmesso massimo, la larghezza della ruota dentata '4' non garantiva lo spessore necessario all'alloggiamento di una linguetta dell'adequata lunghezza per garantire l'accoppiamento. Si è deciso quindi di **aumentare il diametro dell'albero** ospitante e di **inserire due linguette** di lunghezza 40 mm a una distanza pari a 120° l'una dall'altra. Così facendo la coppia trasmessa viene divisa tra le due linguette garantendo l'accoppiamento. La divisione della coppia in parti eque è garantita dalla cedevolezza del sistema.



Per l'analisi delle **deformazioni** si sono seguite due differenti strategie di verifica per poi confrontare i risultati ottenuti: calcolo delle deformazioni in modo analitico usando il modello di trave e calcolo delle deformazioni mediante analisi agli elementi finiti di un modello solido

Per passare la verifica a deformabilità, secondo normativa ASME, le **frecce** devono risultare inferiori della freccia limite:

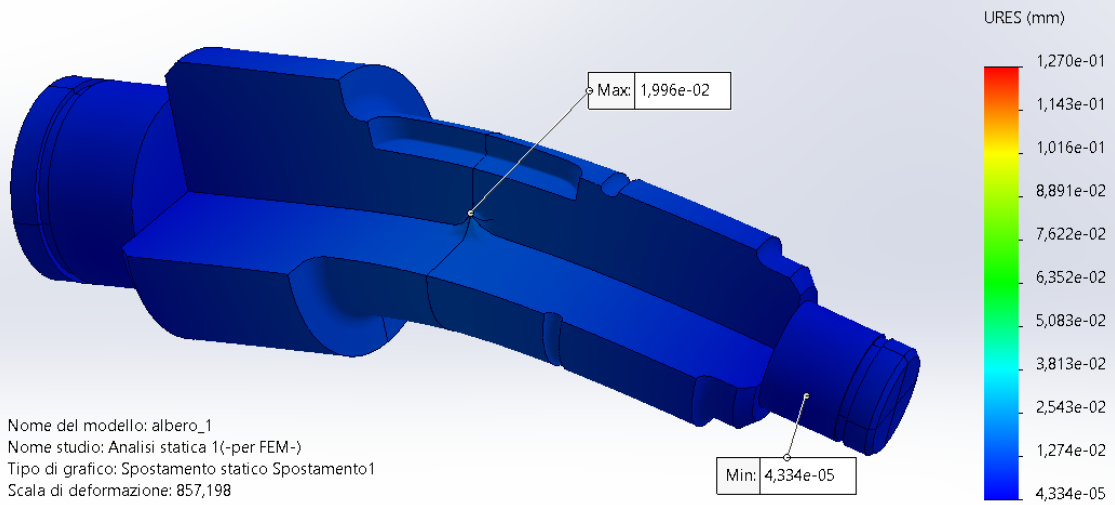
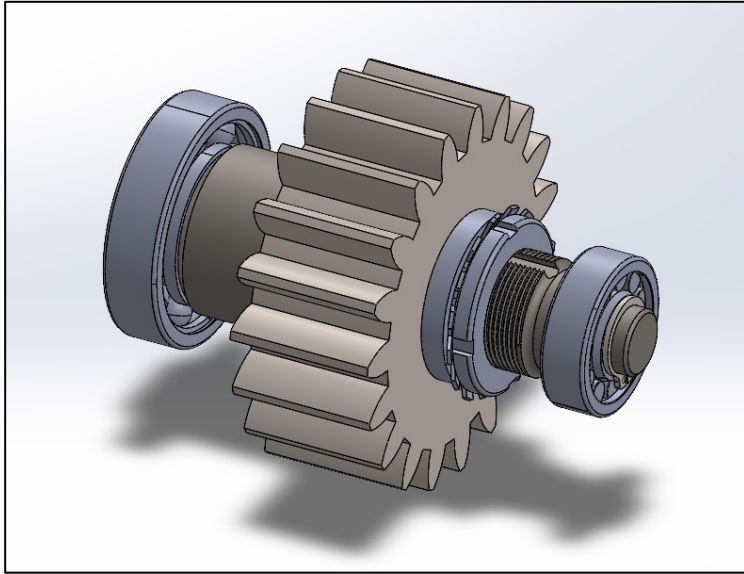
$$f < f_{lim} = 0,127 \text{ mm}$$

