



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Ingegneria

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Innovazione del Prodotto

Tesi di Laurea Magistrale

**PROGETTAZIONE FUNZIONALE E COSTRUTTIVA DI  
UN GRUPPO NASTRANTE PER MACCHINE  
INCARTONATRICI**

Relatore: Prof. Roberto Caracciolo

Correlatore: Marra Alex

Laureando:

Barletta Giulio 2025867

Anno accademico 2022/2023



## **ABSTRACT**

La presente tesi è incentrata sull'ottimizzazione di una macchina automatica denominata CFS 400, concepita per chiudere le falde di un lato delle scatole di cartone in modo completamente automatico. Questa macchina è attualmente progettata per chiudere le falde superiori dei cartoni in formato americano, una volta che le bottiglie, lattine o altri contenuti sono stati inseriti al suo interno da una macchina posizionata lungo la linea di produzione precedente.

L'obiettivo principale di questa tesi consiste nel riprogettare il meccanismo del gruppo nastrante appartenente a questa macchina per consentire la chiusura di cartoni a falde sovrapposte, mantenendo intatta la capacità di chiudere i cartoni nel formato americano, migliorando l'efficienza e la versatilità, consentendo così una maggiore flessibilità nella linea di produzione e una risposta alle esigenze di imballaggio di cartoni con diverse configurazioni di falde. L'analisi dettagliata dell'insieme dei movimenti che permettono di effettuare la chiusura del cartone sarà fondamentale per il successo di questa soluzione tecnica.

Per raggiungere questo obiettivo, sarà necessario esaminare attentamente il meccanismo responsabile della regolazione e della movimentazione appartenente a questa macchina automatica. Inoltre, saranno considerati gli ingombri e le eventuali collisioni che potrebbero sorgere durante l'operazione di chiusura del cartone.

## Sommario

ABSTRACT .....	3
Sommario .....	4
Introduzione.....	6
INCARTONATRICE CFS 400.....	9
1 - Introduzione all'incartonatrice automatica CFS 400 .....	9
2 - Considerazioni sul gruppo nastrane .....	16
3 - Obiettivi della tesi .....	18
4 - Sviluppo delle soluzioni tecniche strutturali della nastratrice.....	21
4.1 - Cartoni di riferimento e prime trasformazioni della struttura .....	21
4.2 - Soluzione tecnica per la parte posteriore della nastratrice con sistema a nastro .....	32
4.3 - Soluzione tecnica per la parte posteriore della nastratrice con sistema a colla .....	39
4.4 - Soluzione tecnica per la parte centrale della nastratrice .....	41
4.5 - Soluzione tecnica per parte anteriore della nastratrice.....	44
4.6 - Soluzione tecnica per il perno di movimentazione dei flap e adattamento delle lamiere centrali .....	54
5 - Sviluppo della movimentazione manuale e pneumatica delle lamiere interne .....	64
5.1 - Lamiera centrale posteriore (posizionata verso l'uscita delle scatole di cartone) .....	64
5.2 - Lamiera centrale anteriore (posizionata verso l'entrata della scatola di cartone) .....	75
5.3 - Variante con movimentazione angolare della lamiera centrale posteriore (posizionata verso l'uscita delle scatole di cartone). .....	83
6 - Ottimizzazione della struttura della nastratrice.....	93
6.1 - Sistemazione interferenza tra flap e lamiere di sostegno del sistema di chiusura cartoni .....	93



6.2 - Aggiunta di un nuovo formato di cartone americano chiuso a colla.....	95
6.3 - Possibilità di movimentare la pistola spruzza colla .....	99
6.4 - Aggiornamento del sistema anteriore e posteriore di chiusura falde .....	100
7 - Lancio in produzione e assemblaggio del prototipo .....	102
7.1 - Layout di riferimento .....	102
7.2 - Sensori per l'automazione .....	105
7.3 - Creazione dei componenti e assemblaggio della nastratrice .....	107
7.4 - Testing di funzionamento della incartonatrice CFS400_SV.....	117
8 - Conclusioni .....	125

## INTRODUZIONE

L'industria del packaging ha subito una trasformazione significativa negli ultimi decenni, grazie all'avvento delle macchine automatiche. Queste sofisticate apparecchiature hanno rivoluzionato il modo in cui le aziende producono e confezionano i loro prodotti, migliorando l'efficienza, la qualità e la sostenibilità delle operazioni di imballaggio. Il packaging è un elemento cruciale per la catena logistica di qualsiasi azienda, poiché il confezionamento sicuro ed efficace dei prodotti è fondamentale per preservarne l'integrità durante il trasporto e garantire una presentazione accattivante sugli scaffali dei negozi. Le scatole di cartone sono uno dei materiali di imballaggio più diffusi, grazie alla loro leggerezza, resistenza e versatilità. Tuttavia, per soddisfare le crescenti esigenze del mercato, le aziende hanno dovuto adottare soluzioni più avanzate ed efficienti, e qui entrano in gioco le macchine automatiche.

Le prime macchine automatiche per il packaging delle scatole di cartone sono comparse negli anni '60 e '70, ma è negli ultimi 20 anni che abbiamo assistito a progressi sorprendenti. Le macchine automatiche moderne sono dotate di tecnologie avanzate come il controllo numerico, l'intelligenza artificiale e la visione computerizzata. Queste tecnologie consentono una maggiore precisione nella formatura e nell'incollaggio delle scatole di cartone, riducendo al minimo gli errori e gli sprechi di materiale.

Un aspetto fondamentale che guida oggi lo sviluppo delle macchine automatiche è la sostenibilità; queste macchine svolgono un ruolo fondamentale nel processo di imballaggio e, di conseguenza, hanno un impatto significativo sull'ambiente. Per affrontare questa sfida, le aziende stanno adottando approcci più ecologici in diverse aree. Innanzitutto, molte macchine automatiche per la chiusura delle scatole di cartone sono progettate per minimizzare gli sprechi di materiale. Grazie a sistemi di precisione avanzati, queste apparecchiature applicano la giusta quantità di nastro adesivo o colla, riducendo al minimo il consumo di risorse e la produzione di rifiuti. Inoltre, alcune macchine incorporano soluzioni di riciclo dei materiali. Utilizzando nastro adesivo o colla a base di materiali riciclati o progettando scatole di cartone che possono essere più facilmente riciclate, si contribuisce a un ciclo di vita sostenibile per l'imballaggio. L'efficienza energetica è un altro aspetto cruciale. Molte macchine automatiche sono

dotate di sistemi di gestione energetica avanzati, che riducono il consumo di energia durante il funzionamento, contribuendo così a un impatto ambientale inferiore. Infine, alcune aziende stanno investendo in macchine che permettono la chiusura delle scatole senza l'uso di adesivi o colla, attraverso soluzioni di piegatura o incastro. Questo non solo elimina la necessità di sostanze chimiche dannose, ma rende anche il riciclo delle scatole più agevole e sostenibile.

