

OTTIMIZZAZIONE DI UN'ELICA A PASSO VARIABILE ELETTRICA

per Lockheed *Hercules* C-130



Università di Bologna
Dipartimento di
Ingegneria Industriale

Programma e obiettivi formativi dell'attività di tirocinio

L'attività di tirocinio concordata ha l'obiettivo di sviluppare le conoscenze e il processo di progettazione con l'ausilio del software di modellazione solida tridimensionale e parametrica SolidWorks 2021; l'attività di progettazione comprende la modellazione, la verifica e la convalida degli organi del sistema meccanico fornito.

Le attività previste per il conseguimento di tali obiettivi riguardano lo studio, la progettazione e l'ottimizzazione del sistema di comando di un'elica a passo variabile elettrica e del suo mozzo di collegamento con l'albero motore.

Dati attività di tirocinio

- **Tirocinante:** Luca Zappalorti
- **Soggetto ospitante:** Alma Mater Studiorum – UniBo
- **Sede tirocinio:** Dipartimento di Ingegneria Industriale
- **Durata:** Dal 09/04/2021 al 28/09/2021 (158 ore)
- **CFU:** 6 CFU (min. 150 – max. 180 ore)
- **Tutor accademico:** Luca Piancastelli
- **Oggetto del progetto:** Sistema di cambio di passo
- **Attività di progetto:**
A partire dal prototipo fornito sarà necessario ottimizzare le soluzioni presenti e/o implementarne delle nuove al fine di soddisfare gli obiettivi progettuali preposti.

Programma e obiettivi formativi dell'attività di tirocinio

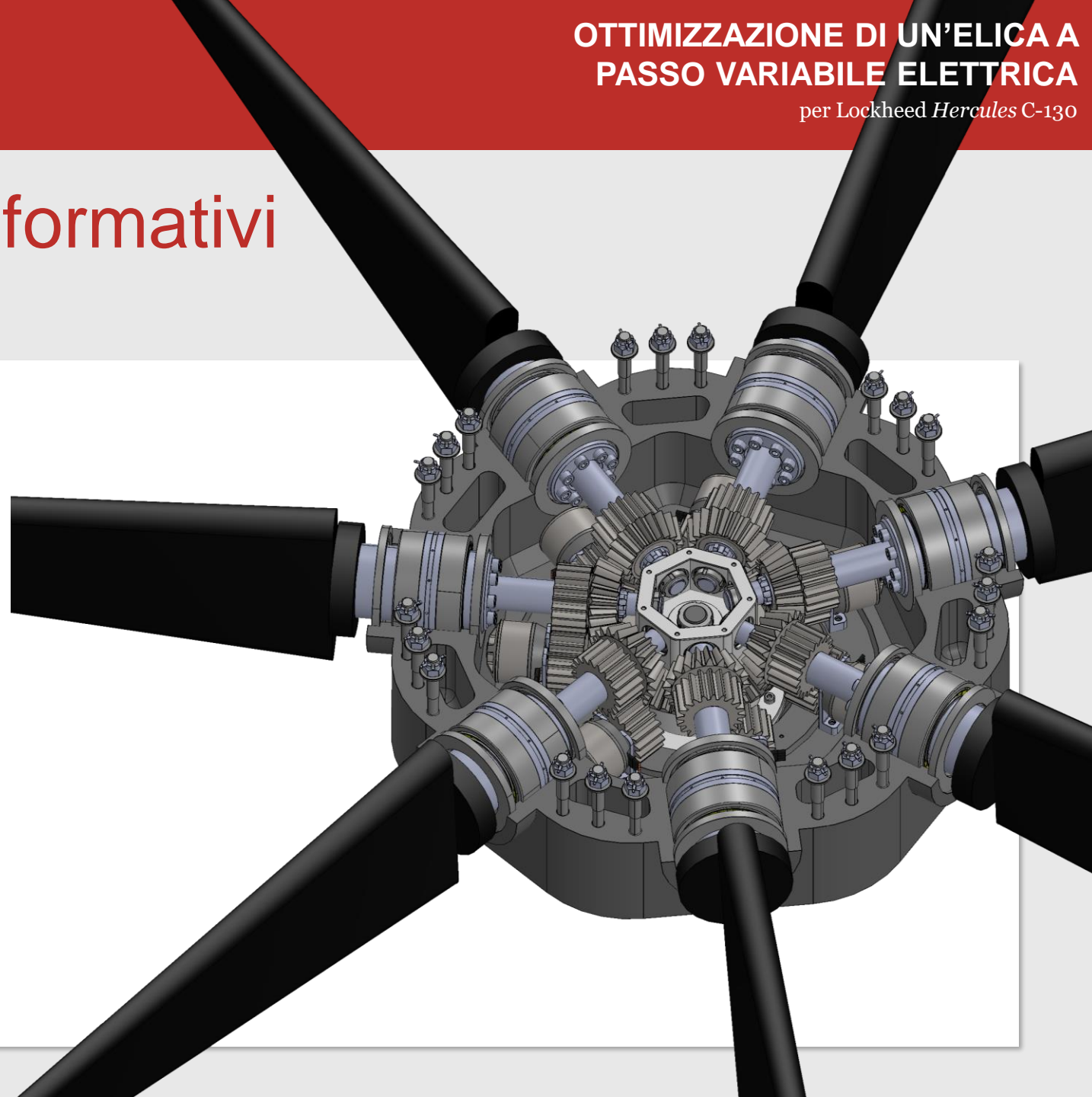
Obiettivi di progetto

Gli obiettivi di progetto si riassumono nell'ottimizzazione di un sistema di cambio di passo elettromeccanico a partire da un modello di massima.

