



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università e della Ricerca



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE  
2014 - 2020



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II

Doc. Id.	-		
Issue	1		
Date	17/07/2020		
	Page	1	of 9

Programma	<b>Progetto di Ricerca PROSIB ARS01_00297 PROPulsione e Sistemi IBridi per velivoli ad ala fissa e rotante</b>
Titolo	<b>Capitolato tecnico manufacturing per prove propulsive in galleria del vento del modello di ala del progetto PROSIB</b>

Prepared by: **Daniilo Ciliberti – UNINA**

*Daniilo Ciliberti*

17/07/2020

Signature date

Concurrence  
by: -

Signature date

Approved by: **Fabrizio Nicolosi – UNINA**

*Fabrizio Nicolosi*

Signature date

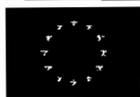
Authorized by: **Fabrizio Nicolosi – UNINA**

*Fabrizio Nicolosi*

17/07/2020

Release date

(dd/mm/yyyy)



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Ministero dell'Università e della Ricerca*



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE  
2014-2020



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II

<b>Doc. Id.</b>	-
<b>Issue</b>	1
<b>Date</b>	17/07/2020
<b>Page</b>	2 of 9

## DISTRIBUTION LIST

UNINA

Ufficio acquisti

## AMENDMENT LIST

Issue	Date	Description
1	17/07/2020	First edition



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Istruzione  
dell'Università e della Ricerca



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE  
2014 - 2020

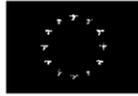


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II

Doc. Id.	-		
Issue	1		
Date	17/07/2020		
	Page	3	of 9

## CONTENTS

<b>LIST OF FIGURES</b> .....	<b>4</b>
<b>LIST OF TABLES</b> .....	<b>4</b>
<b>1 CAPITOLATO TECNICO</b> .....	<b>5</b>



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università e della Ricerca



PON  
RICERCA E INNOVAZIONE  
2014 - 2020



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II

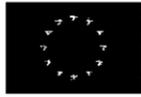
Doc. Id.	-		
Issue	1		
Date	17/07/2020		
Page	4	of	9

### LIST OF FIGURES

<b>Figure 1 – Modello di ala in galleria del vento (bilancia esterna assente) .....</b>	<b>5</b>
<b>Figure 2 – Esempio di ingombro atteso dalla strumentazione .....</b>	<b>6</b>
<b>Figure 3 – Geometria del profilo con flap.....</b>	<b>7</b>
<b>Figure 4 – Linee dove saranno installate le prese di pressione .....</b>	<b>7</b>
<b>Figure 5 – Esempio di installazione di tubicini per la misura della pressione statica .....</b>	<b>7</b>
<b>Figure 6 – Geometria delle eliche TIP (sx) e DEP (dx).....</b>	<b>9</b>

### LIST OF TABLES

<b>Table 1 – Caratteristiche del modello di semi-ala con propulsione distribuita PROSIB.....</b>	<b>5</b>
<b>Table 2 – Caratteristiche della galleria del vento principale del DII.....</b>	<b>6</b>
<b>Table 3 – Caratteristiche della bilancia esterna laterale.....</b>	<b>6</b>



## 1 CAPITOLATO TECNICO

Per la valutazione delle interazioni aero-propulsive (propulsione distribuita e *tip propeller*) su un'ala in galleria del vento si intende far realizzare un modello di ala in lega di alluminio, strumentata con ipersostentatori (*flap*), prese di pressione, motori elettrici, eliche e sensori di forza per la misura di spinta e forza normale di ciascuna elica. In aggiunta, i motori elettrici dovranno poter essere spostati lungo l'asse *x* (parallelo alla corda) e *z* (normale alla corda) fino al 10% della posizione della corda. Il concept di modello sperimentale è rappresentato in Figure 1 e descritto in Table 1. Le caratteristiche della camera di prova della galleria del vento situata presso il Dip. di Ingegneria Industriale (DII) dell'Università di Napoli "Federico II" sono riportate in Table 2.