Oltre alla sostenibilità, la flessibilità è diventata un fattore chiave nel settore. Le aziende desiderano macchine che possano adattarsi rapidamente a diverse dimensioni e tipologie di scatole di cartone, per poter gestire una gamma sempre più ampia di prodotti. Le macchine automatiche moderne sono dotate di sistemi di regolazione rapida e cambio automatico degli strumenti per soddisfare questa esigenza di flessibilità.

Un'altra tendenza importante è l'automazione completa delle linee di imballaggio. Le macchine automatiche sono spesso integrate in sistemi più ampi, in cui i prodotti vengono trasportati e confezionati senza alcuna interferenza umana. Questo non solo aumenta la produttività, ma riduce anche il rischio di errori umani e migliora la sicurezza sul posto di lavoro. Inoltre, il monitoraggio e il controllo remoti sono diventati comuni. Le macchine automatiche sono spesso dotate di sistemi di telemetria che consentono agli operatori di monitorare le prestazioni e intervenire in tempo reale per risolvere eventuali problemi. Ciò garantisce una maggiore affidabilità e una minore perdita di produzione.

Inoltre, va menzionato l'impatto della pandemia di COVID-19, che ha accelerato l'adozione delle macchine automatiche nel settore del packaging delle scatole di cartone. La necessità di ridurre al minimo l'interazione umana nelle linee di produzione ha spinto molte aziende a investire in soluzioni automatizzate.

In Italia, il settore delle macchine automatiche per il packaging delle scatole di cartone si caratterizza per la presenza di due importanti distretti produttivi. Uno di questi si trova nelle vicinanze di Bologna, mentre l'altro è situato a nord della provincia di Vicenza. Questi distretti industriali sono noti per la loro attività intensa e contribuiscono in modo significativo al prestigio del "Made in Italy" nel campo del packaging. L'industria delle macchine per il packaging è altamente competitiva a livello mondiale, con un notevole numero di addetti, che si stima sia di circa 40000 persone, e generando fatturati che si aggirano intorno a 8 miliardi di euro all'anno.

Durante il periodo del mio tirocinio presso la ditta OMA 1971, mi è stato concesso il privilegio di contribuire a un progetto incentrato sull'evoluzione di una macchina automatica nota come CFS 400. Questa macchina, progettata per chiudere in modo completamente automatizzato le falde superiori di scatole di cartone (imballaggio terziario), rappresenta un notevole avanzamento tecnologico nel settore industriale.

Il compito assegnatomi consiste nell'affinare il meccanismo di chiusura delle falde del cartone al fine di implementare una funzionalità aggiuntiva: la capacità di chiudere scatole a falde sovrapposte, senza però sacrificare la sua abilità preesistente di chiudere scatole di formato americano. In altre parole, si ambiva ad arricchire questa complessa macchina con la versatilità di chiudere due diverse tipologie di scatole, non solo in termini strutturali ma anche consentendo la variazione del formato all'interno di un preciso intervallo di confezioni.

Per raggiungere questo ambizioso obiettivo, sarà necessario condurre uno studio approfondito del meccanismo responsabile della chiusura automatica delle falde superiori della scatola di cartone mediante meccanismo a flap, regolazione e della movimentazione del gruppo nastrante della macchina. Inoltre, bisognerà considerare attentamente tutte le dimensioni e valutare possibili collisioni e problematiche che potrebbero emergere durante l'operazione di chiusura delle scatole di cartone.

Siccome la zona di chiusura cartoni riguarda solamente un gruppo della macchina e non l'intera struttura, la presente relazione tecnica si concentrerà principalmente sul gruppo nastrante e considereremo solo per alcuni aspetti la macchina nel suo complessivo.

## INCARTONATRICE CFS 400

### 1 - Introduzione all'incartonatrice automatica CFS 400

Questa macchina viene posta solitamente lungo una linea di produzione dopo lo step di inserimento delle bottiglie e dell'alveare all'interno del cartone, avendo questo insieme di elementi come input in ingresso, la CFS 400 (fig. 1.1) ha il compito di chiudere le falde superiori del cartone americano (fig.1.2) tramite un sistema composto da una lamiera, un pendolo e due flap.

Il macchinario ha inoltre la capacità di sigillare la scatola di cartone in maniera salda e precisa, mediante un sistema a nastro o colla in base alle esigenze del singolo cliente.



**Figura 1.1:** CFS 400

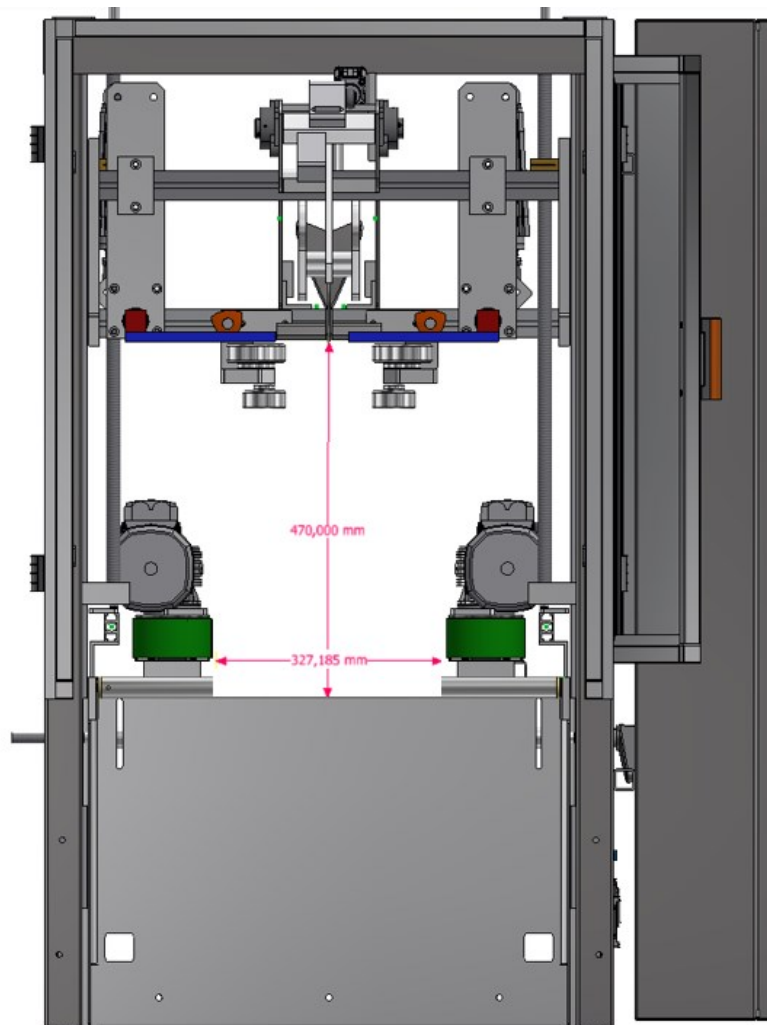


**Figura 1.2:** Cartone con chiusura delle falde in stile americano

Siccome questa macchina automatica non prende in considerazione il contenuto interno della scatola da chiudere, è potenzialmente adatta a qualsiasi tipologia di prodotto, si hanno però vincoli sulle dimensioni di ingombro del cartone, in particolare, su questa incartonatrice si ha una ottima versatilità sulla produzione siccome abbiamo la possibilità di regolare la larghezza e l'altezza del contenitore da sigillare.

