



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Progettazione per Additive Manufacturing

Prototipazione funzionale di spoiler per veicolo SAE mediante AM

Docente:
Ing. Nicolás Carbi

Studenti:
Federico Del Mondo
Marco Zanchetta

Anno Accademico 2019/2020

Indice

1	Introduzione	3
2	Progettazione	4
2.1	Geometria	4
2.2	Concept	5
2.3	Modellazione 3D	7
3	Analisi Modello	8
3.1	Ansys	8
3.2	SolidWorks Simulation	9
4	Preparazione alla stampa	10
4.1	File .STL	10
4.2	Scelta del materiale	11
4.2.1	Certificazioni	12
4.3	Scelta della stampante	13
4.3.1	Regolazione Stampa	14
4.4	File .GCODE	15
5	Produzione	16
5.1	Costi e tempi	16
6	Post produzione	17
7	Test funzionali	18
8	Appendice	19
9	Allegati	21

1 Introduzione

Nell'ambito delle auto da corsa un'attenzione particolare viene rivolta all'aerodinamica: questa ha lo scopo di stabilizzare il veicolo oltre che ridurre il possibile attrito causato dalle parti quando vengono investite da un flusso d'aria.

Questo progetto ha come obiettivo la realizzazione di un prototipo di spoiler posteriore di un veicolo di Formula Sae al fine di effettuare la validazione dei risultati ottenuti mediante CFD. A tale proposito si vuole ricordare che la Formula Sae è una competizione universitaria internazionale di design ingegneristico, che prevede la progettazione e la produzione di un'auto da corsa.

La crescita esponenziale di tecnologie e materiali per l'Additive Manufacturing ha fatto in modo che negli ultimi anni tale tecnologia venisse utilizzata per la realizzazione di parti per test aerodinamici, anche in competizioni di alto livello come la Formula 1. Mentre i test in galleria del vento sono limitati ad un determinato numero di ore, il nuovo regolamento FIA per il 2021 prevede libertà nei test aerodinamici per i soli modelli in scala .



Figura 1: Prototipo di F1 realizzato mediante AM per test in scala 1:2.

2 Progettazione

2.1 Geometria

Le ali, o più comunemente chiamate spoiler in ambiente automobilistico, sono costituite solitamente da più elementi profilati che interagiscono tra di loro. Tale interazione è dovuta sia alla geometria dei singoli profili, sia al loro posizionamento reciproco che viene scelto in base a determinate regole specifiche [1].

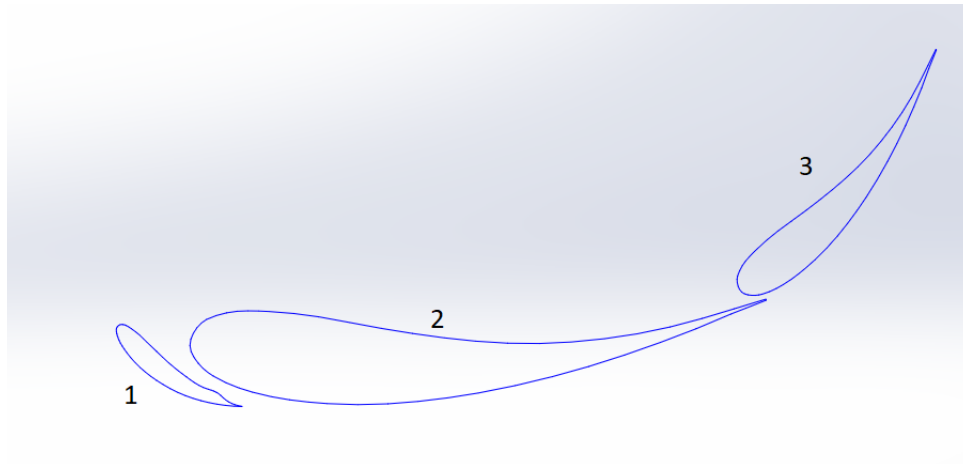


Figura 2: Vista dei profili che compongono l'ala.

Per quanto riguarda la dimensione delle parti invece, essa deve rispettare quanto indicato nel Regolamento SAE [2] in funzione degli ingombri del telaio .

Elemento	Descrizione	Corda [mm]	Codice Profilo
1	Slat	70	BE 122-205
2	Main Profile	280	BE 152-205
3	Flap	140	BE 152-205

Tabella 1: Dimensione elementi.

2.2 Concept

A partire da tale geometria ciò che si intende effettuare è la realizzazione di un modello in scala 1:2 per effettuare test in galleria del vento. La scelta della scala deriva da quanto documentato dalla letteratura, secondo cui test aerodinamici risultano molto attendibili su dimensioni ridotte del 50% [6].

La tecnologia dell'AM ha introdotto numerose semplificazioni nell'ambito dell'aerodinamica, fornendo una grande varietà e libertà geometrica nella creazione di parti e componenti. Tale attributo, intrinseco alla stampa 3D in ogni campo di applicazione, torna utile anche in questo caso specifico di progettazione.

Per quanto riguarda i test aerodinamici di spoiler, è di grande importanza studiare ciò che accade variando i vari angoli di attacco degli elementi che compongono l'intero profilo alare e ciò risulta facilitato mediante Additive Manufacturing. Infatti, una volta stampati ali e end-plate (paratie laterali), basterà solamente ristampare differenti end-plate con diverse posizioni e angolature d'incastro delle ali, in modo da valutare le performance dei 3 profili alari a differenti angoli di attacco.

Tale caratteristica, oltre che portare benefici dal punto di vista economico, aumenterà la precisione nella realizzazione delle differenti configurazioni e consentirà un notevole risparmio di tempo: il "metodo tradizionale" per la variazione degli angoli di attacco prevede un setting e una regolazione manuale oltre che la realizzazione artigianale dei singoli componenti.

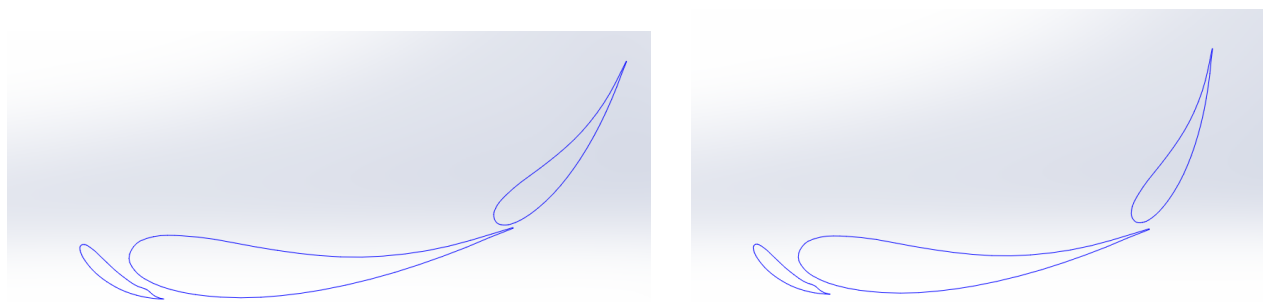


Figura 3: Configurazioni profili alari a differenti angoli di attacco

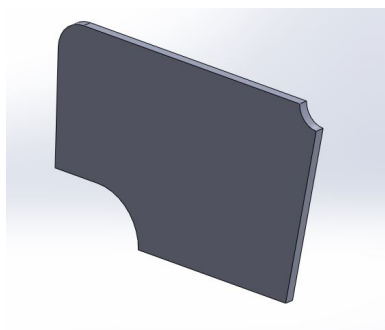


Figura 4: End-Plate.

Al fine di garantire un assemblaggio senza dover ricorrere a componenti tipici quali ad esempio bulloni, rivettatura o incollaggio, è stata effettuata un'opportuna analisi dei sistemi di incastri. Per far fronte a tale problematica si è fatto riferimento alla letteratura prendendo in considerazione l'utilizzo di *innesti a scatto*. [7]

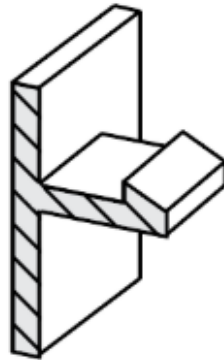


Figura 5: Innesto a scatto.

Il giunto a scatto è costituito da una sporgenza con all'estremità un gancio che viene inserito nella scanalatura; durante questa fase il corpo dell'incastro si piega all'indietro e una volta innestato completamente, la sporgenza ritornerà in avanti bloccando la connessione in posizione corretta. Gli innesti a scatto risultano intuitivi per l'utente durante il montaggio e lo smontaggio ed in molti casi risultano molto economici nella realizzazione per unire 2 parti insieme.

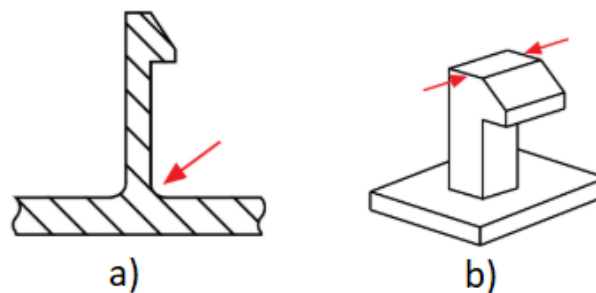


Figura 6: Particolari innesto a scatto: a)Raccordo , b)Larghezza Clip.