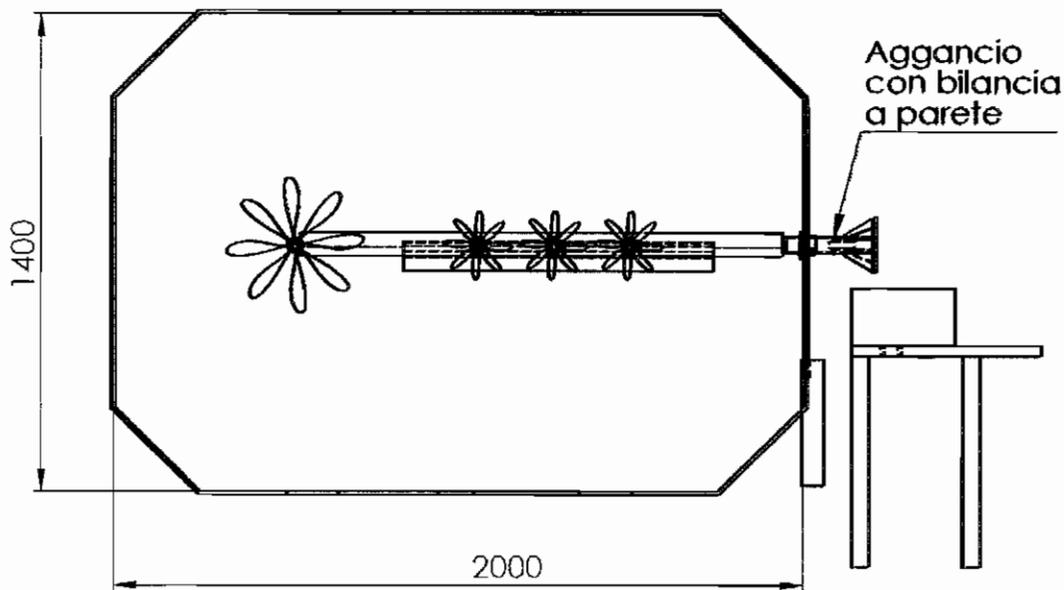
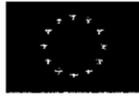


Figure 1 – Modello di ala in galleria del vento (bilancia esterna assente)

Caratteristica	Valore
Profilo	GAW-1 (o simile) con spessore massimo 17%
Forma in pianta	Rettangolare
Apertura alare	1.4 m
Allungamento alare	7.0 (3.5 semi-modello)
Lunghezza corda	0.4 m
Area forma in pianta	0.56 m <sup>2</sup>
Diametro eliche distribuite (DEP)	0.3 m
Diametro elica estremità (TIP)	0.4 m
Linee con prese di pressione	3 linee per un totale di circa 100 prese
Rapporto di corda flap/main	0.3
Inizio apertura flap	0.2 m
Fine apertura flap	1.1 m

Table 1 – Caratteristiche del modello di semi-ala con propulsione distribuita PROSIB



Caratteristica	Valore
Sezione di prova	2.0 m × 1.4 m × 4.0 m (larg × alt × lung)
Area frontale sezione di prova	3.68 m <sup>2</sup> (rettangolo con spigoli smussati)
Potenza massima	150 kW
Velocità massima	45 m/s
Velocità attesa per le prove PROSIB	20 m/s

Table 2 – Caratteristiche della galleria del vento principale del DII

Component	Range		Accuracy
	Min	Max	
Normal force (Lift) L	-80 Kg	100 Kg	0.030 Kg
Horizontal force (Drag) D	-12 Kg	12 Kg	0.005 Kg
Pitching moment My	-15 Kg*m	15 Kg*m	0.010 Kg*m
Bending moment MII	-40 Kg*m	60 Kg*m	0.030 Kg*m
Yawing moment Myaw	-8 Kg*m	8 Kg*m	0.006 Kg*m

Table 3 – Caratteristiche della bilancia esterna laterale

Il modello di ala dovrà essere opportunamente svuotato per consentire l'installazione di motori, sensori di forza, elettronica di potenza e di condizionamento segnali, oltre a consentire il passaggio di cavi elettrici e tubi di pressione. Sulla base delle precedenti esperienze, si attende un ingombro della parte elettronica simile a quanto rappresentato nella figura seguente.