L'ottimizzazione e l'implementazione delle soluzioni hanno seguito i seguenti parametri di valutazione:

- Ambito dell'applicazione
- Processi di fabbricazione
- Operazioni di montaggio
- Ricerca di soluzioni ottimizzate

Oltre agli interventi che derivano dall'analisi del modello originale è imposta la ricerca di una soluzione di messa in bandiera automatica.



Programma e obiettivi formativi dell'attività di tirocinio

Organizzazione del lavoro e programma

Analisi del prototipo iniziale

Una volta che il modello è stato consegnato il modello originale inizia la fase di analisi alla ricerca delle problematiche o delle aree di intervento secondo i principi illustrati.

Risoluzione degli elementi funzionali

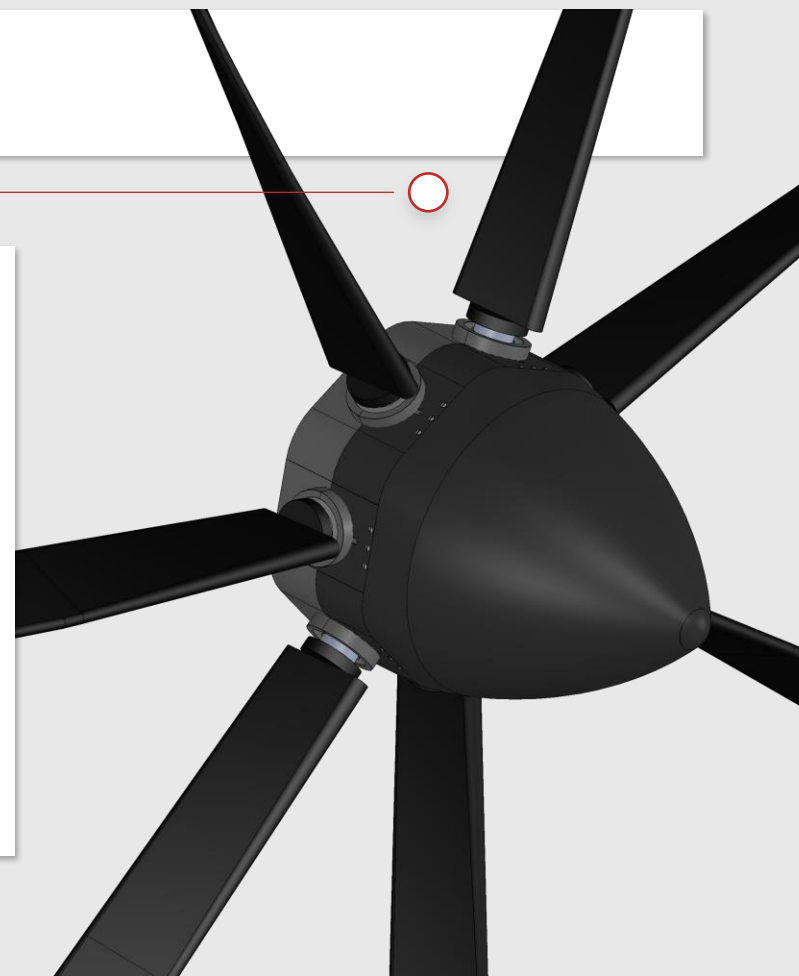
Vengono formulate e implementate le soluzioni per i componenti principali e fondamentali per il sistema di cambio di passo. Il modello subisce modifiche sostanziali.

Implementazione ausiliari

Vengono introdotti sistemi ausiliari come quelli di lubrificazione, supporto, fissaggio (bulloni, viti e prigionieri) e protezione (carteratura). Si introduce un modello di ogiva.

Introduzione del feathering

Si studiano, analizzano e implementano varie soluzioni per la messa in bandiera automatica delle pale.