L'aggiunta di un raccordo alla base dell'incastro (Fig.6a) aiuta a distribuire lo stress su una sezione più ampia, rendendo più resistente la connessione diminuendo l'effetto intaglio. Aumentare la larghezza della clip (Fig.6b), se ciò è reso possibile dai vincoli geometrici, aggiungerà robustezza alla parte.

In generale:

- il raggio del raccordo deve essere almeno 0,5 volte lo spessore della base dell'incastro;
- la clip deve essere larga almeno 5 [mm].

2.3 Modellazione 3D

Al fine di realizzare il modello 3D sono state create le singole parti mediante software Solid-Works e successivamente è stato generato l'assieme.

Come indicato in precedenza, trattandosi della produzione di un componente per test funzionale, il modello farà riferimento a una scala 1:2.

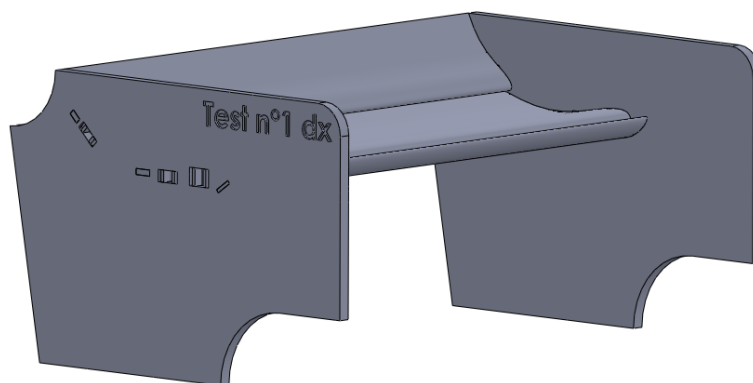


Figura 7: Spoiler in scala 1:2.

A partire da tale modello si ottengono le misure di ingombro del prototipo le quali risultano rilevanti per la scelta della macchina di stampa (riportata in seguito).

In questa fase si sono verificate inoltre le compatibilità tra gli innesti presenti sulle ali e le loro sedi rettangolari sugli End-Plate per la loro unione.

Considerando che tra i vari test che si andranno ad effettuare verranno variate solo le paratie laterali, verrà riportata su ogni coppia di End-Plate (destro e sinistro) una scritta in basso rilievo in modo tale da distinguerli ed identificarli per sapere quindi con quali geometrie viene effettuata ciascuna prova. In questo modo si evita il problema di confondere e/o scambiare i vari End-Plate.

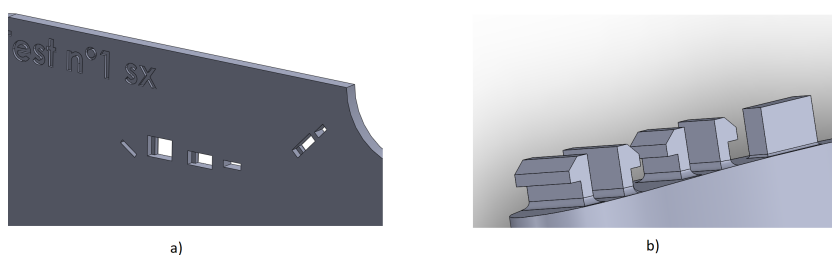


Figura 8: a) Incisione End-Plate per riconoscimento b) Particolare incastri.

Per quanto riguarda gli incastri, si è deciso di seguire la teoria indicata nel capitolo precedente ed aggiungere un componente rettangolare che abbia la funzione di guida al fine di aumentare la stabilità della connessione tra le parti.

3 Analisi Modello

Al fine di validare la scelta del materiale e verificare la fattibilità del progetto è stata effettuata un'analisi del modello che prevede la determinazione dei carichi agenti e i conseguenti sforzi interni generati.

3.1 Ansys

Trattandosi dunque di un componente aerodinamico si è voluto procedere inizialmente mediante un'analisi CFD al fine di valutare opportunamente le pressioni agenti sul componente.

La velocità utilizzata per la determinazione del campo di pressione è 60 [km/h]: velocità media nelle competizioni SAE.

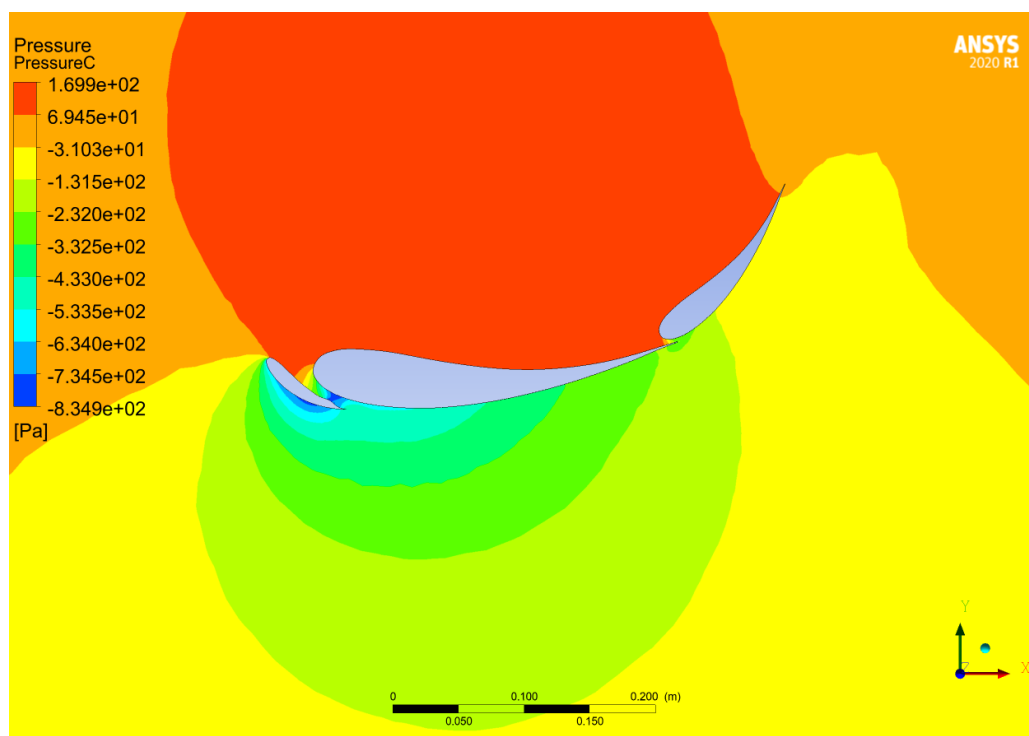


Figura 9: Pressure Countours.

Il software ANSYS, utilizzato per la simulazione CFD, ha evidenziato una zona di maggior pressione al di sopra del profilo alare. Tale spinta caratterizza la deportanza che influisce sulla stabilità del veicolo.

3.2 SolidWorks Simulation

A partire dai valori di carico determinati mediante analisi fluidodinamica è stata effettuata una simulazione strutturale mediante SolidWorks.

Dall'analisi strutturale effettuata con Simulation di SolidWorks è risultato che la sezione più sollecitata si trova nella parte inferiore a metà del primo profilo alare. Tale soluzione risulta attendibile in quanto è la zona in cui vi è momento flettente massimo, infatti, l'elemento ha una sezione ridotta (corda di 35 [mm]) e le fibre inferiori risultano sollecitate a trazione.

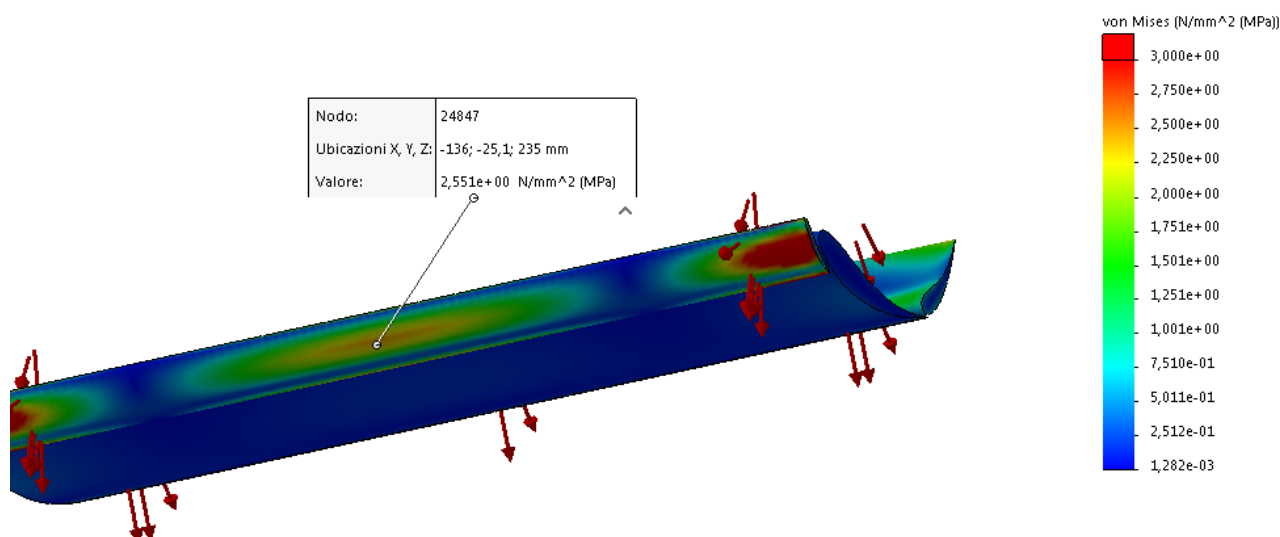


Figura 10: Determinazione degli sforzi.