Inoltre, le **rotazioni** sui cuscinetti, secondo catalogo SKF, devono risultare inferiori alla rotazione limite che risulta per i cuscinetti a rulli:

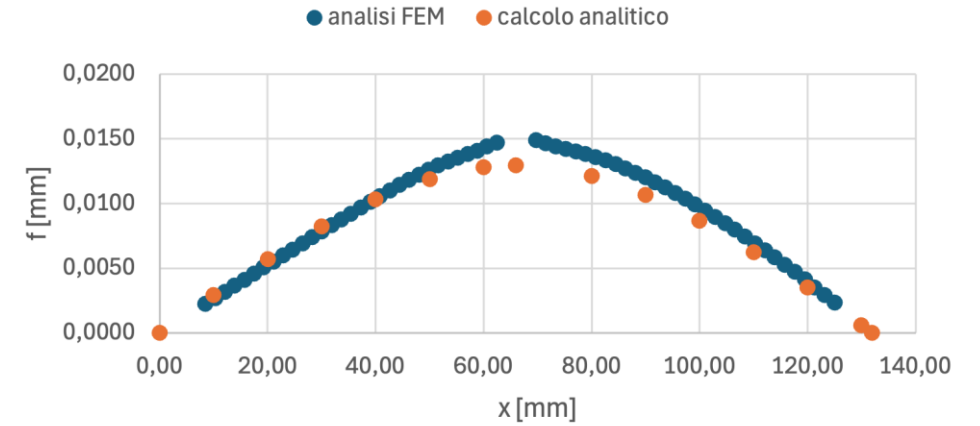
$$\phi < \phi_{lim,rulli} = 3' = 0,00087 \text{ rad}$$

e per i cuscinetti a sfere:

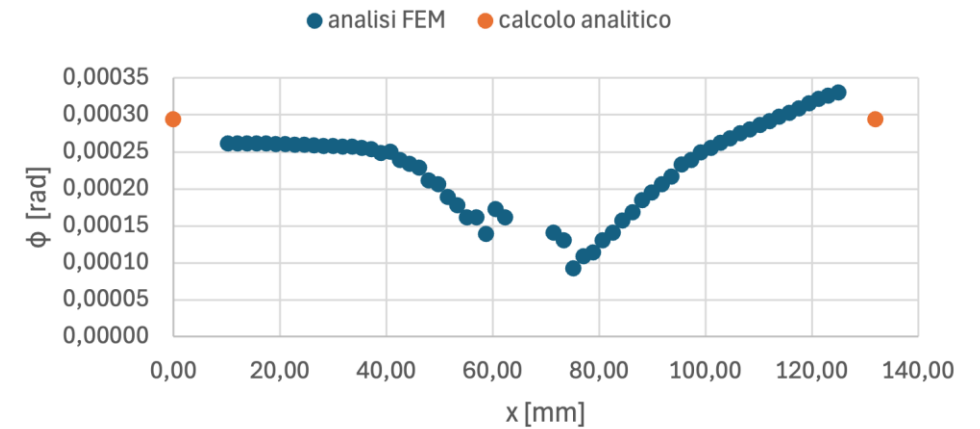
$$\phi < \phi_{lim,sfere} = 10' = 0,00291 \text{ rad}$$