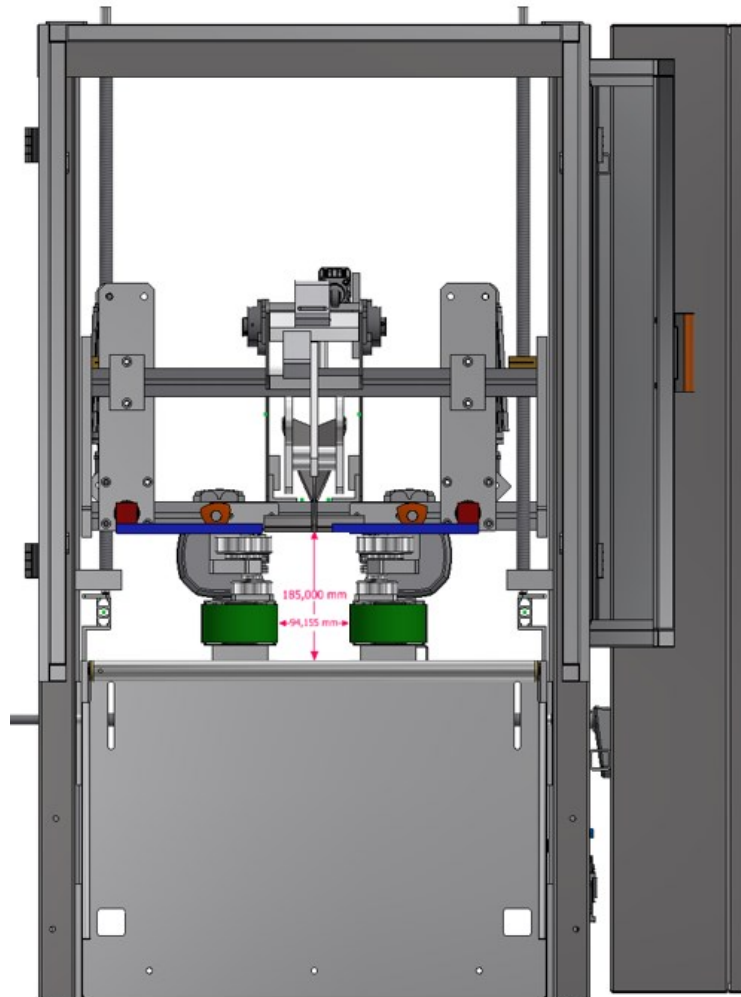
Di seguito vengono riportate le estensioni delle corse di regolazione massime e minime della chiudi falde automatica, per ognuna delle configurazioni non cambia la massima profondità di lavorazione che, per le scatole di cartone prese in considerazione, è al massimo di 355 [mm] (scatola di cartone americana).

Nel caso di massima estensione (fig. 1.3) si hanno le seguenti quote di lavorazione, larghezza di circa 327 [mm] e un'altezza di 470 [mm]



**Figura 1.3:** Massima estensione

Mentre nel caso di estensione minima (fig. 1.4) abbiamo la possibilità di sfruttare una altezza di circa 185 [mm] (nel caso i trascinatori fossero posti ad una quota maggiore si potrebbe andare a diminuire questa quota di lavorazione) e una larghezza di circa 94 [mm].



**Figura 1.4:** Minima estensione

Questa macchina è in grado di eseguire un volume produttivo importante nonostante le dimensioni e gli ingombri ridotti, si parla di una di velocità di produzione che può arrivare fino ai 1000 [cartoni/ora], inoltre presenta una solida struttura in acciaio inox Aisi 304, si tratta di una lega amagnetica di tipo austenitico ed è composta da un basso tenore di carbonio (circa lo 0,05%), da un tenore di cromo tra il 18% e il 20% e di nichel tra l'8% e l'11%, presenta una densità pari a 7900 kg/m<sup>3</sup> ed è noto anche in Italia come “acciaio 18-10”, esso si contraddistingue per la sua ottima resistenza alla corrosione (sia di tipo

alveolare sia come tensocorrosione), questa lega fa parte delle leghe inox per alte prestazioni (superleghe) e presenta una ottima attitudine a essere saldata.

Questa macchina incartonatrice ha inoltre la peculiarità di essere a basso consumo energetico e di montare componentistica pneumatica di altissima qualità marchiata FESTO (lider nel settore della pneumatica), di seguito viene mostrata la tabella contenente i dati tecnici della macchina in esame (fig. 1.5):