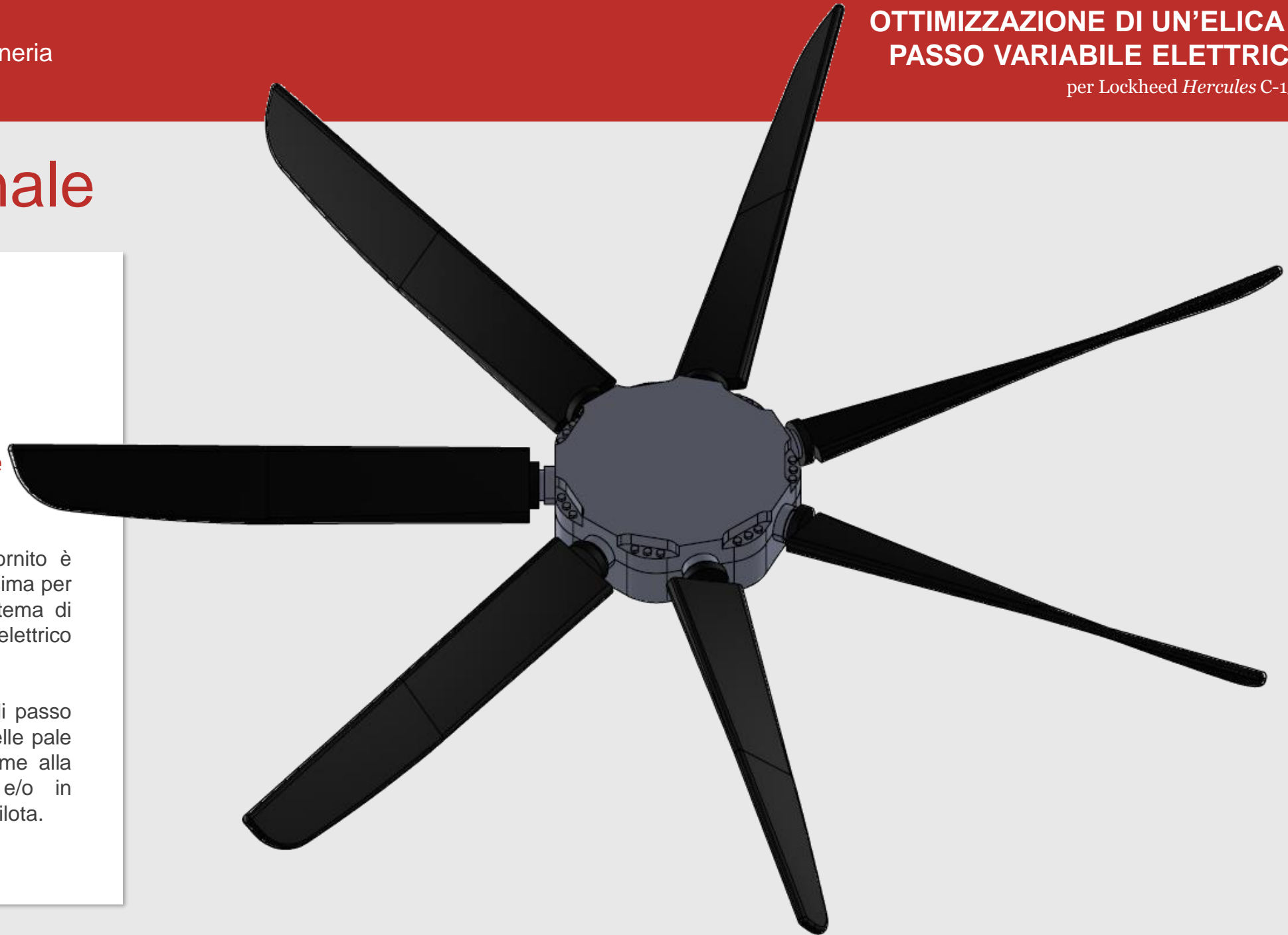


Elica originale

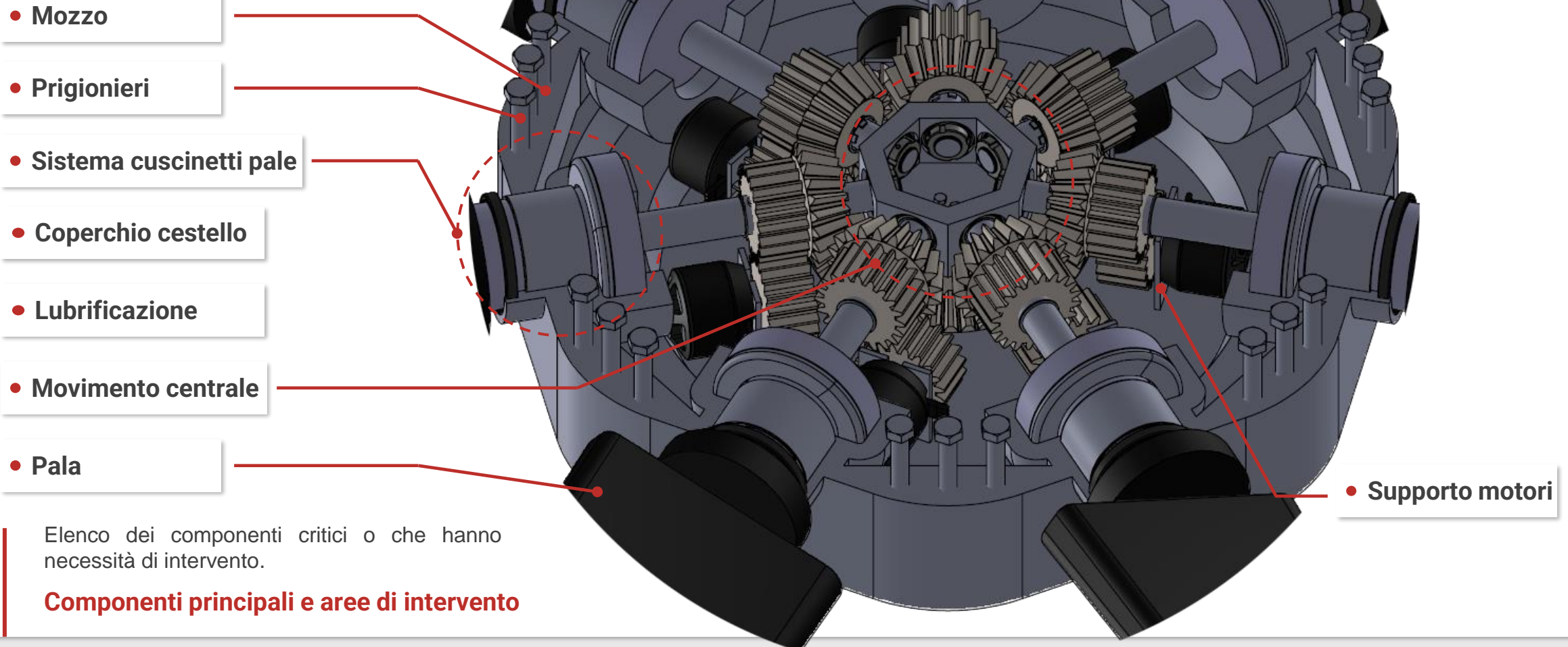
Prototipo iniziale come studio di massima