Nell'analisi inoltre sono presenti delle sollecitazioni singolari alle estremità dovute al tipo di vincolo (fisso) utilizzato nella simulazione; questo problema è causato da singolarità all'interno dei singoli elementi finiti.

Prima di effettuare un'opportuna scelta del materiale, in questa fase di simulazione, si sono presi in considerazione differenti materiali utilizzabili per queste applicazioni.

Materiale	Carico di Snervamento [Mpa]	Carico Agente [Mpa]
PLA	18.3	2.68
HIPS	22	2.67
ABS	44	2.69

Tabella 2: Definizione Materiali.

L'unica approssimazione è stata quella di considerare la sezione del profilo alare piena e non con l'infill interno del profilo reale ottenuto mediante la stampa FDM.

4 Preparazione alla stampa

4.1 File .STL

Per quanto riguarda la preparazione alla stampa, una volta modellati tutti i vari singoli componenti, sono stati generati i file in formato .STL direttamente col modellatore SolidWorks.

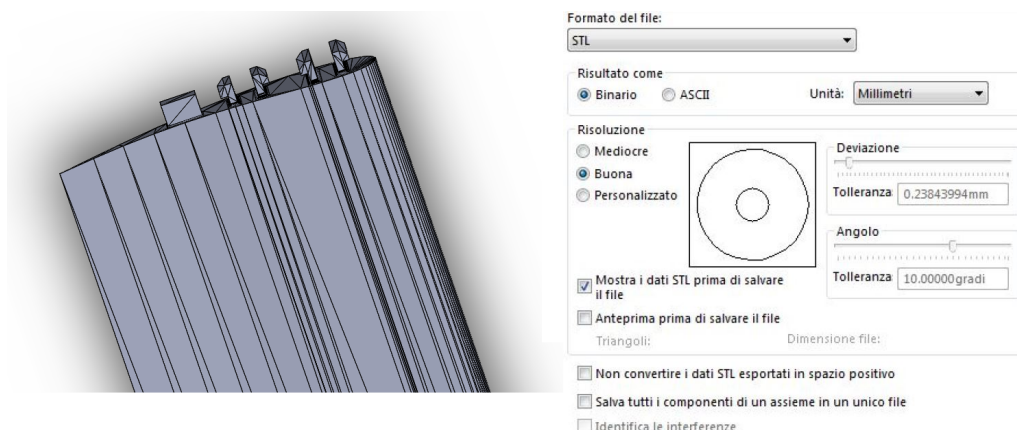


Figura 11: Main Profile in formato .STL

Nella generazione dei file .STL potrebbero crearsi errori nella discretizzazione dei volumi, dunque per eventuali correzioni è stato scelto il software MiniMagics di Materialise. L'ottimizzazione effettuata mediante *Automatic Method* ha permesso di ottenere un file privo di errori:

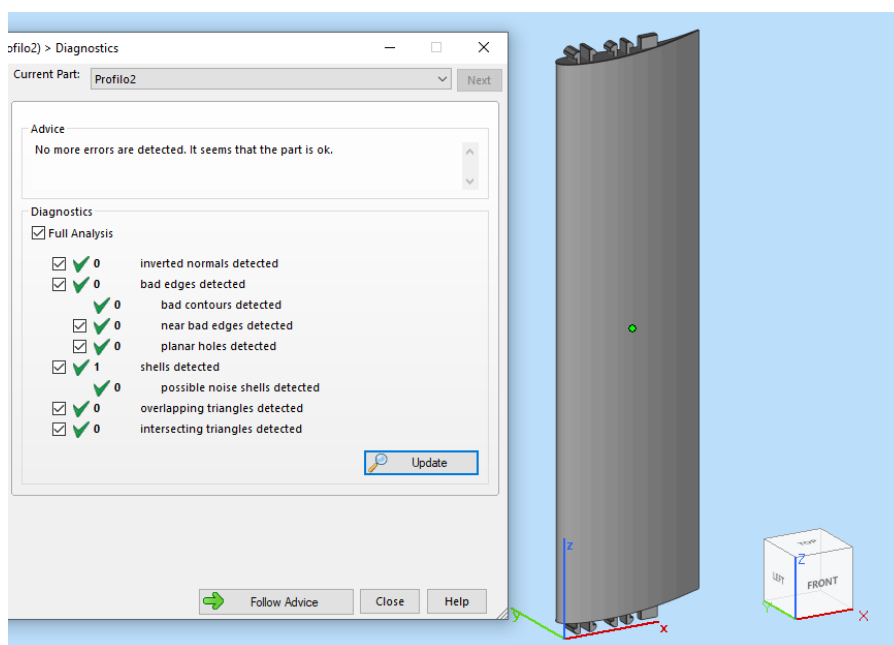


Figura 12: Correzione file .STL mediante software MiniMagics.

4.2 Scelta del materiale

La scelta del materiale è influenzata dalla tipologia di test che si vuole svolgere e pertanto è stato effettuato un confronto tra le caratteristiche dei materiali presi in considerazione precedentemente quali: PLA, ABS e HIPS.

Per il test funzionale che si vuole effettuare in galleria, tutti e tre i materiali risultano validi per l'applicazione con la sola differenza che l'ABS tende a deformarsi maggiormente durante la stampa, mentre l'HIPS invece risulta leggermente più costoso degli altri due.

Il materiale scelto dunque è il PLA, un filamento stampabile mediante tecnologia FDM, che risulta adatto per l'applicazione presa in considerazione in tale elaborato.

Il PLA (Acido Polilattico) è uno dei principali filamenti utilizzati nella stampa 3D per quanto riguarda la prototipazione poiché vanta :

- basso costo
- rigidità e buona resistenza
- buona precisione dimensionale
- buona shelf life (senza esposizione ai raggi UV)

Questo materiale presenta però problematiche di resistenza dovuta all'esposizione ai raggi solari ma, per il caso in esame in galleria del vento, non desta problemi.

Dal punto di vista ambientale il PLA è uno dei materiali più eco-friendly in quanto deriva da colture come mais e canna da zucchero; è rinnovabile e soprattutto biodegradabile.

Caratteristica	Valore
Costo	$\simeq 19.95[\text{euro}/Kg]$
Densità	$1.24 [\text{g}/\text{cm}^3]$
Resistenza a trazione	$110 [\text{N}/\text{mm}^2](\text{NormaASTMD882})$

Tabella 3: Definizione caratteristiche materiale utilizzato (PLA Eemotion-Tech) [8].

La scelta del PLA è stata quindi fatta per il basso costo, per le proprietà meccaniche, per la temperatura (circa 20°C) a cui verrà testato il prototipo in galleria del vento e anche tenendo conto del rispetto dell'ambiente.

Fornitore: Emotion-Tech Filamento PLA da 1,75 [mm] di diametro per stampante.

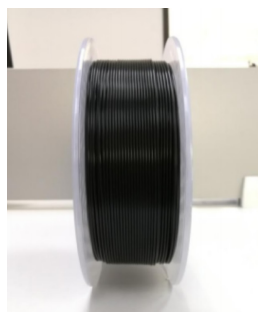


Figura 13: Emotion-Tech PLA.

4.2.1 Certificazioni

La casa produttrice del materiale (Emotion-Tech) fornisce, secondo norme ASTM [9] dati quali la resistenza a trazione [8] che è da prendere in considerazione per tale applicazione specifica. Tuttavia potrebbe risultare di notevole importanza verificare secondo norma ISO tali specifiche oltre che a determinarne delle nuove come la resistenza a flessione.

Dato che si vuole avere certezza delle effettive proprietà meccaniche del materiale che si andrà ad utilizzare, si eseguiranno due test distruttivi su provini (trazione e flessione) per quantificare l'effettiva resistenza.

- Verifica a trazione

La norma ISO 527-1 2019 [10]: definisce la metodologia della prova di trazione per i materiali termoplastici. Così facendo si otterranno: carico di rottura, carico di snervamento, l'allungamento a rottura e il modulo elastico a trazione del materiale.

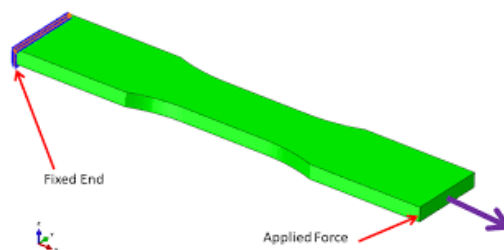


Figura 14: Provino per prova di trazione

- Verifica a flessione

La norma ISO 178 2019 [11]: definisce la metodologia della prova di flessione per i materiali termoplastici. Così facendo si otterrà il modulo elastico a flessione.