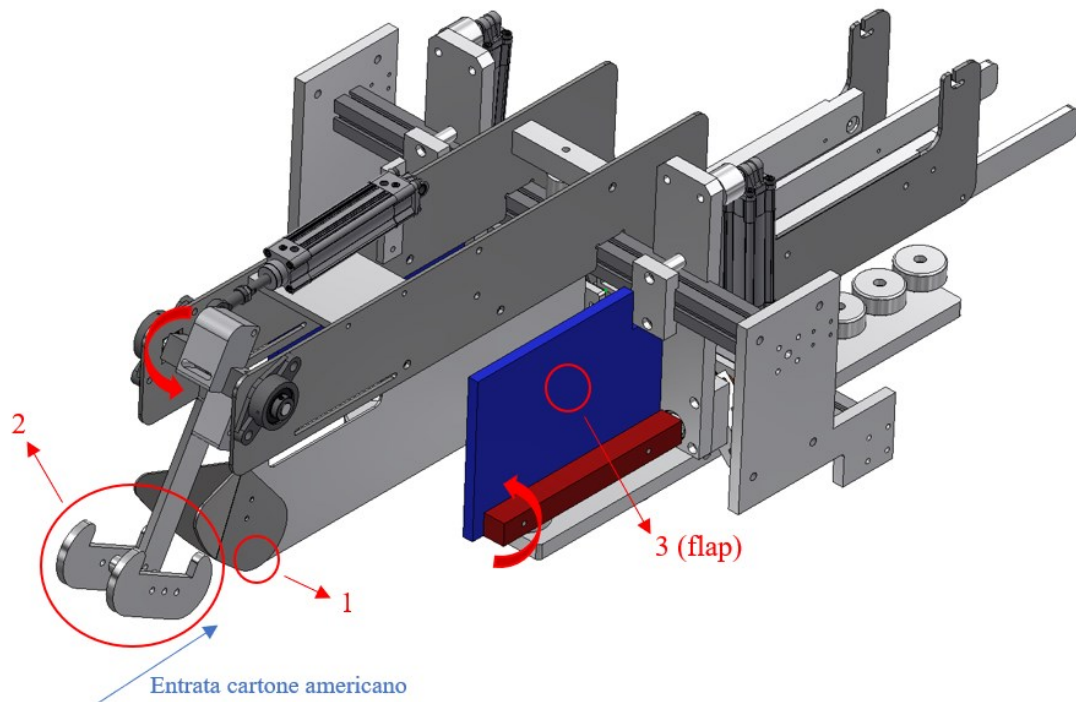
Dati tecnici / Technical data	CFS 400
Velocità produzione / Production speed	500 – 1.000 c/h
Peso macchina / Unit weight	236 Kg
Tipo di chiusura	N Nastro Sotto e sopra
	HM Colla a caldo Sopra
Potenza installata / Power installed	N 0.50 kW HM 5 kW
Corrente elettrica / Power supply	220-380 Volt
Pressione aria di lavoro / Operation air pressure	6 bar
Consumo aria per cartone/	3 NI

**Figura 1.5:** Dati tecnici

Come visibile anche nei dati tecnici, la macchina ha la possibilità di montare un modulo nastrante nella parte inferiore, questo sistema può essere implementato a patto che la scatola sia stata precedentemente formata, siccome non è presente la funzione di chiusura delle falde della parte inferiore del cartone.

Per quanto riguarda in dettaglio la parte relativa al gruppo nastrante (fig. 1.6), escludendo l'area in cui viene sigillato il cartone mediante nastro o colla e concentrandoci sulla procedura di chiusura delle falde, osserveremo la seguente movimentazione:





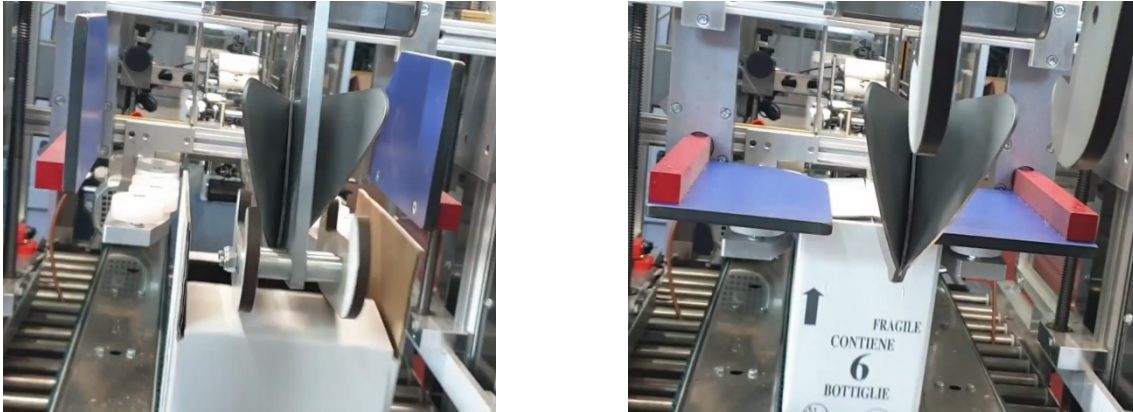
**Figura 1.6:** Gruppo nastrante CFS 400

Nella figura 1.6 sono state rappresentate, mediante numerazione (**1**, **2**, **3**), le zone che permettono la chiusura completa del cartone nella parte superiore, si parte con la chiusura delle falde nel lato stretto della scatola, la prima chiusura si ha grazie l’impatto contro la parte **1** (statica), successivamente l’elemento **2** mediante movimento rotatorio va a posizionare la seconda falda in posizione chiusa, in modo da permettere l’alloggio al di sotto della zona **1** durante l’avanzamento del cartone, questa prima parte del processo rappresentato di seguito (fig. 1.7):



**Figura 1.7:** Chiusura delle falde lato stretto

Successivamente, con l'avanzare della scatola di cartone, l'elemento 2 ritorna alla posizione di partenza, mentre la scatola di cartone prosegue fino a giungere vicino ai due flap, identificati con il numero 3. Attraverso un movimento rotatorio (di 45° di rotazione), essi procedono a chiudere le falde rimanenti della scatola (fig. 1.8).



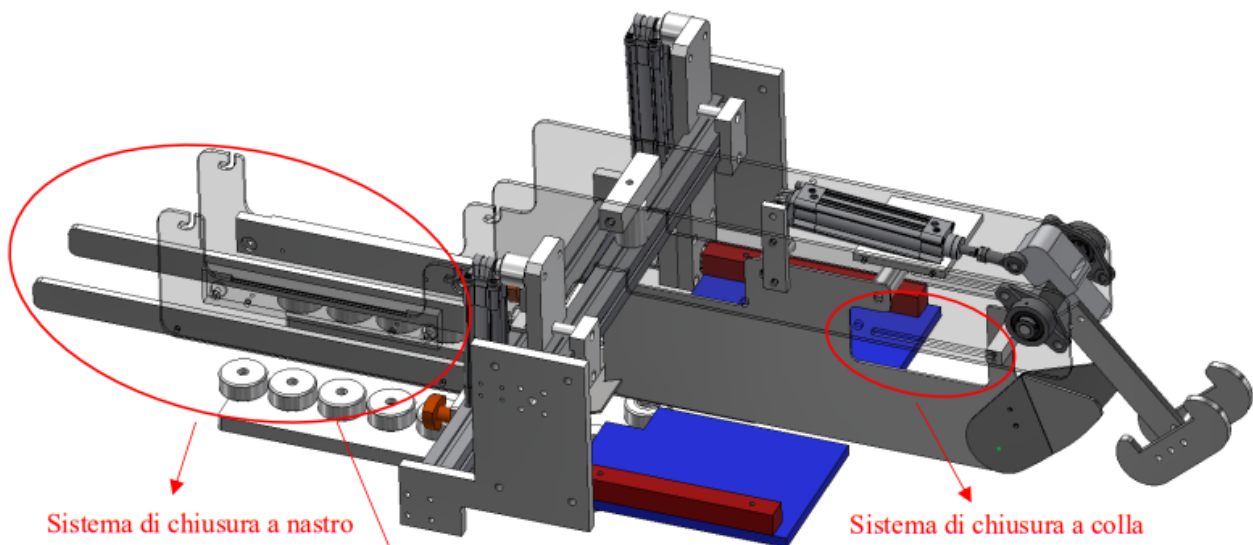
**Figura 1.8:** Chiusura delle falde lato lungo

Ora, orientando la concentrazione sulla parte di sigillatura tramite colla o nastro, si va a scegliere un sistema di serraggio piuttosto che un altro in base alle esigenze del cliente, questa scelta non comporta una variazione della movimentazione per la chiusura delle falde e neppure una variazione di velocità, l'unica variazione risiede nel momento in cui viene eseguita l'operazione.