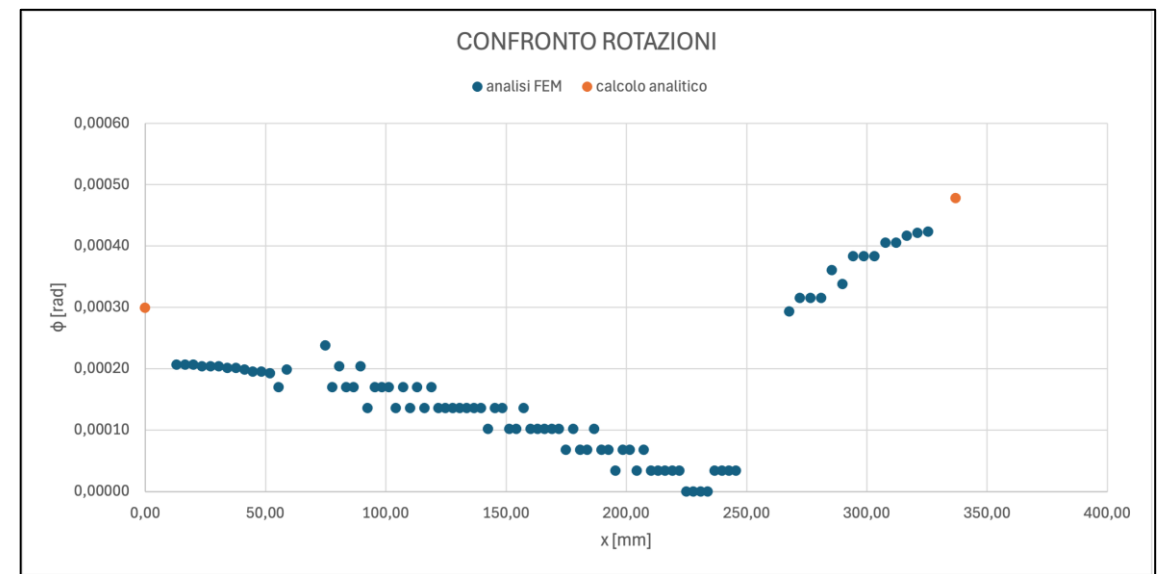
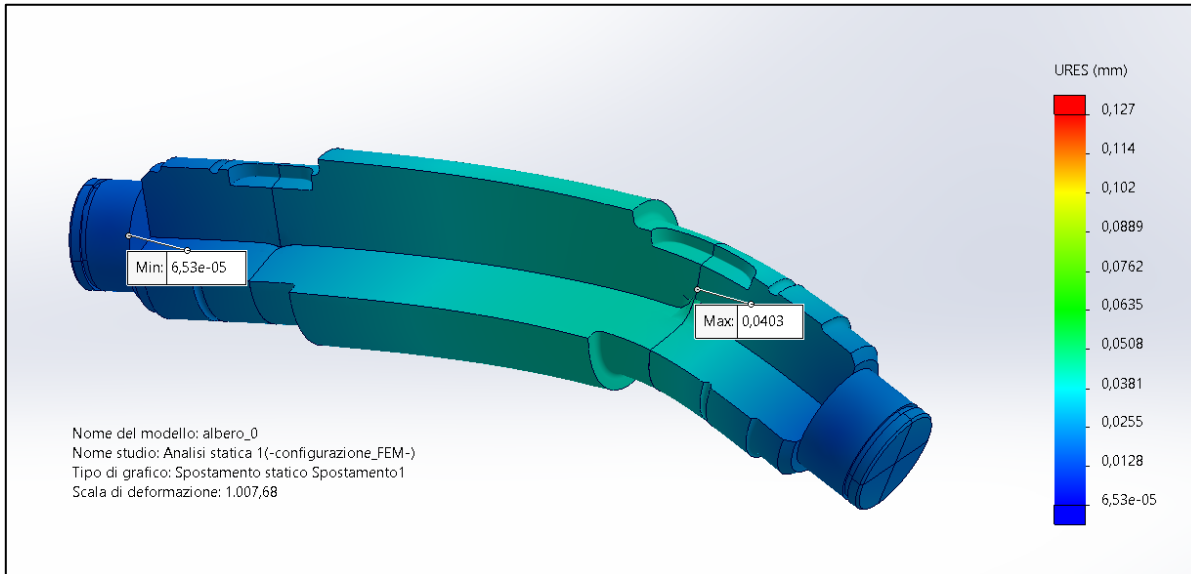
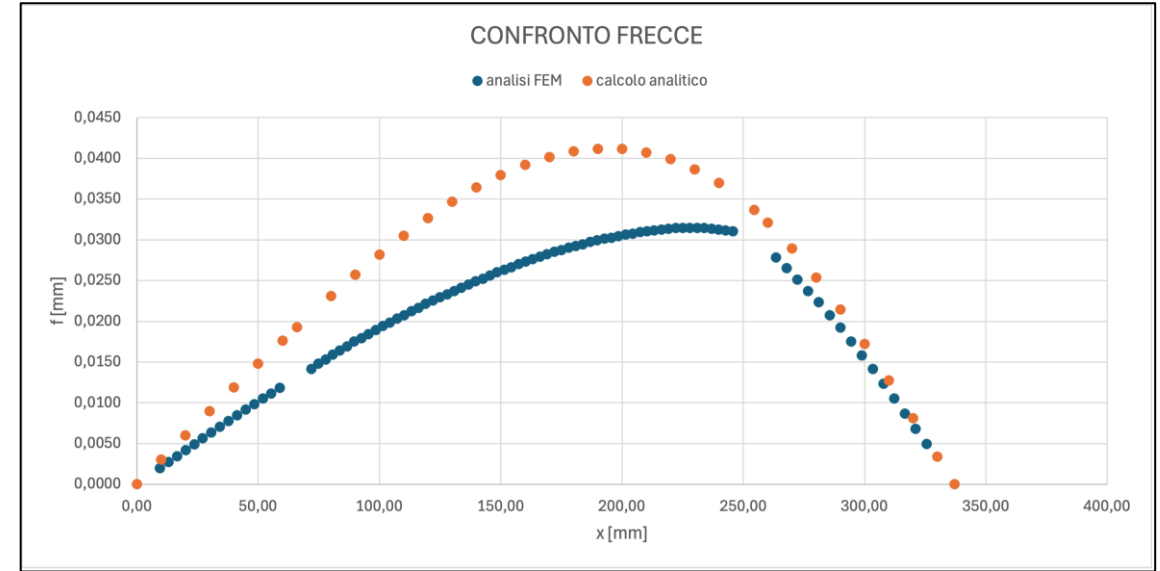
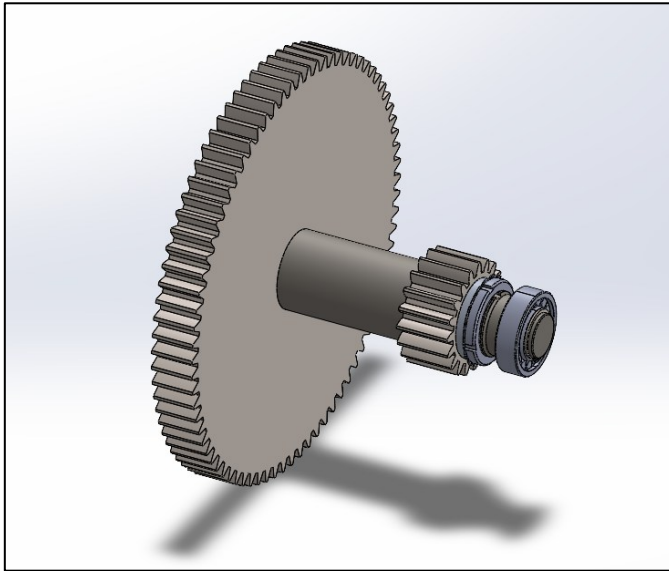