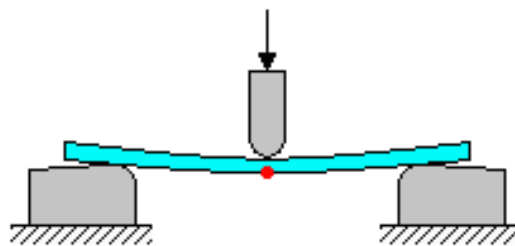


Figura 15: Provino per prova di flessione

4.3 Scelta della stampante

Al fine di scegliere opportunamente la stampante è stato fondamentale stabilire precedentemente l'orientamento nello spazio dei componenti durante la fase di produzione.

Si è deciso l'utilizzo di un'unica stampante in grado di stampare tutte le componenti dell'ala ed inoltre per tutte le parti si è scelto un posizionamento orizzontale essendo parti strette e lunghe (Ali) e basse ed estese (End-Plate).

Per la scelta della macchina di stampa, si è tenuto conto degli ingombri totali dei componenti più grandi da stampare quali:

Componente	LxPxH [mm]
Main Profile	500x25x140
End Plate	365x240x10

Tabella 4: Definizione Ingombri.

(Per un approfondimento sugli ingombri del modello si faccia riferimento all'Allegato 1.)

Si è deciso dunque di adottare la stampante Strateo3D dell'azienda Emotion-Tech di cui si riportano alcuni dati:

Caratteristica	Descrizione
Printing Technology	FFF
Cost	16.000 [USD]
Build Volume	600*420*500 [mm]
Layer Thickness	0.1-1 [mm]
Filament Diameter	1.75 [mm]
Supported Materials	ABS, PLA, HIPS ..
Supported Software	CURA

Tabella 5: Caratteristiche Stampante [12].

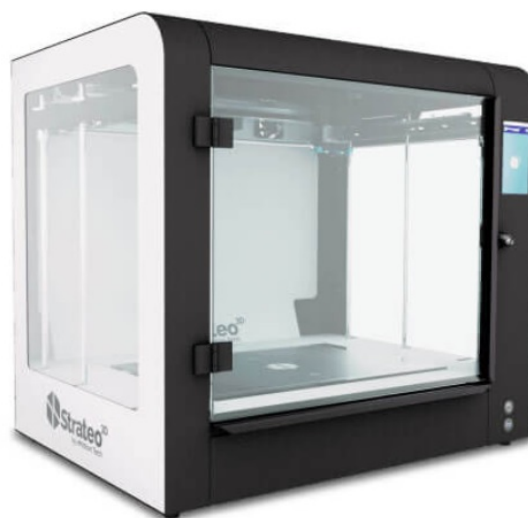


Figura 16: Stampante Strateo 3D.

4.3.1 Regolazione Stampa

Quando si gestiscono metodologie di produzione additiva, il software comunica con l'hardware cercando di ottenere i migliori compromessi nella fase di stampa.

Risulta fondamentale quindi la regolazione della stampante, sia per quanto riguarda l'accuratezza nel posizionamento degli assi, piuttosto che la regolazione della quantità di filamento come anche la regolazione nella tolleranza di stampa.

- Per quanto riguarda l'accuratezza nel posizionamento degli assi, si ha la necessità di calibrare la stampante con frequenza periodica in maniera tale da minimizzare gli errori derivanti da tale problematica;
- Allo stesso modo anche la quantità di flusso erogato influisce enormemente; per ottenere la massima accuratezza possibile la regolazione della quantità del flusso dovrà essere effettuata ad ogni cambio del filamento;
- Ogni stampante ha un proprio valore di tolleranza che influisce enormemente sul prodotto finito, soprattutto quando si ha la necessità di produrre parti con maggior precisione possibile. (Es:Incastri)

La tolleranza della stampa potrebbe non essere nota e quindi è di buona prassi verificarla in maniera empirica.

Una delle metodologie più utilizzate per tale verifica consiste nella produzione di cilindretti aventi differente diametro e, in parallelo, si produce un regolo avente dei fori di medesimo diametro nominale dei cilindri. Effettuato tale passaggio si verifica la compatibilità tra i due componenti e si effettuano delle considerazioni sulle tolleranze di macchina che andranno ad influenzare la stampa.

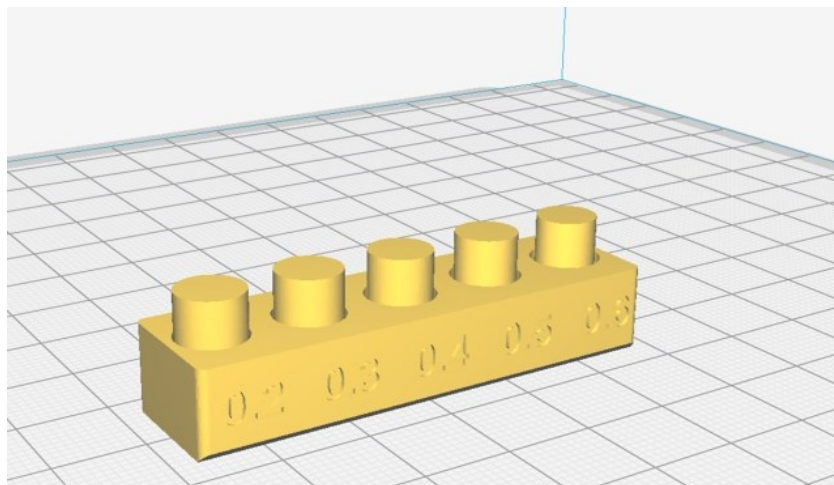


Figura 17: Metodologia determinazione tolleranze macchina.

4.4 File .GCODE

Per la realizzazione dei file .GCODE ci si avvale del software Ultimaker Cura ver. 4.6.

Per prima cosa si seleziona la stampante e il materiale che verranno utilizzati; in tal caso stampante Strateo3D e PLA Emotion-Tech sono già presenti in libreria .

Il materiale e la stampante, in questo caso, derivano dalla medesima casa produttrice (Emotion-Tech) ed in questo modo si evitano problematiche di compatibilità nella fase di stampa.

Come indicato in precedenza, il file .STL è stato opportunamente corretto da eventuali errori di discretizzazione spaziale mediante il software MiniMagics di Materialise prima di generare il G-Code.

Una volta caricato il file in formato .STL delle singole parti, sarà necessario decidere l'orientazione del componente preferendo un posizionamento che eviti sottosquadri (maggiori di 45 gradi) in modo tale da diminuire il materiale di supporto da dover utilizzare.

Descrizione	Ali	End-Plate
Altezza dello strato	0.2 [mm]	0.3 [mm]
Riempimento	40% (Griglia)	30%(Griglia)
Temperatura di Stampa	215 [°C]	218 [°C]
Temperatura piano di Stampa	60 [°C]	60 [°C]
Velocità di Stampa	50 [mm/s]	55 [mm/s]
Diametro Ugello	0.6 [mm]	0.6 [mm]
Diametro Filamento PLA	1.75 [mm]	1.75 [mm]
Generazione automatica Supporti	SI	SI
Adesione piano di Stampa	SI	SI

Tabella 6: Definizione Settaggio di Macchina.

La differenza tra i due settaggi di stampa per Ali ed End-Plate è giustificata dal fatto che le prime devono avere una buona texture superficiale per evitare la generazione di turbolenze superficiali indesiderate. Al contrario, invece, gli End Plate verranno generati con qualità inferiore in quanto vi è la necessità di produrli più velocemente anche per il fatto che la texture superficiale influisce molto meno sull'aerodinamica rispetto a quella delle ali. Per quanto riguarda lo studio dell'Infill interno è stato scelto un riempimento a griglia al fine di garantire rigidità delle parti.

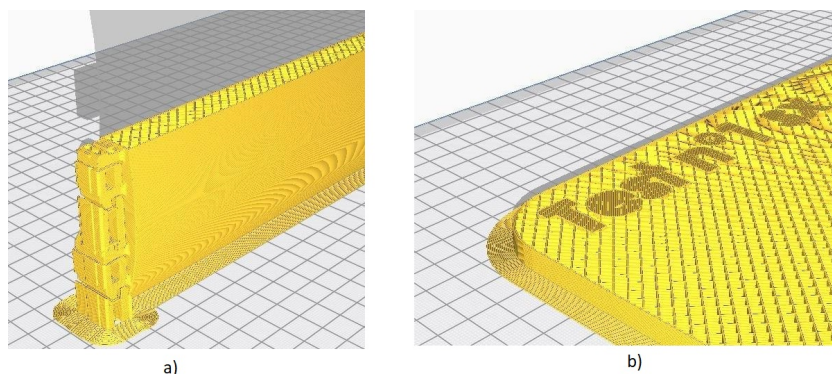


Figura 18: Particolare fase di stampa: a)Ala b)End-Palte.