Nel caso della chiusura mediante colla, il processo inizia con la chiusura delle due falde lungo il lato stretto come primo passaggio. Successivamente, viene applicata la colla tramite ugelli. In un secondo momento, vengono chiusi gli altri due lembi sul lato lungo. Infine, come ultimo passaggio, la scatola passa attraverso dei rulli il cui scopo è esercitare una pressione uniforme sulle falde, garantendo così una perfetta aderenza della colla tra di esse, completando il processo.

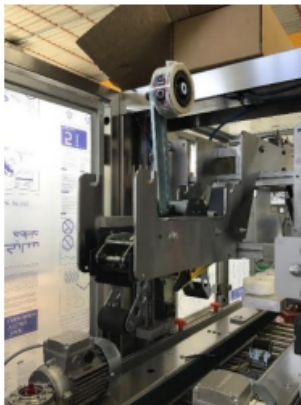
Quando si utilizza il nastro per chiudere la scatola, il processo inizia con la piegatura dei quattro lati del cartone, e solo alla fine, come ultimo passaggio, si procede con l'applicazione del nastro sulle due falde appartenenti al lato lungo della scatola, completando così il processo.

Di seguito vengono mostrate le posizioni delle due sistemi di serraggio all'interno del gruppo nastrante (fig. 1.9):



Sistema di chiusura a nastro

Sistema di chiusura a colla



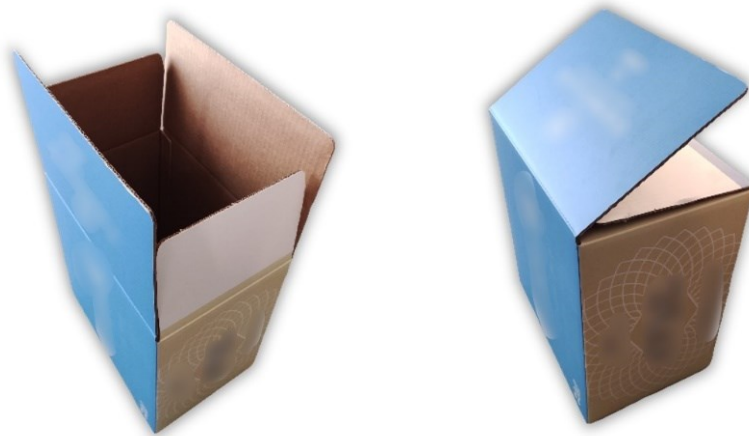
Parte presente solo nel sistema di chiusura a colla, inserito al posto del sistema di chiusura a nastro (rulli pressanti)



**Figura 1.9:** Posizione sistema a colla e a nastro sulla nastratrice

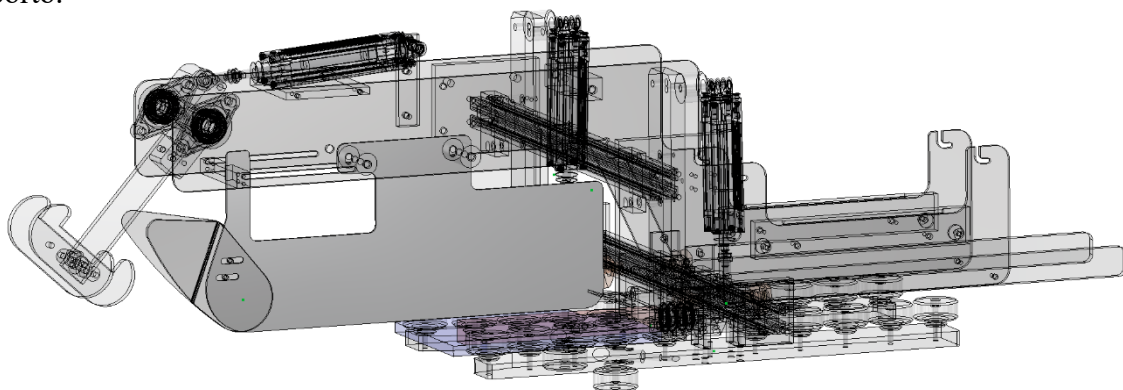
## 2 - Considerazioni sul gruppo nastrane

Al fine di rispondere alle esigenze del mercato, è necessario effettuare un'implementazione sul gruppo nastrane di questa macchina automatica, consentendo la chiusura di cartoni a falde sovrapposte (fig. 2.1) mantenendo contemporaneamente la capacità di chiudere le scatole con chiusura americana.



**Figura 2.1:** Cartone a falde sovrapposte

Attuare questa soluzione tecnica comporta la necessità di rielaborare il sistema di movimentazione per la chiusura dei quattro lati superiori del cartone. Inoltre, è essenziale valutare gli ingombri, poiché le due pieghe da eseguire sulle falde situate sul lato lungo della scatola sono più voluminose e non si fermano a metà del cartone. Per questo motivo, è necessario apportare modifiche o adottare un sistema alternativo sulla lamiera centrale della nastratrice (fig. 2.2) al fine di chiudere e mantenere in posizione le falde sul lato corto.



**Figura 2.2:** Rimozione o modifica della lamiera centrale

Un altro problema associato alla gestione dei lati da piegare di dimensioni considerevoli è l'aumento del rischio di piegature o segni sul cartone durante il processo di chiusura. Questo aspetto estetico assume una notevole importanza nei settori dell'enologia e dell'alimentazione, in cui l'aspetto del packaging è cruciale.

Un'ulteriore sfida deriva dalla necessità di utilizzare attuatori pneumatici, il che comporta l'impossibilità di ottenere posizioni intermedie per il pistone o di eseguire movimenti complessi con leggi di moto (come sarebbe possibile con motori elettrici).

Per poter gestire entrambe le tipologie di chiusura dei cartoni, è indispensabile valutare l'implementazione di un sistema di movimentazione basato su guide di posizionamento (manuali) al fine di adattare la macchina alle diverse dimensioni dei cartoni da produrre. Inoltre, è essenziale garantire che non sia necessario rimuovere alcun componente dalla nastratrice senza la possibilità di riposizionarlo durante il cambio di formato del cartone in lavorazione, questo è importante perché questi componenti rappresenterebbero un intralcio, facendo risultare il sistema scomodo e poco curato.