Il prototipo inizialmente fornito è frutto di uno studio di massima per la realizzazione di un sistema di cambio di passo elettrico motorizzato.

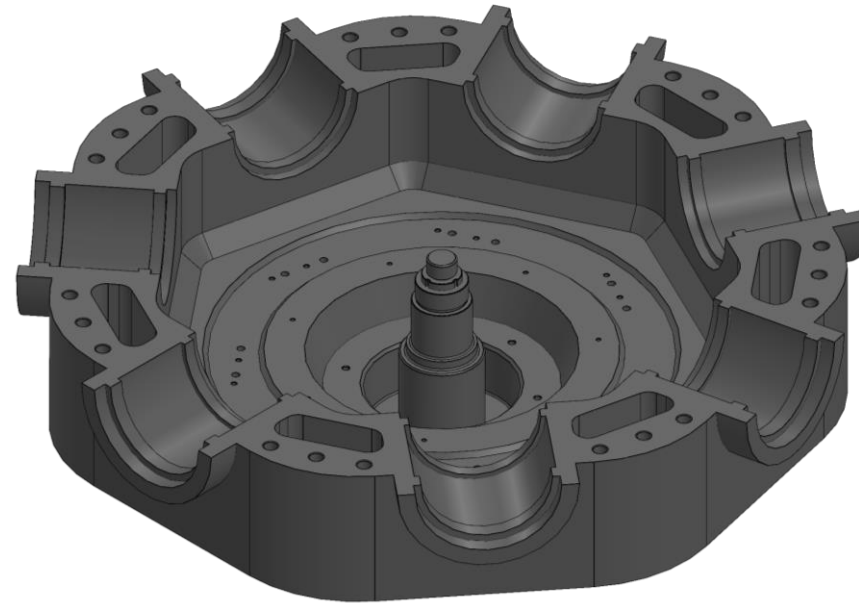
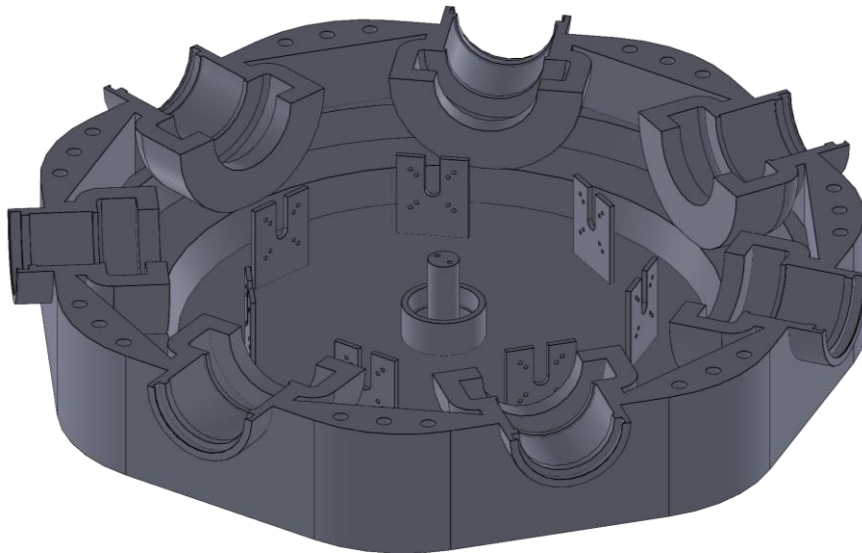
L'operazione del cambio di passo consiste nella rotazione delle pale di un certo angolo conforme alla configurazione di volo e/o in risposta alle manovre del pilota.