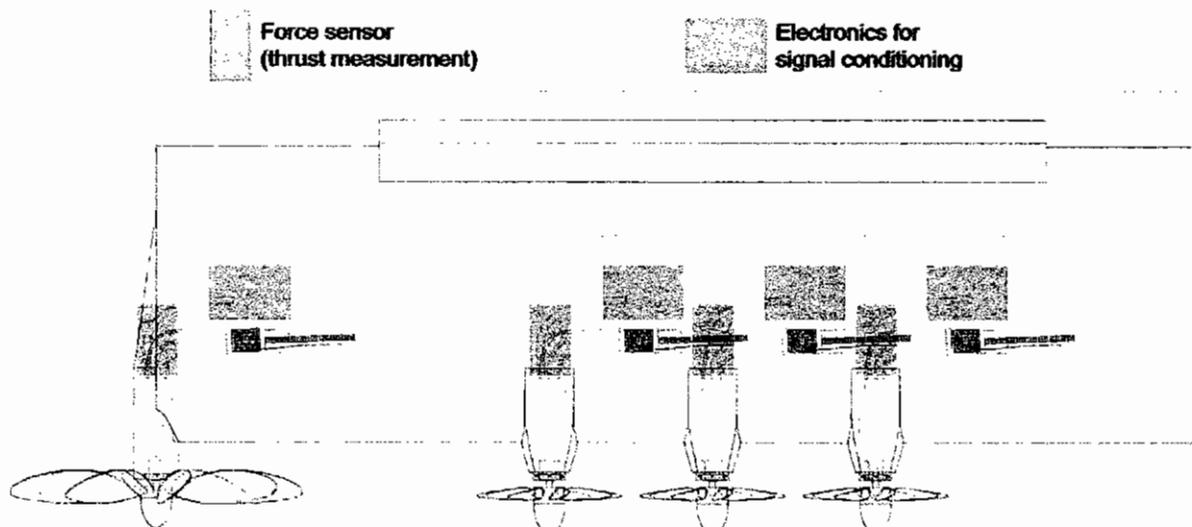
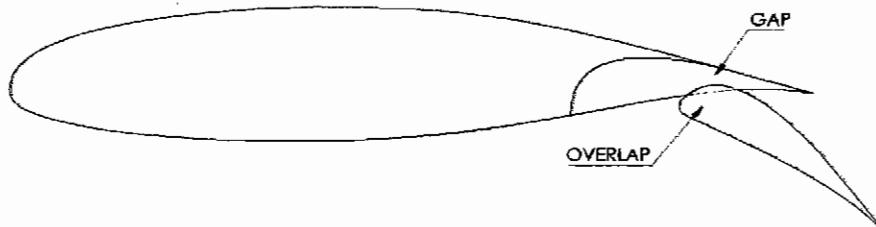


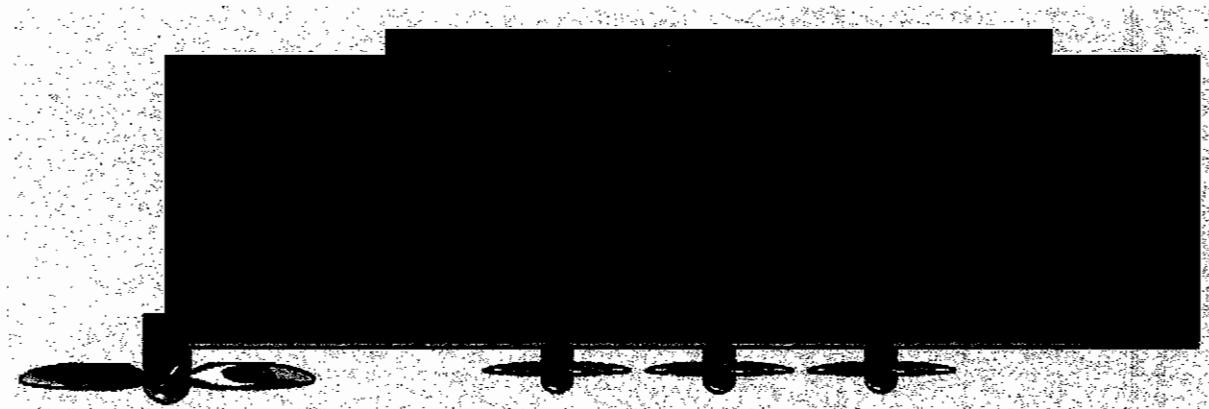
Figure 2 – Esempio di ingombro atteso dalla strumentazione

Il profilo alare nella sezione flappata avrà la seguente forma (spessori finali da concordare secondo i limiti della macchina CNC che svolgerà il lavoro)