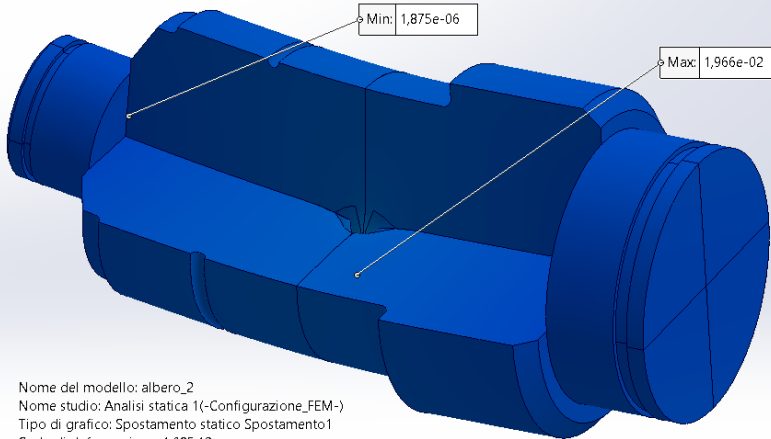
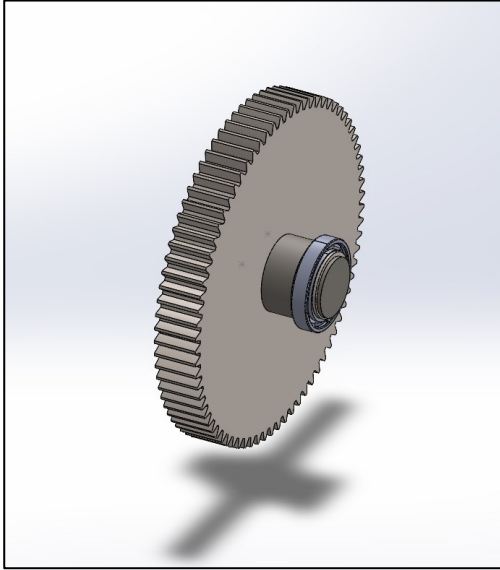
CONFRONTO FRECCE