5 Produzione

5.1 Costi e tempi

Il programma per la generazione del .GCODE è in grado anche di fornire il tempo e la quantità di materiale necessari per la realizzazione di ciascun componente. Dall'analisi dei valori riportati in tabella si nota che il costo del materiale è circa tre volte rispetto al costo del consumo elettrico che, per la Strateo3D utilizzata, è di circa 1 [kW/h] (valore stimato, non reperito su scheda tecnica macchina). Considerando che per un'azienda il costo orario di energia elettrica è di circa 0.13 [euro/kWh] si ottiene:

Componente	Ore Stampa	Peso mat.	Costo mat.	Costo Elett.	Totale
Ala 1	4 ore 16'	57	1.14	0.55	1.69
Ala 2	1 giorno 3 ore 14 '	460	9.18	3.54	12.72
Ala 3	10 ore 22'	153	3.05	1.35	4.40
End-plate dx	14 ore 30'	430	8.58	1.89	10.47
End-plate sx	14 ore 30'	430	8.58	1.89	10.47

Tabella 7: Valori finali di produzione (Costi [euro], Peso [g])

Da tali valori tabellati si può determinare il costo totale del Test 1: 39.75 [euro]. Considerando che il set degli elementi che compongono l'ala sarà utilizzato per tutti i test, il costo per i successivi test sarà pari a 20.94 [euro] (Costo di ristampa dei soli End-Plate).

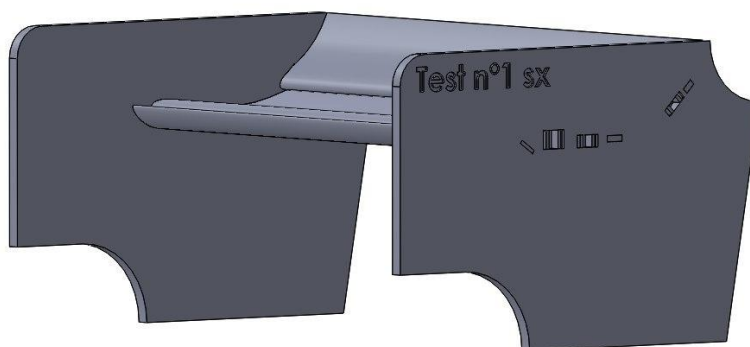
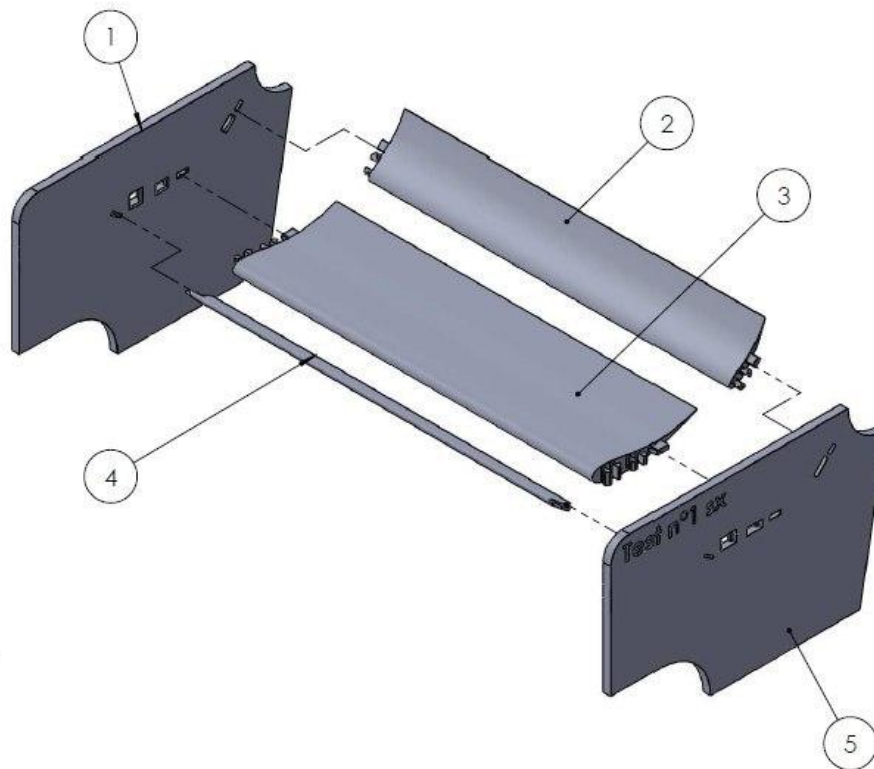


Figura 19: Spoiler Test 1 ottenuto.

6 Post produzione

Una volta completata la stampa dei vari pezzi sarà necessario effettuare alcune operazioni di post-processing per migliorare la finitura superficiale. Nello specifico sarà necessario andare a rimuovere il materiale di supporto, raft e brim mediante l'uso di pinze. Sarà inoltre necessario andare a rimuovere con una lima eventuali residui di materiale di supporto (sbavatura) nelle zone dove sono presenti gli incastri.

Successivamente si passerà alla fase di assemblaggio:



Num. articolo	Num. parte	Quantità
1	end_plate_dx	1
2	ala3	1
3	ala2	1
4	ala1	1
5	end_plate_sx	1

Figura 20: Esploso per assemblaggio. (Allegato 2)

7 Test funzionali

Conclusa la fase di post-processing e assemblati gli end-plate con le ali, si potrà passare al test funzionale in galleria del vento.

Una galleria del vento è costituita da un motore che aziona una grande ventola il cui scopo è accelerare l'aria dentro ad un tunnel. Nel tunnel è presente una sezione restringente, in modo tale da aumentare ulteriormente la velocità dell'aria e imprimergli una direzione ben definita. A questa segue la camera in cui è presente il prototipo in analisi; dopo di che vi è un diffusore che serve a rallentare l'aria proveniente dalla camera.

A questo punto sono possibili due schemi differenti:

- nelle gallerie aperte il diffusore emette l'aria nell'ambiente esterno;
- in quelli chiusi invece, il diffusore è collegato tramite un condotto direttamente alla ventola per il riutilizzo dell'aria.

Sul pavimento della camera della galleria del vento è ancorata un'asta verticale alla quale verrà fissato, con un opportuno giunto meccanico, il prototipo come indicato in figura:

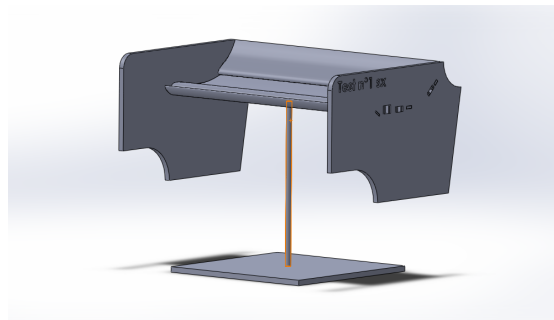


Figura 21: Montaggio del prototipo nella galleria del vento.

Il giunto di collegamento è un giunto rotoideale che consente di variare l'angolo di attacco dell'intero profilo alare. Tutta l'ala sarà quindi sostenuta dalla struttura che a sua volta verrà anch'essa investita dal flusso d'aria creando quindi disturbo. Si andranno dunque ad applicare opportuni accorgimenti per eliminare gli effetti causati dalla presenza della struttura portante. In questo modo, una volta rilevati i valori sperimentali, questi potranno essere usati per convalidare i valori ottenuti mediante Simulazione CFD.

In questa fase si possono sfruttare i principali vantaggi che si ottengono mediante la produzione additiva per questa applicazione specifica.

Stampando dunque differenti End-Plate (aventi incastri con diverse angolature) si possono ottenere varie configurazioni dell'ala con diversa inclinazione dei singoli elementi. Tale beneficio garantisce precisione nel posizionamento degli elementi che compongono l'ala, oltre che a garantire velocità nel cambio di configurazione.

Tale caratteristica garantisce notevole risparmio di tempo e precisione elevata; si consideri che normalmente il posizionamento viene effettuato manualmente e il costo di un test in galleria si aggira attorno ai 4000 [euro/giorno].

8 Appendice

Al fine di effettuare un'analisi completa si è presa in considerazione anche la possibilità di produrre il componente in esame in dimensioni reali.

A tal proposito, immaginando che il componente possa essere montato direttamente sull'auto-vettura ed utilizzato nelle competizioni, bisognerà effettuare delle scelte differenti.

Innanzitutto, variando le dimensioni del modello, sarà necessario cambiare stampante (dimensioni dei componenti) e materiale (per le problematiche di esposizione del PLA ai raggi UV).

Per la produzione del componente in dimensioni reali dunque si è scelta la stampante Wider con volume di stampa di 1400*700*850 [mm] mentre come materiale si è scelto l'HIPS avente proprietà simili al PLA ma con maggior resistenza ai raggi UV.

Per la produzione dunque si effettuerà un'analisi simile a quella effettuata per il componente in scala 1:2 con tutte le considerazioni del caso.



Figura 22: Stampante Wider.

Riferimenti bibliografici

- [1] Benzing E. , *Ali Wings. Progettazione e Applicazione su auto da corsa*, Nada Editore,(2012).
- [2] Sae Int. , *Formula Student Rules 2020*, Sae International,(2020).
- [3] Villa S. , *Stampa 3D professionale. Design, prototipazione e produzione industriale*,Tecniche Nuove,(2014).
- [4] Materialise , *Mini Magics Online Guide*,-,(⁻).
- [5] Ultimaker Cura , *Cura ver. 4.6 Online Guide*,-,(⁻).
- [6] <https://3dprintingindustry.com/news/formula-one-and-fia-use-additive-manufacturing-t>
- [7] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/how-design-interlocking-joints-fastening-3d-pr>
- [8] <https://www.emotion-tech.com/produit/1234568457-pla-premium-1-75mm-blanc-2-3kg>
- [9] <https://www.astm.org/>
- [10] <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-527-1-2012>
- [11] <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-178-2019>
- [12] <https://www.emotion-tech.com/imprimante-3d-strateo3d#specs>

9 Allegati

Le singole messe in tavola, si trovano nelle relative cartelle delle varie parti in formato A4.