Elica originale



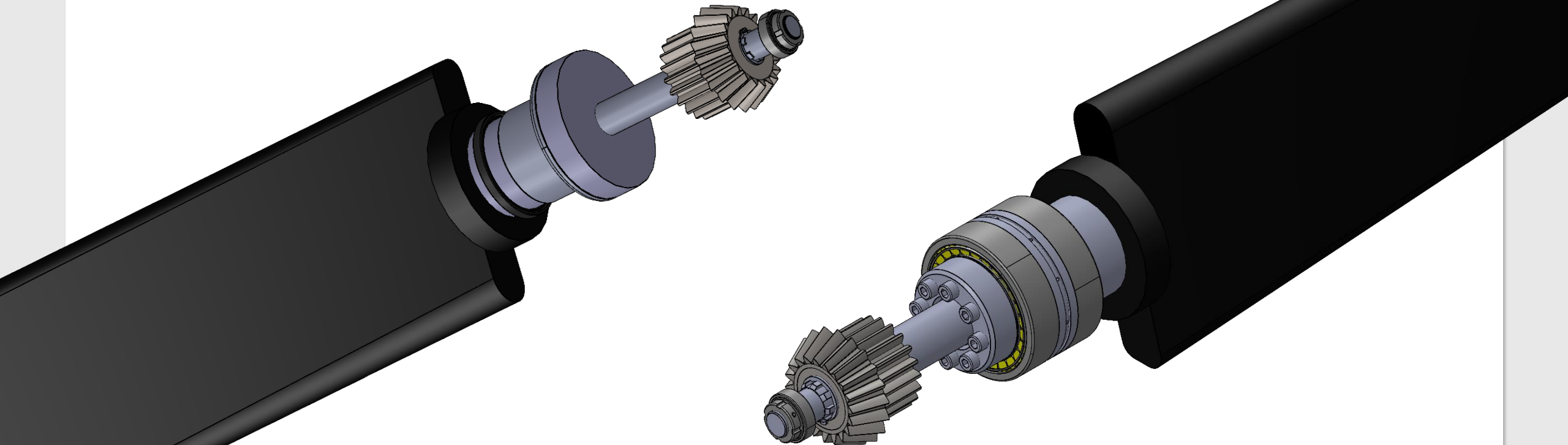
Confronto fra l'originale e l'ottimizzato



Cestello o mozzo

Le modifiche sul cestello si sono concentrate sulla costruzione di una soluzione che potesse rispettare delle operazioni di fabbricazione realistiche, eliminando le parti o le geometrie non funzionali che complicavano il modello.

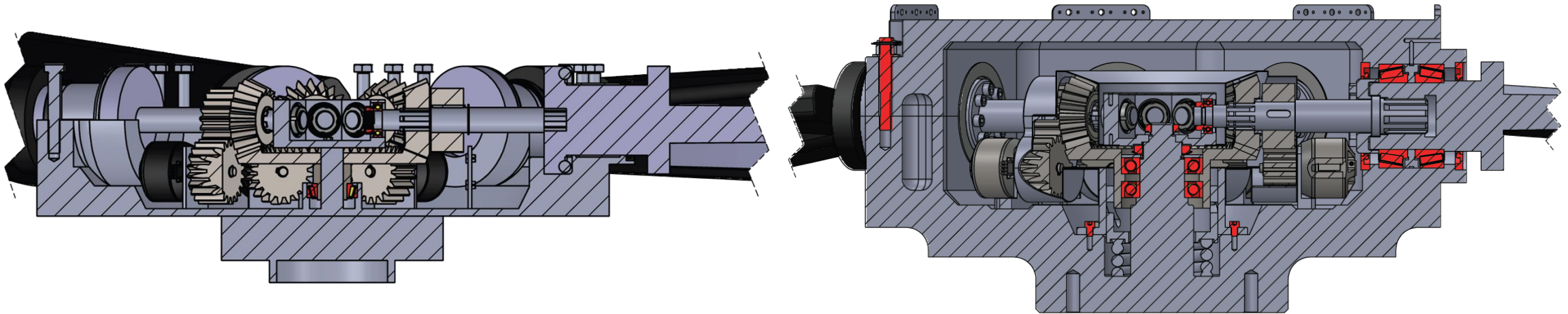
Confronto fra l'originale e l'ottimizzato



Sistema cuscinetti delle pale

Si introduce una nuova disposizione dei cuscinetti basata sulla scelta di rulli conici che possano sopportare carichi combinati; di conseguenza è stato necessario ridisegnare gli alberi di comando, le sedi sul cestello e la radice della pala.