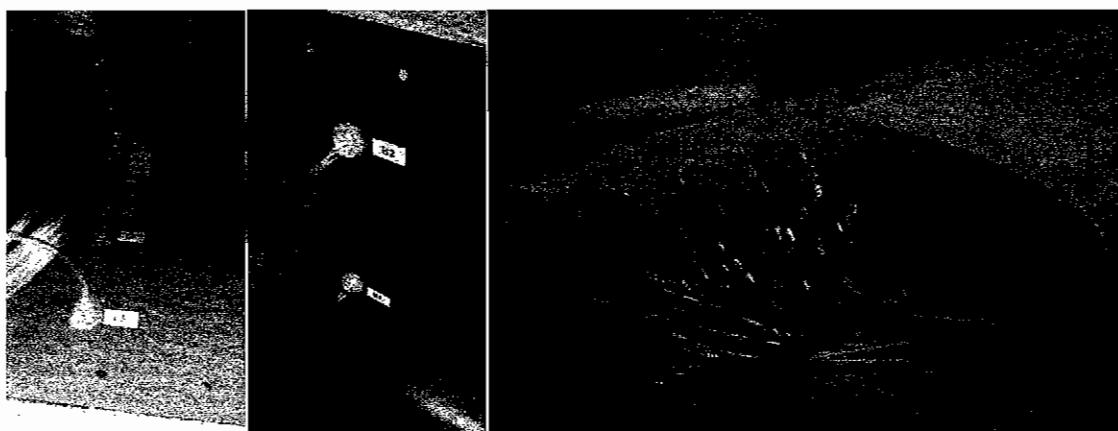
**Figure 3 – Geometria del profilo con flap**

Le prese di pressione saranno disposte su 3 file. Due intorno all'elica DEP centrale e alcuni punti dovranno essere posizionati sulla parte mobile, l'ultima in prossimità della stazione dell'elica di TIP, come in figura seguente.

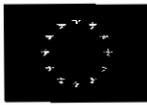


**Figure 4 – Linee dove saranno installate le prese di pressione**

Si riportano alcune immagini di repertorio per le prese di pressione, che dovranno avere diametro esterno (sulla superficie esterna dell'ala) 0.5 mm, ma che dall'interno dovranno accogliere dei tubicini di nylon con diametro interno 1 mm e diametro esterno 2 mm, da incollare opportunamente con colla bicomponente.



**Figure 5 – Esempio di installazione di tubicini per la misura della pressione statica**



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Istruzione,  
dell'Università e della Ricerca



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE



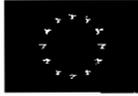
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II

Doc. Id.	-		
Issue	1		
Date	17/07/2020		
Page	8	of	9

In sintesi, si riporta un elenco dettagliato di quanto descritto sopra. Il fornitore dovrà provvedere a:

- realizzare un modello rigido di semi-ala con flap in lega di alluminio secondo le specifiche di Table 1 e Table 2
- realizzare un attacco con il motore esterno per la rotazione della semi-ala intorno al 25% della corda a partire dal bordo di attacco, suggerendo il miglior sistema di aggancio con le infrastrutture già presenti nella galleria del vento del DII e consentendo il passaggio di cavi elettrici e tubi di pressione verso l'esterno (ad esempio con una struttura di aggancio tubolare)
- svuotare opportunamente la struttura per alloggiare motori, elettronica di potenza, di controllo, sensori di forza e sensori di pressione, nonché garantire un alleggerimento dello stesso ma anche ridurre al minimo le deformazioni e tale da resistere, con opportuno fattore di sicurezza, ai limiti della bilancia esterna riportati in Table 3
- fare in modo che sia la deformata della struttura sia eventuali spostamenti rigidi (traslazioni e/o rotazioni) intorno alla sezione di aggancio siano trascurabili (nell'ordine di 0.1 mm e 0.1°)
- realizzare un sistema di due traslazioni indipendenti lungo x e z per ciascuno dei 3 motori dedicati alla DEP, con almeno 3 posizioni prefissate per la x e 4 posizioni prefissate per la z, per garantire una traslazione massima lungo gli assi di 4 cm (10% della lunghezza della corda del profilo) intorno al bordo d'attacco dell'ala
- il sistema di movimentazione del punto precedente dovrà essere meccanico, facilmente accessibile e azionabile manualmente da un operatore (a galleria spenta), compatibile con l'installazione dei sensori di forza tipo cella di carico sottile e off-center
- realizzare delle gondole motore per le eliche DEP, preferibilmente in alluminio oppure in stampa 3D, da installare a protezione del motore e dell'aerodinamica alare in tutte le configurazioni (numero e geometria delle gondole dipenderanno dal sistema di movimentazione dei motori)
- realizzare una gondola da raccordare con l'estremità alare per l'alloggiamento e la protezione del motore TIP, di cui si dovrà misurare solo la spinta
- provvedere ad un sistema di movimentazione meccanico (a galleria spenta) del flap (aperto-chiuso), secondo i disegni delle geometrie da noi forniti
- provvedere ad un semplice sistema di regolazione dei parametri del flap (*gap* e *overlap*) dal componente principale (*main*)
- realizzare 3 linee di prese di pressione (di cui due anche sulla parte mobile) di diametro 0.5 mm per l'installazione di un centinaio di tubicini di diametro interno 1 mm ed esterno 2 mm
- realizzare 4 eliche in lega di alluminio serie 70xx di cui una di diametro 40 cm e le altre tre di diametro di 30 cm le cui geometrie provvisorie sono riportate nelle figure seguenti. Le eliche dovranno essere realizzate preferibilmente da un unico blocco in un unico pezzo e dovranno essere perfettamente bilanciate. Si ritiene che le eliche DEP ruoteranno ad una velocità tra 6000 e 7000 RPM, quella TIP tra 2000 e 3000 RPM.