Nota Bene: le seguenti immagini che richiamano gli allegati hanno delle dimensioni ridotte rispetto il formato A4.

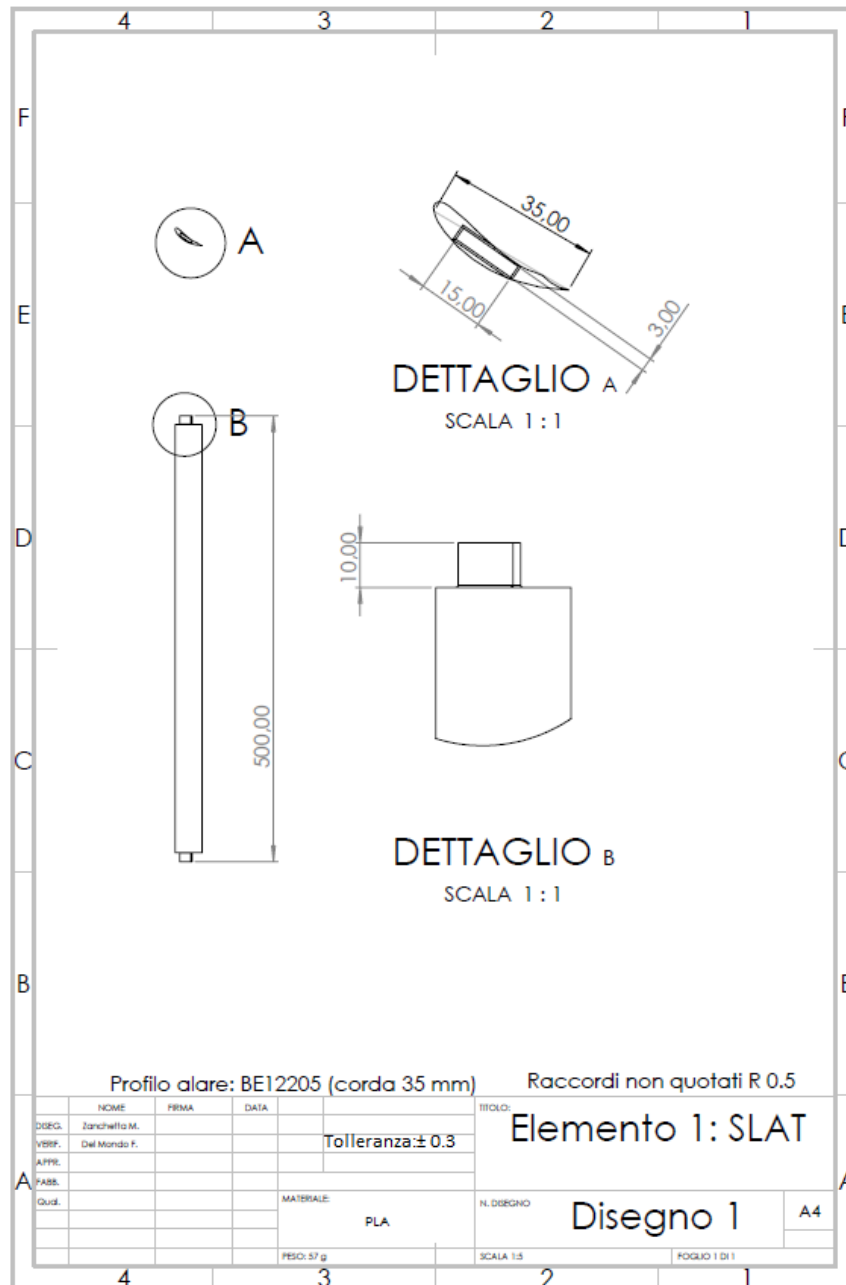


Figura 23: Allegato 1:Disegno 1.

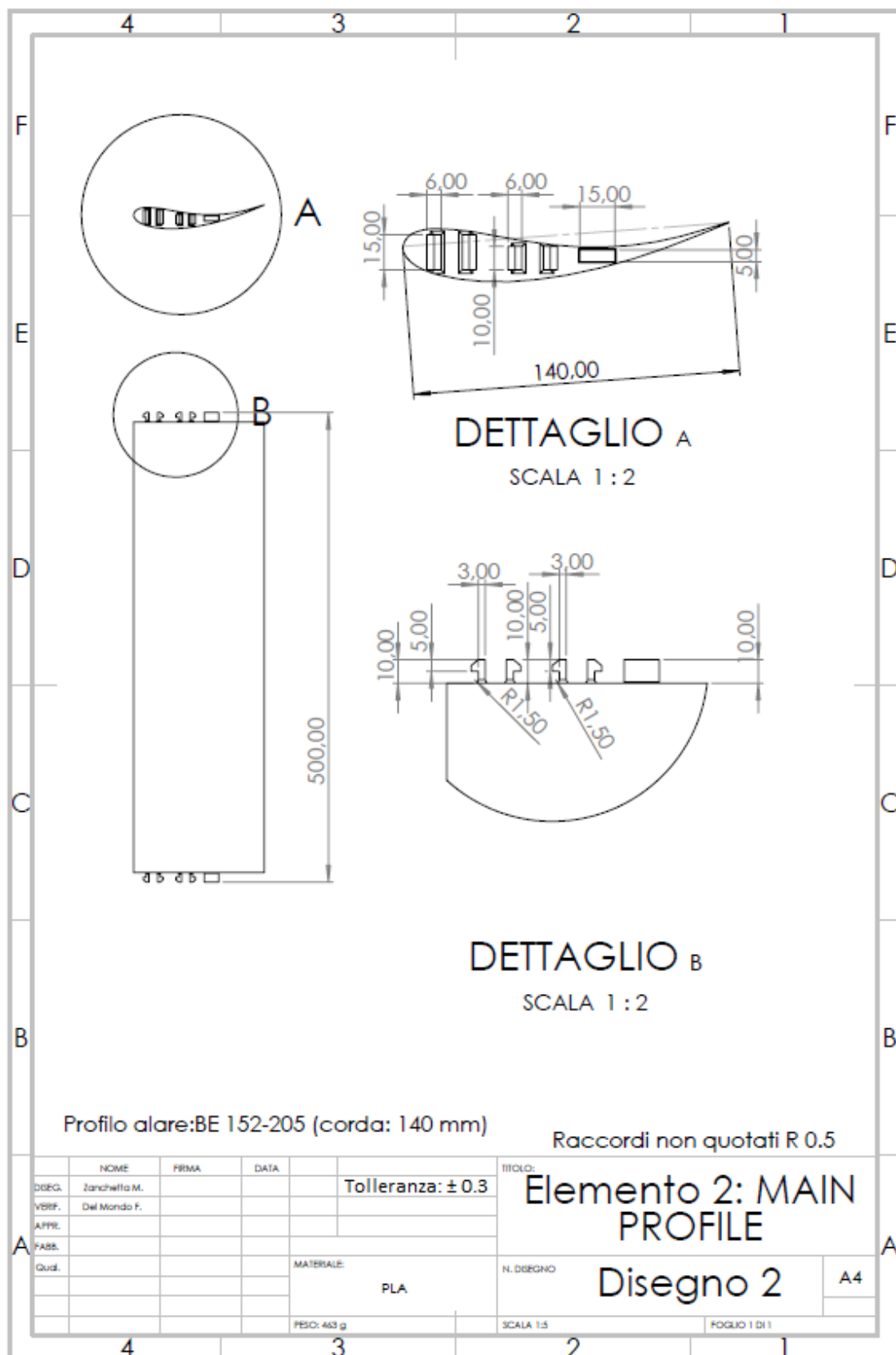


Figura 24: Allegato 1:Disegno 2.