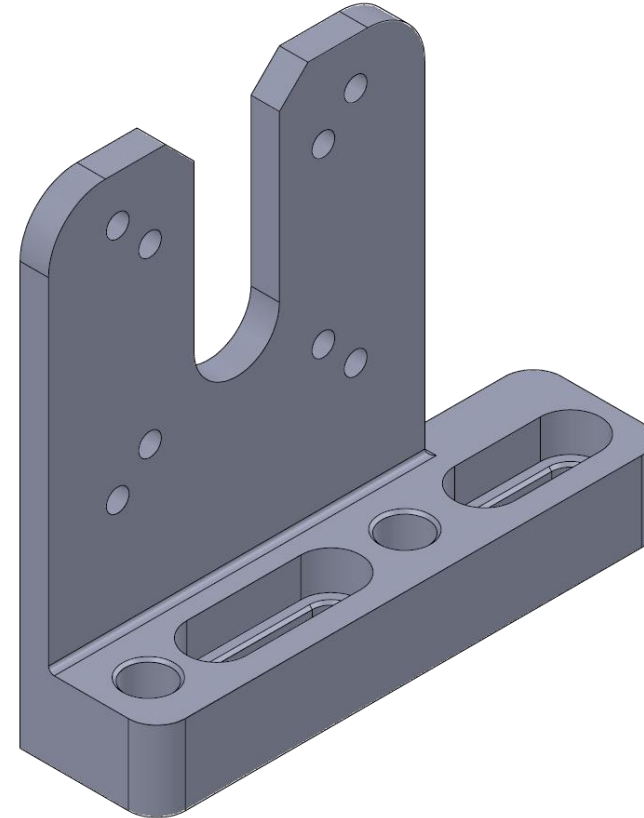
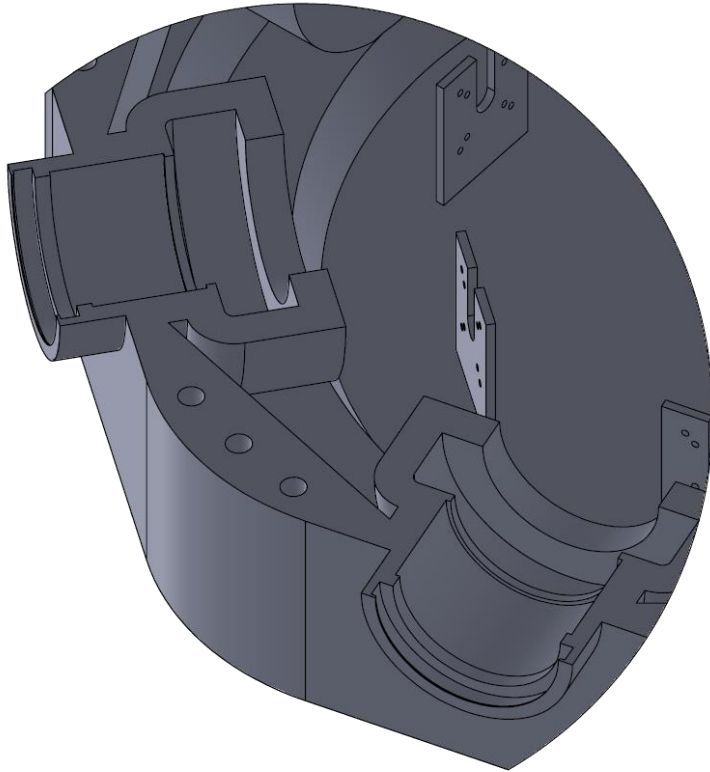
Confronto fra l'originale e l'ottimizzato



Movimento centrale

Ancora una volta si è sostituito il sistema di cuscinetti per poter sopperire a carichi combinati; è stato necessario ridisegnare la corona conica centrale e l'albero centrale del mozzo affinché la soluzione risulti compatta e possa ospitare anche il sistema di *feathering*.

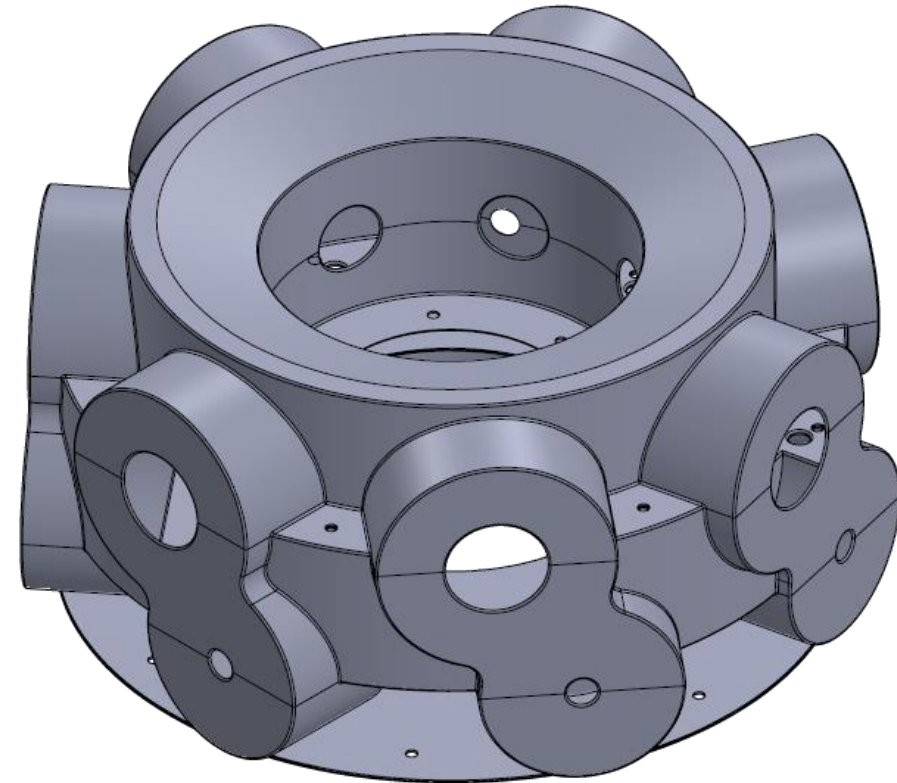
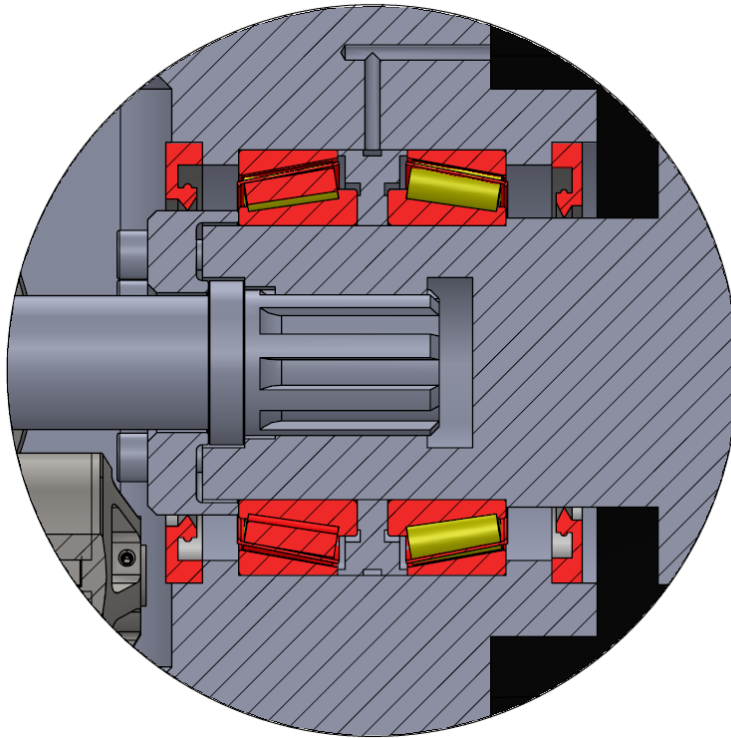
Confronto fra l'originale e l'ottimizzato