### 3 - Obiettivi della tesi

Per determinare la soluzione tecnica ottimale da implementare nel gruppo nastrante al fine di garantire un risultato coerente ed efficiente, è necessario inizialmente valutare attentamente i vincoli e gli obiettivi del progetto.

Obiettivo della tesi:

- Riprogettare la macchina affinché possa processare cartoni americani e a falde sovrapposte

Obiettivi di dettaglio nella riprogettazione del gruppo nastrante

- Il gruppo nastrante deve essere in grado di formare cartoni di varie dimensioni in un range definito
- Deve essere possibile la chiusura della parte superiore sia dei cartoni americani che dei cartoni con falde sovrapposte.
- Il processo di configurazione della nastratrice, in caso di cambiamento di formato del tipo di scatola, deve essere agevole e rapido, evitando la necessità di rimuovere componenti (utilizzando un approccio di attrezzaggio "tool-less"). Altrimenti, si mirerà a minimizzare la necessità di smontaggio, limitandola al solo spostamento dei componenti.
- La velocità di produzione deve essere la stessa per entrambi i sistemi di chiusura delle falde (1000 cartoni/ora).
- Si vuole limitare il più possibile l'aggiunta di movimenti rispetto a quelli già presenti, al fine di non aumentare il tempo ciclo per singolo cartone.
- I costi per la realizzazione della nastratrice devono essere coerenti al suo valore di mercato; quindi, occorrerà prendere decisioni anche di tipo economico.

Vincoli di progetto:

- Impiego di movimentazione pneumatica per i movimenti responsabili della chiusura delle falde del cartone.



- Regolazione manuale della macchina durante il processo di cambio formato, utilizzando guide lineari con pattini, ingranaggi, cremagliere o altri sistemi, a condizione che non comportino una movimentazione automatica.
- Velocità di produzione minima di 1000 cartoni/ora.
- Mantenere invariati i collegamenti tra nastratrice e la macchina principale in cui è inserita (CFS 400).
- Non si apporta alcuna modifica sulla struttura della macchina ma solamente al gruppo nastratrice (elemento che mi effettua la chiusura delle falde), non si apportano modifiche neppure nella parte dei nastri di trascinamento delle scatole di cartone.

Nel settore delle macchine automatiche per il packaging sono presenti molti competitor, andando ad analizzare diverse machine incartonatrici che hanno il compito di chiudere le falde superiori del cartone si è visto come velocità massima di produzione siamo in linea con la nostra (circa 1000 cartoni), però nessuna di quelle visionate ha la possibilità di eseguire sia il cartone americano che il sovrapposto mediante un'unica machina, inoltre, la maggior parte di esse chiudono le falde nel lato lungo del cartone mediante perni inclinati statici che sfruttano l'avanzamento del cartone, mentre la nostra sfrutta un sistema differente basato due flap dinamici che effettuano la chiusura tramite un movimento angolare azionato da cilindri pneumatici.

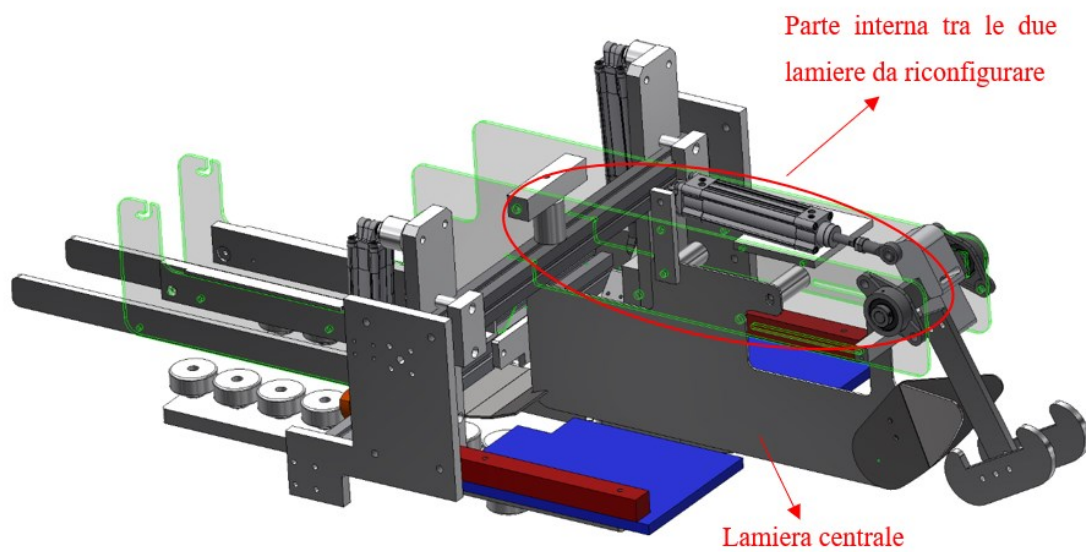
Di seguito riportiamo delle immagini di alcune macchine automatiche che nono state analizzate (fig. 3.1):



**Figura 3.1:** Alcune macchine automatiche incartonatrici analizzate

Siccome la macchina di base funziona molto bene, quindi effettua un ottimo lavoro per quanto riguarda la chiusura dei cartoni di tipo americano si è deciso di imporre un altro vincolo, cioè mantenere la lamiera centrale e movimentarla in modo da non creare intralcio durante la chiusura del cartone a falde sovrapposte potendola rimettere in posizione centrale quando si ha necessità, ciò mi garantirebbe di lasciare invariata la modalità di chiusura del cartone americano.

Di conseguenza, all'interno delle due lamiere (fig. 3.2) sarà necessario riorganizzare la posizione di alcuni elementi al fine di liberare lo spazio necessario per alloggiare l'intero meccanismo di movimentazione della lamiera centrale.