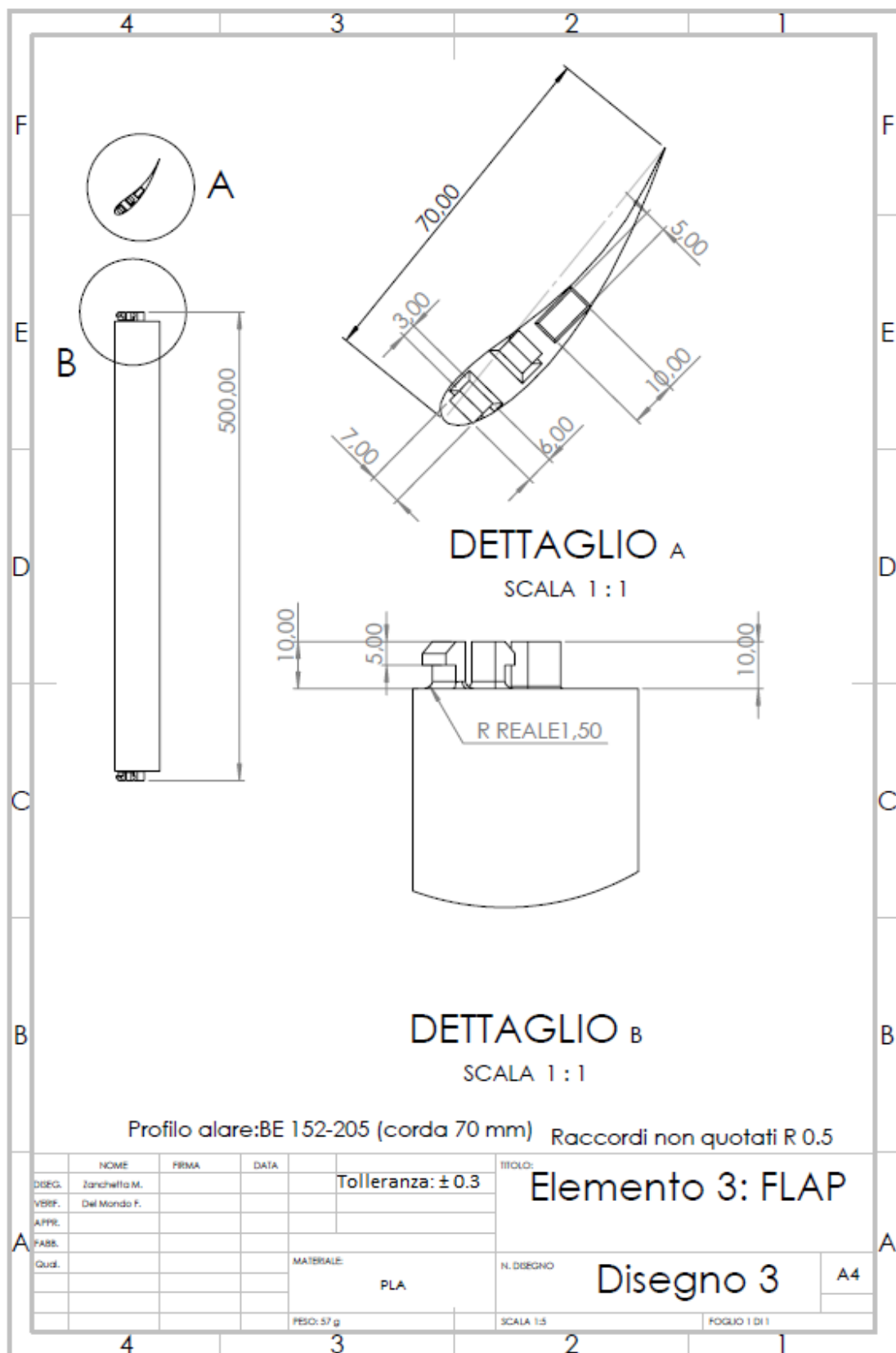


Figura 25: Allegato 1:Disegno 3.

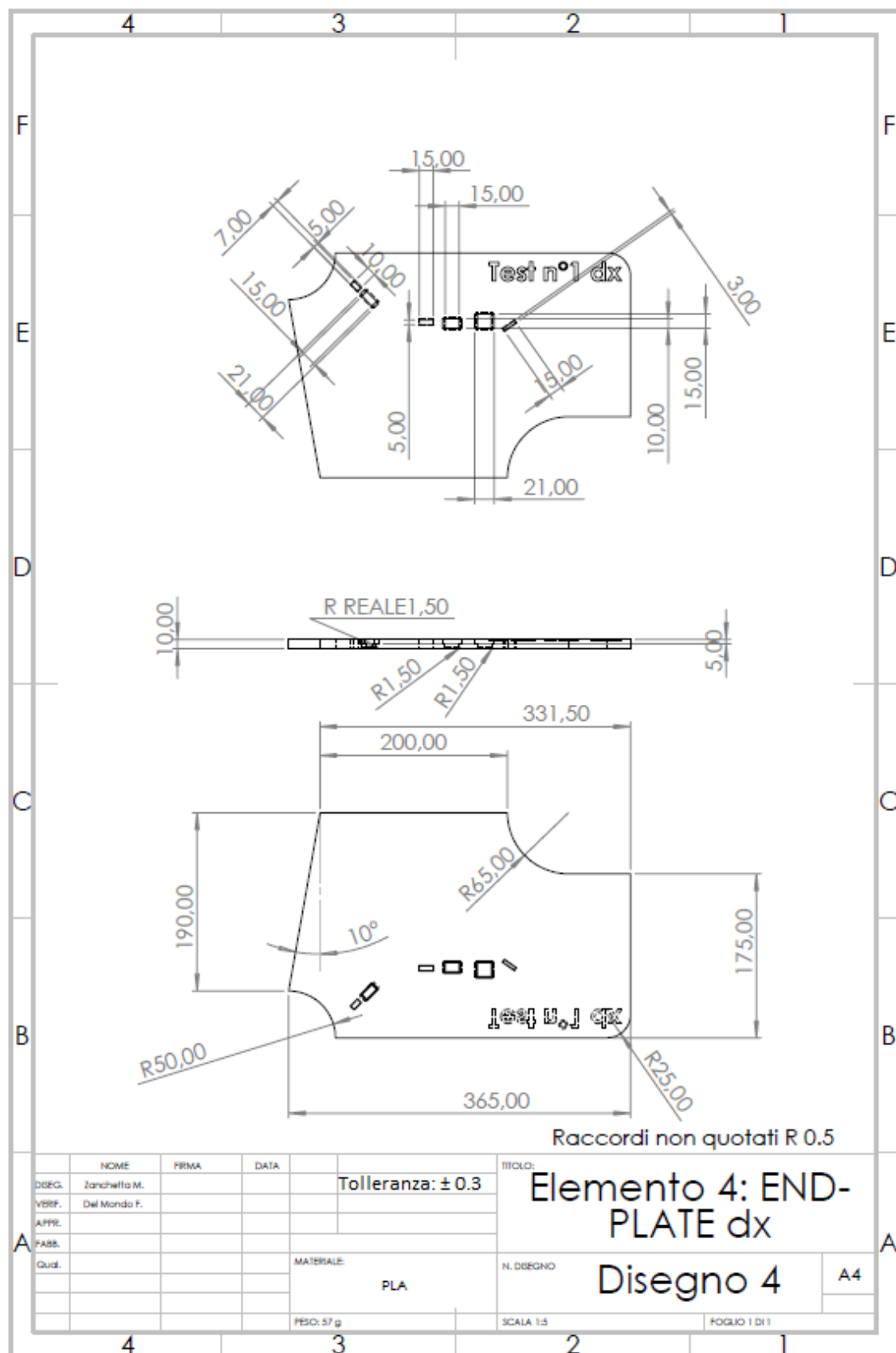


Figura 26: Allegato 1:Disegno 4.

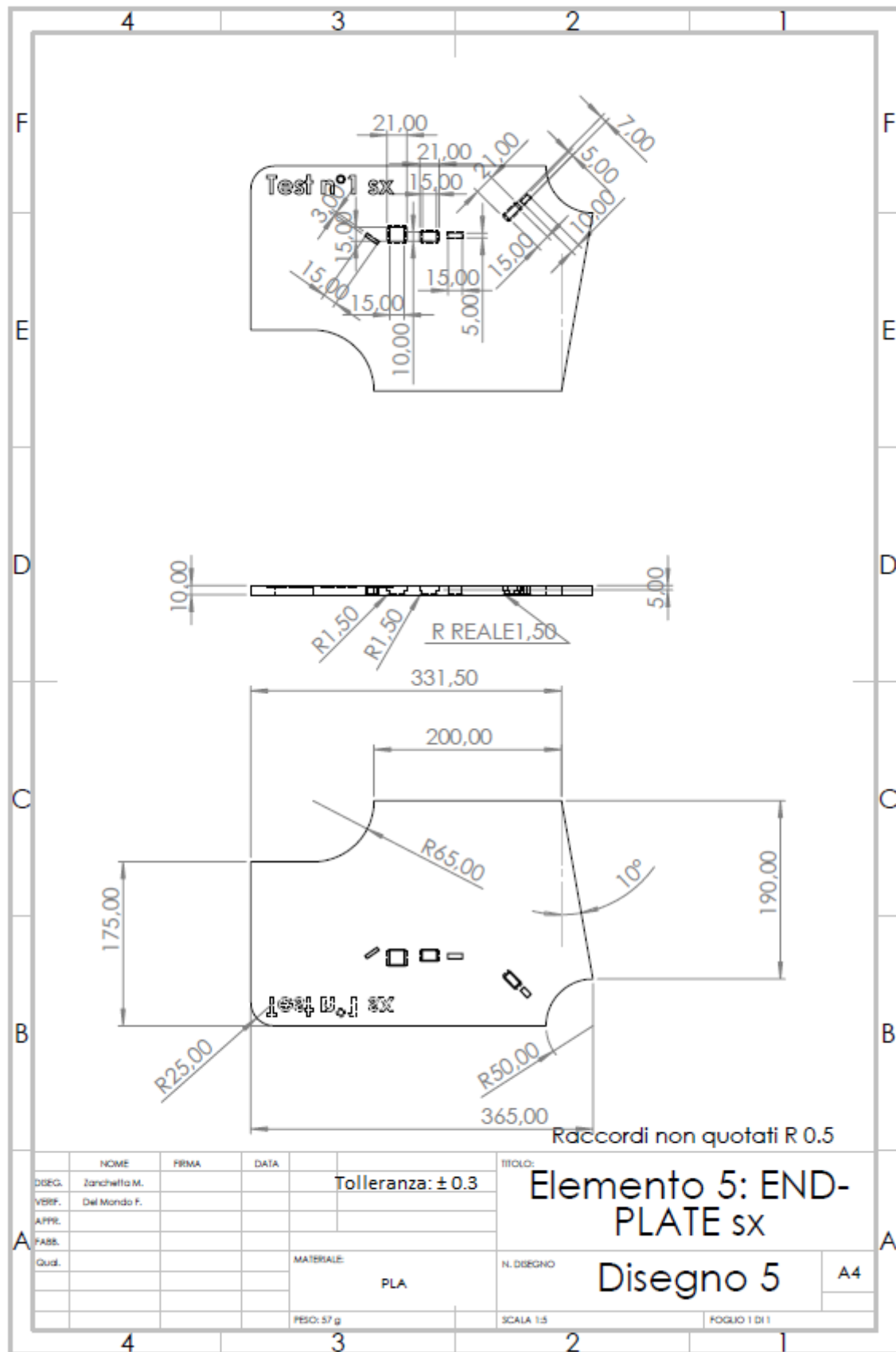


Figura 27: Allegato 1:Disegno 5.