Supporto motori elettrici

Sono stati sostituiti i supporti ricavati di pezzo o per saldatura sul fondo del cestello con dei supporti da imbullonare e riferire con delle spine cilindriche. Questa soluzione permette di agevolare il montaggio e, soprattutto, il posizionamento dei motori all'interno del mozzo.

Confronto fra l'originale e l'ottimizzato

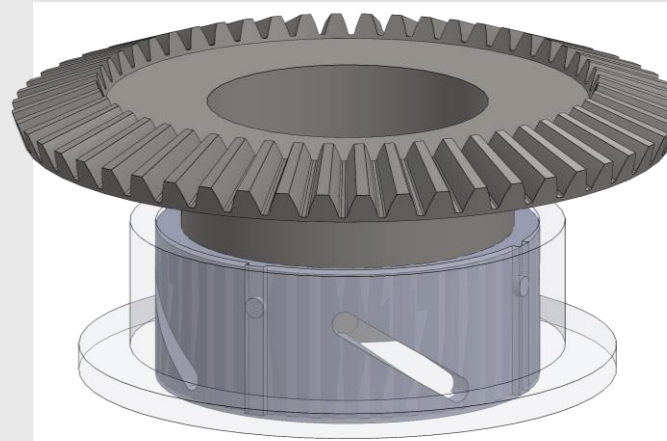


Lubrificazione e carter Sono state implementati i sistemi di lubrificazione dei cuscinetti con l'ausilio di grasso a rabbocco manuale; le ruote dentate sono invece sottoposte a ingrassaggio al montaggio e vengono protette dal complesso di carteratura.

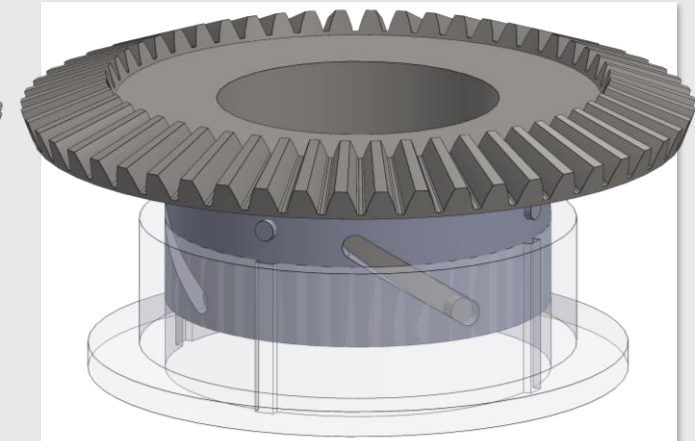
Soluzione di feathering

Un sistema di feathering o *messa in bandiera automatica* è un complesso di meccanismi che consente, nelle eliche a passo variabile, di riportare le pale in condizioni di passo neutro a partire da una condizione (di passo) qualunque di queste.

Questo sistema è fondamentale per la gestione di un velivolo dotato di eliche con pale a passo variabile, in quanto, in caso di avaria del motore, una configurazione di passo incontrollabile creerebbe difficoltà di manovra e resistenza aereodinamica. Riportando le pale in configurazione di passo neutro è possibile ridurre gli la resistenza aereodinamica e agevolare le manovre di rientro o atterraggio con la sola propulsione delle altre eliche (ipotesi di velivolo plurimotore come il C-130).