CONFRONTO ROTAZIONI

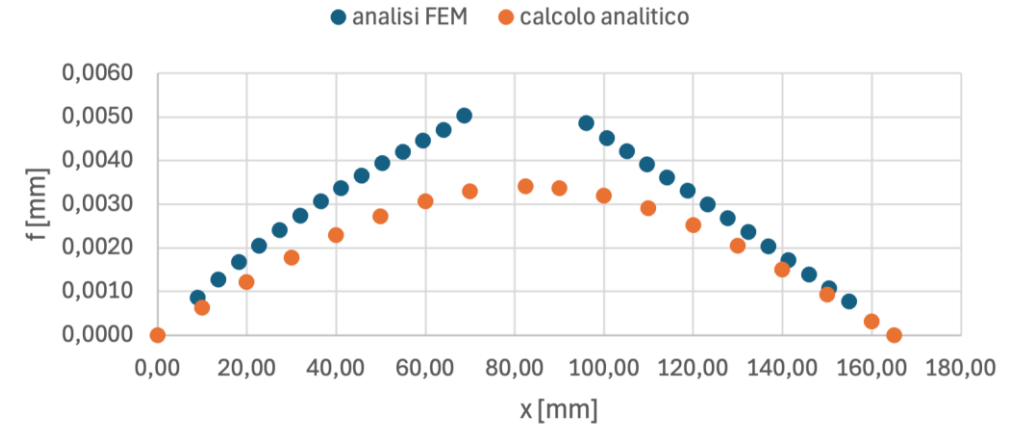




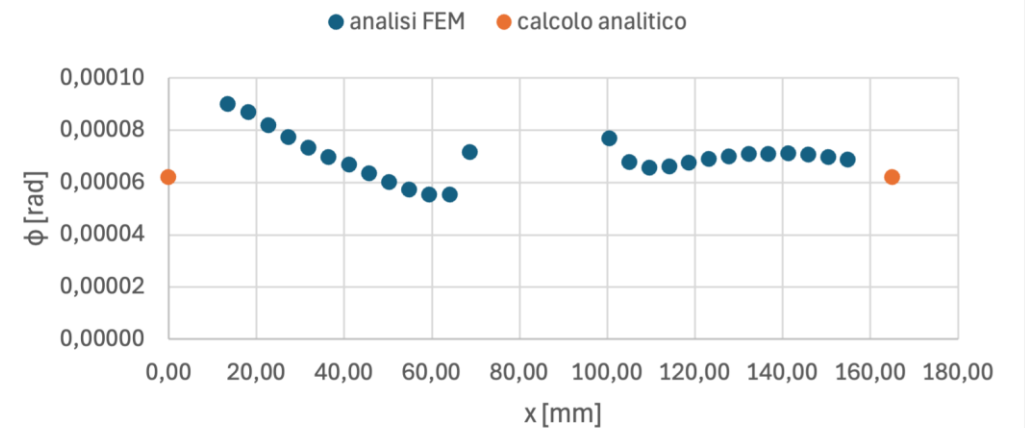


Nome del modello: albero_2
Nome studio: Analisi statica 1(-Configurazione_FEM-)
Tipo di grafico: Spostamento statico Spostamento1
Scala di deformazione: 1.085,13

CONFRONTO FRECCHE



CONFRONTO ROTAZIONI



Il progetto e lo sviluppo del riduttore ad ingranaggi si può considerare riuscito in quanto:

- Ogni componente è stato **modellato e dimensionato**: alberi, ruote dentate, linguette, cuscinetti
- Ogni componente è stato **verificato staticamente** con coefficiente di sicurezza minimo pari a 6,14
- Ogni albero è stato **verificato a fatica** con coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,78
- Il funzionamento è garantito dalle diverse **analisi di deformazione**, per l'albero più deformato '0' risultano frecce inferiori alla metà della freccia limite
- **Gli obiettivi iniziali sono stati raggiunti**