**Figura 3.2:** Rielaborazione strutturale della lamiera centrale



## 4 - Sviluppo delle soluzioni tecniche strutturali della nastratrice

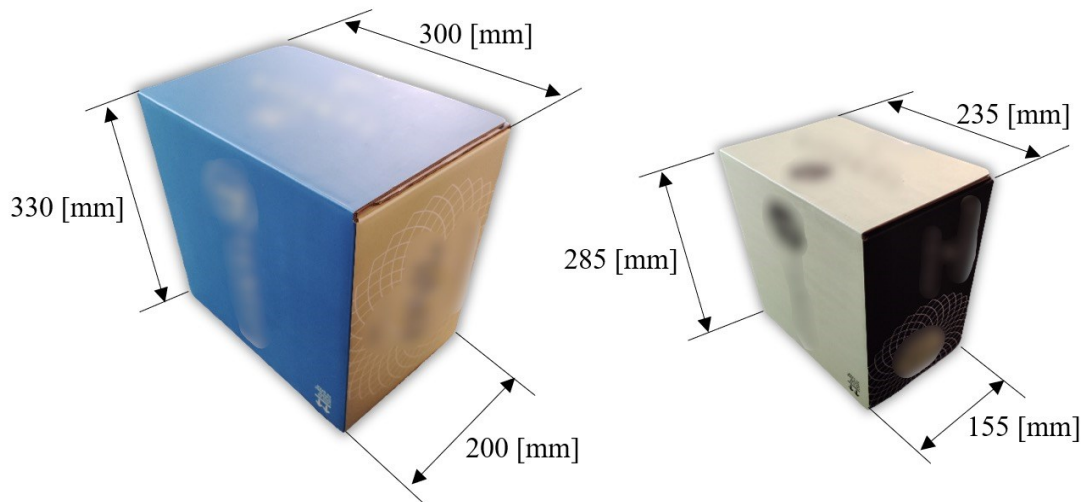
### 4.1 - Cartoni di riferimento e prime trasformazioni della struttura

Per l'elaborazione delle potenziali soluzioni tecniche si parte dalla parte strutturale, pensando anche ai movimenti che si devono compiere per eseguire il cartone a falde sovrapposte, cercando di mantenere invariato il ciclo di chiusura che viene eseguito per il cartone americano, ciò è possibile solamente mediante movimento della lamiera centrale.

In seguito, verranno progettati e realizzati tutti i sistemi necessari per eseguire i movimenti pianificati in questa fase.

Come prima fase si acquisiscono le misure di ingombro delle scatole a falde sovrapposte di riferimento, andremo a considerare i cartoni che rappresentano gli estremi in termini di formato di produzione nel settore di interesse (settore dell'enologia), in questo modo sarà possibile effettuare tutti i cartoni di dimensione compresa tra questi due limiti dimensionali.

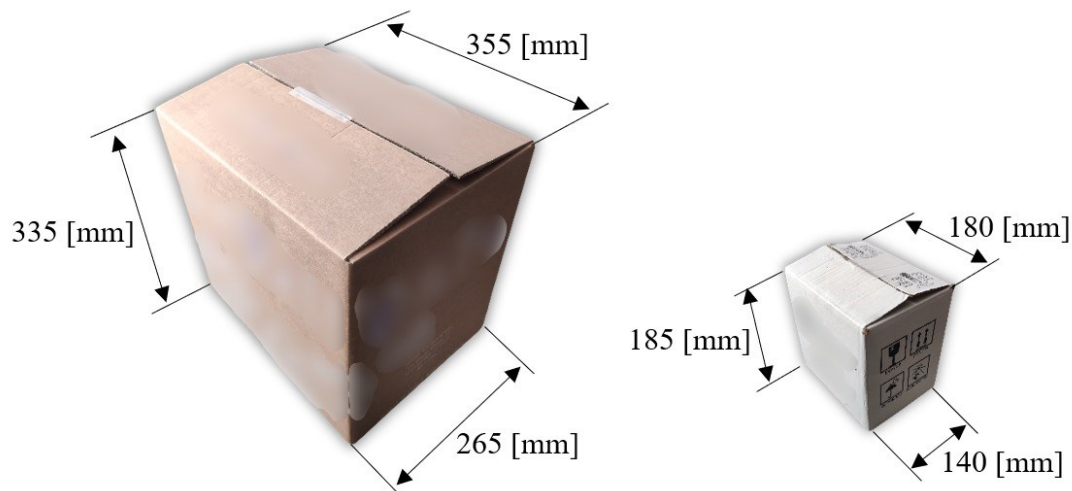
Si riportano di seguito le scatole in esame e le relative quote dimensionali (fig. 4.1):



**Figura 4.1:** Dimensioni del cartone a falde sovrapposte più grande e più piccolo da produrre

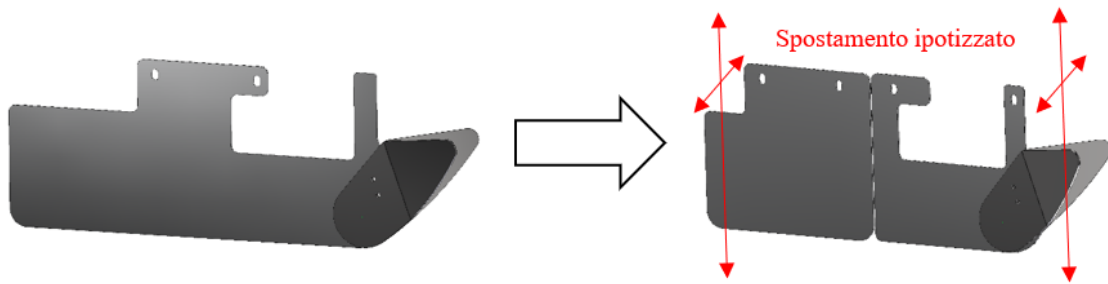
Poiché la macchina deve essere in grado di produrre anche i cartoni americani, che presentano dimensioni diverse rispetto a quelli a falde sovrapposte, includiamo anche le misurazioni per questa categoria di scatole. Per farlo, si continua a utilizzare come punto di riferimento le dimensioni estreme, ovvero la scatola piú grande e quella piú piccola da produrre.

Di seguito, riportiamo le specifiche dimensionali (fig. 4.2):



**Figura 4.2:** Dimensioni del cartone americano piú grande e piú piccolo

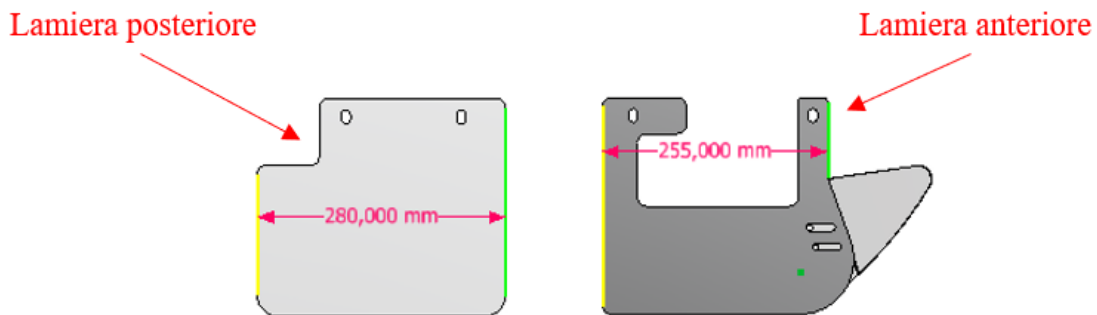
Tenendo conto delle dimensioni del cartone da chiudere e riferendoci alle considerazioni precedentemente espresse riguardo alla lamiera centrale, che deve essere posizionata in modo da non interferire con le scatole a falde sovrapposte, dopo un'attenta analisi, si è scelto di suddividere questa lamiera centrale in due parti (fig. 4.3). Questa divisione permetterà alla lamiera centrale di muoversi sia in direzione orizzontale che verticale, consentendo così lo spazio necessario affinché la falda sovrapposta possa essere piegata dai flap e successivamente mantenuta in posizione dalla lamiera centrale mediante la sua posizione verticale che manterrà la falda in posizione durante l'avanzamento.