Il sistema sfrutta l'accoppiamento tra una camma a tamburo e la corona centrale stessa, di modo che ad una traslazione della camma corrisponda una rotazione della corona e quindi delle pale. La camma è talvolta vincolata solamente a traslare assialmente rispetto al cestello attraverso delle scanalature realizzate su di un collare guida, mentre la corona centrale ha dei perni radiali accoppiati con la scanalatura guida della camma.



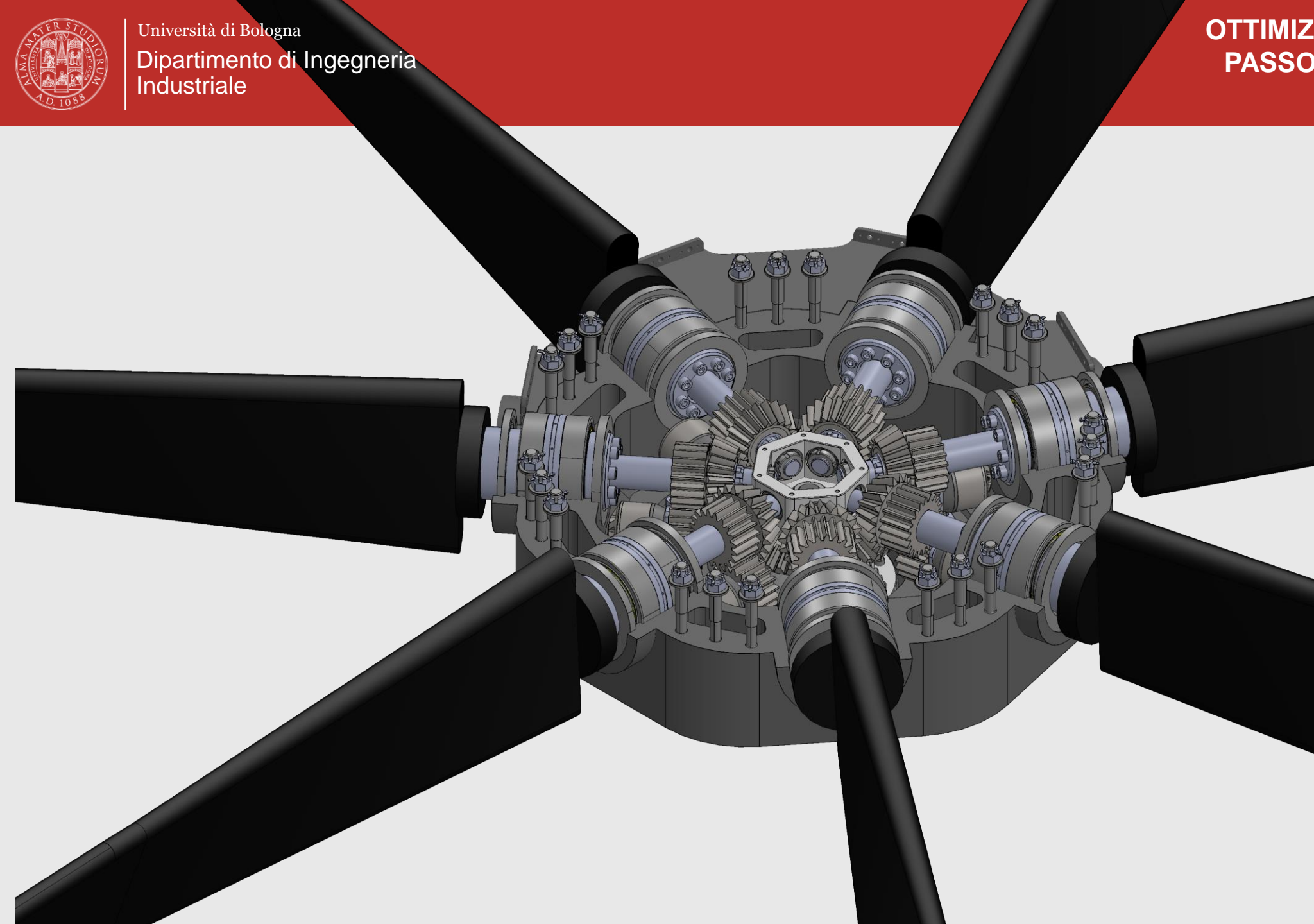
Questo tipo di meccanismo è sfruttato nella nostra applicazione per permettere il ritorno in passo neutro delle pale attraverso la rotazione sincrona delle pale: la rotazione della corona centrale avviene in caso di avaria per la spinta elastica offerta da una molla interposta tra la camma e il fondo del mozzo. Correggendo il passo si assiste di fatto alla traslazione della camma e quindi alla compressione della molla, che, all'azionamento del meccanismo, si espande determinando il ritorno della camma e la rotazione della corona centrale.



Università di Bologna
Dipartimento di Ingegneria
Industriale

OTTIMIZZAZIONE DI UN'ELICA A PASSO VARIABILE ELETTRICA

per Lockheed Hercules C-130



**Elica con sistema di cambio di passo
elettromeccanico**