Si richiede che il fornitore disponga di risorse tecniche idonee per eseguire l'attività con adeguato standard di qualità, in particolare che sia dotato di una macchina a controllo numerico a 5 assi.



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università e della Ricerca



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II

Doc. Id.	-
Issue	1
Date	17/07/2020
Page	9 of 9

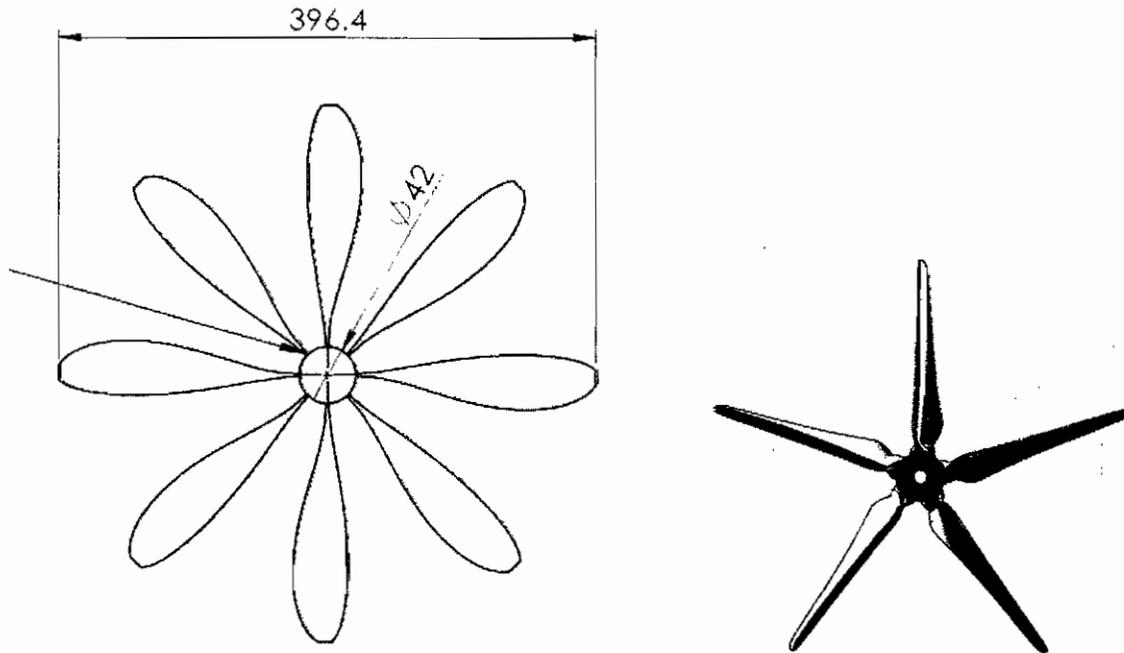


Figure 6 – Geometria delle eliche TIP (sx) e DEP (dx)

Si attende la consegna entro 90 giorni dall'ordine. Per ogni altra informazione necessaria rivolgersi al dott. Danilo Ciliberti ([daniilo.ciliberti@unina.it](mailto:daniilo.ciliberti@unina.it) 3348789365).