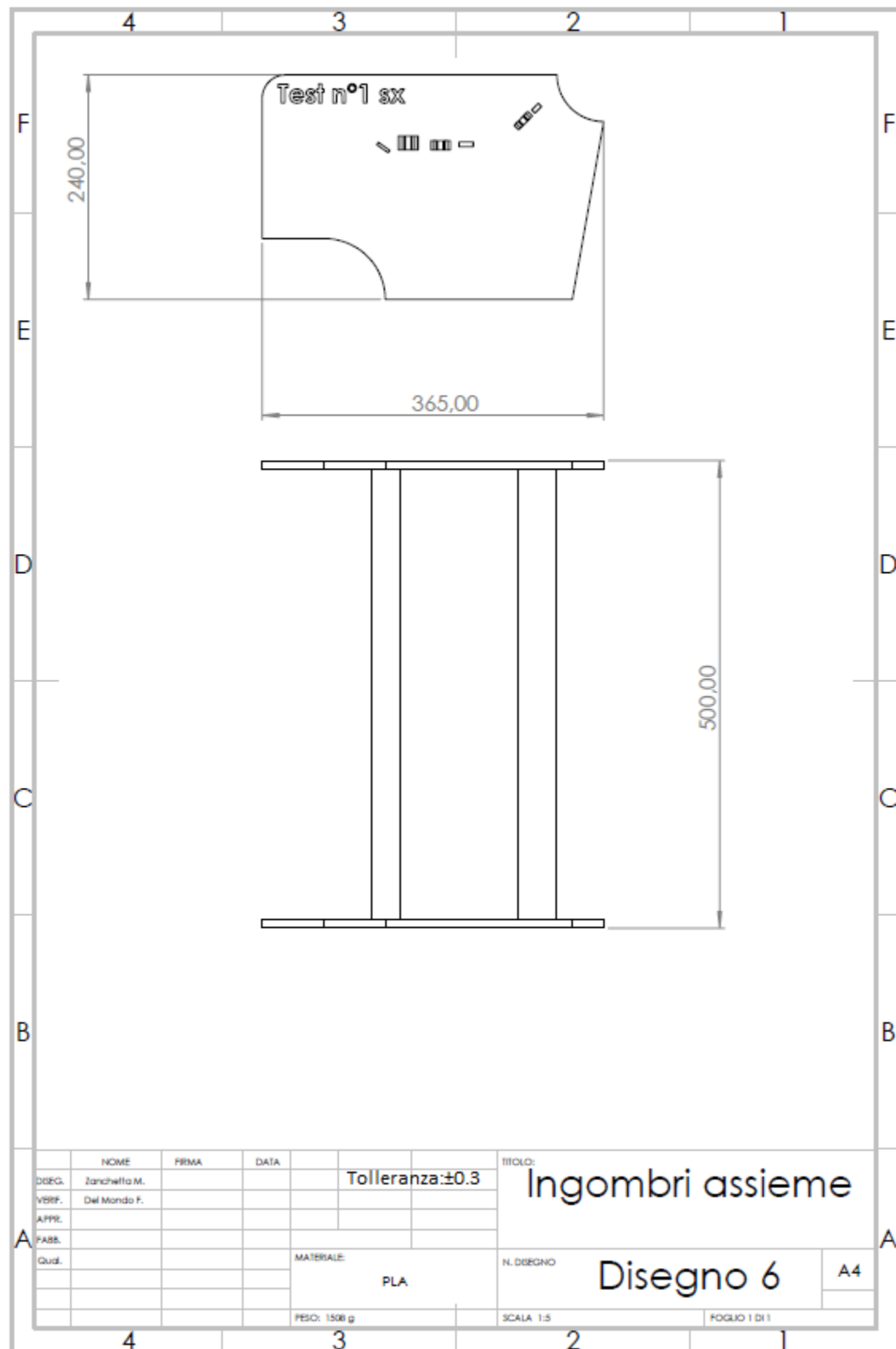


Figura 28: Allegato 1:Disegno 6.

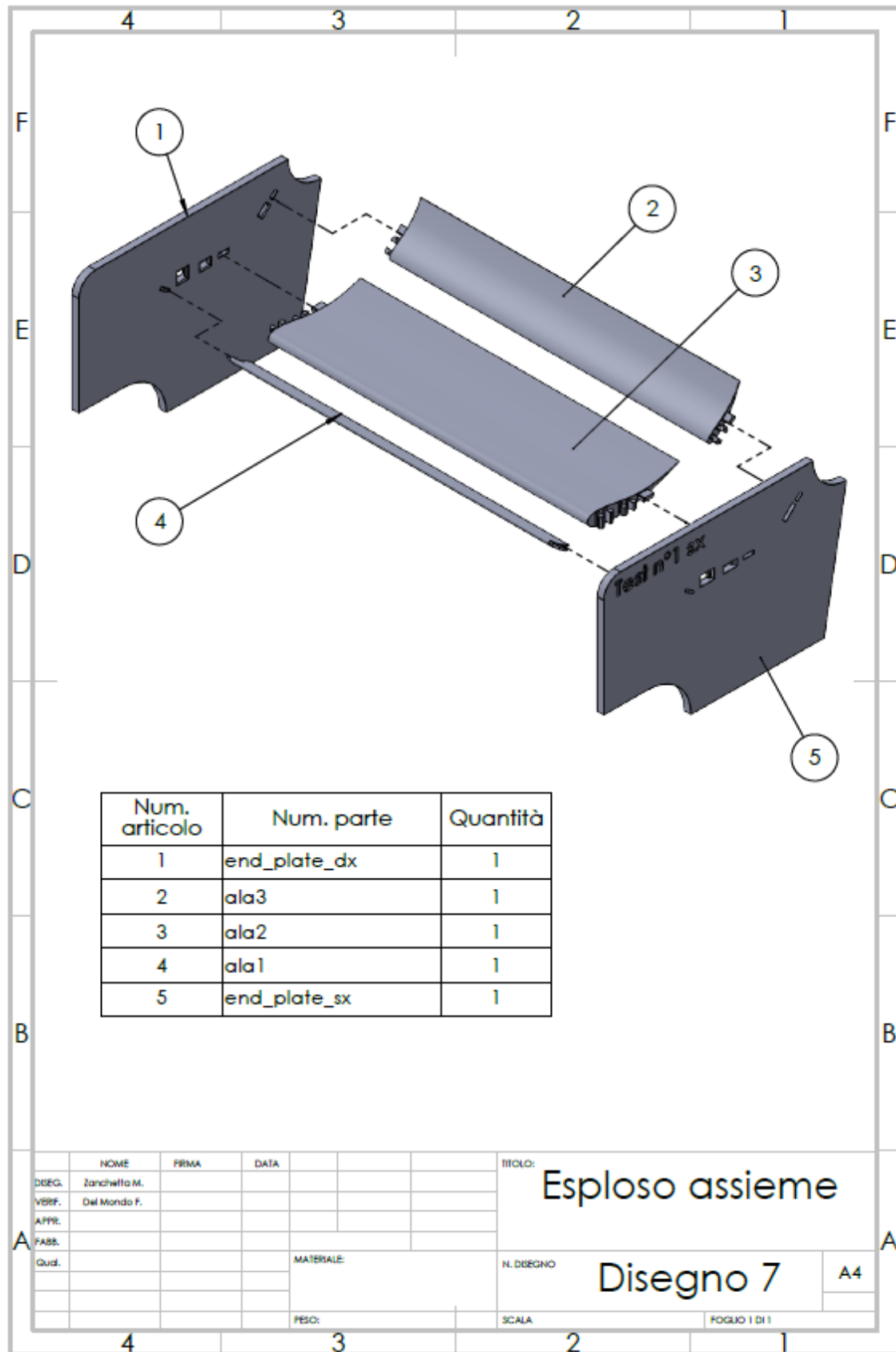


Figura 29: Allegato 2:Disegno 7.