**Figura 4.3:** Divisione della lamiera centrale

La divisione della lamiera in questa fase è ancora soggetta a ottimizzazioni, poiché la posizione in cui sono alloggiati gli ugelli che hanno il compito di spruzzare la colla non è adatta nella sua posizione attuale. Nella prima metà della lamiera, verranno abbassate le falde del lato corto e solo la prima parte del lato lungo (quella su cui verrà applicata la colla). Pertanto, è necessario spostarla verso la parte posteriore della lamiera. La decisione è stata quella di effettuare una separazione approssimativamente a metà lamiera in questa fase iniziale. In seguito, saranno apportate modifiche più dettagliate man mano che il progetto avanza, permettendoci così di valutare con maggiore precisione tutti gli aspetti relativi agli ingombri.

Vengono riportate di seguito le misure della separazione iniziale (fig. 4.4)

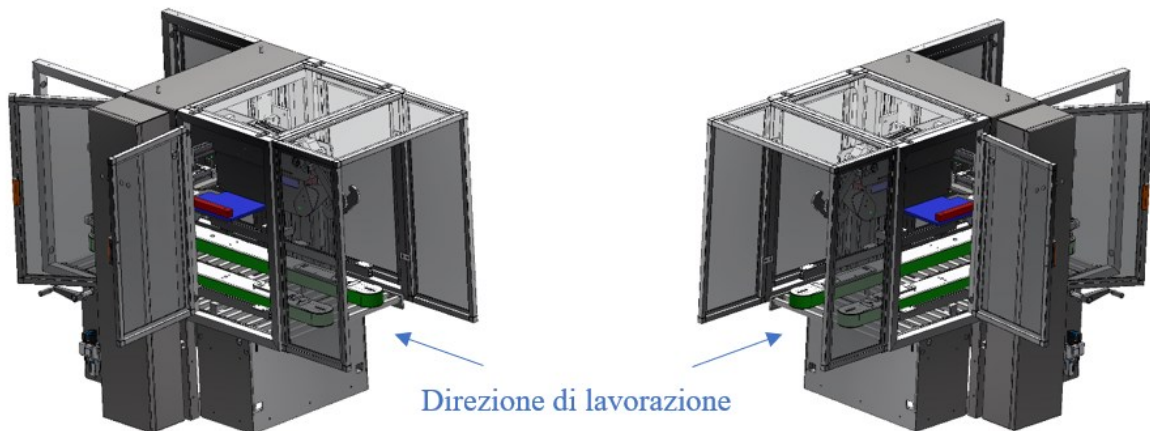


**Figura 4.4:** Divisione della lamiera centrale

La macchina CFS400 è predisposta per due possibili configurazioni strutturali (fig. 4.5) in base alla direzione di lavorazione della linea di produzione (per una linea che lavora da destra a sinistra sia per una linea che lavora da sinistra a destra).

Da destra a sinistra (macchina detta sinistra)

Da sinistra a destra (macchina detta destra)



**Figura 4.5:** Possibili configurazioni della CFS 400

In aggiunta, a causa dell'introduzione del formato di cartone a falde sovrapposte (non più simmetrico come il formato americano), è necessario che il gruppo nastrante sia in grado di assumere due configurazioni diverse in base all'orientamento di inserimento del cartone. Questo determinerà il lato in cui verrà chiusa la prima falda, che potrebbe essere a sinistra o a destra. Questa variazione aggiuntiva comporta un totale di quattro configurazioni possibili:

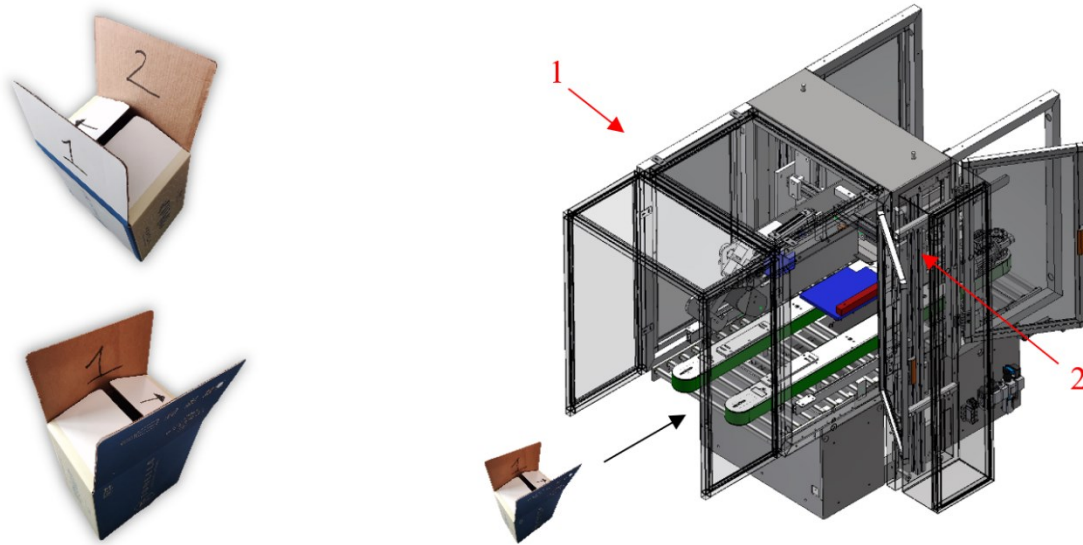
- Macchina destra con prima falda da chiudere a destra
- Macchina destra con prima falda da chiudere a sinistra
- Macchina sinistra con prima falda da chiudere a sinistra
- Macchina sinistra con prima falda da chiudere a destra

Di conseguenza, è fondamentale concepire il gruppo nastrante in modo che la sua configurazione di chiusura possa essere modificata, cercando di minimizzare la necessità di creare componenti specifici (destri e sinistri) in base alla direzione di inserimento della scatola di cartone.

Questo fattore verrà tenuto in considerazione per tutta la progettazione successiva.

Nel processo di progettazione del gruppo nastrante con chiusura a falde sovrapposte, prenderemo in considerazione la seconda delle quattro configurazioni possibili per la

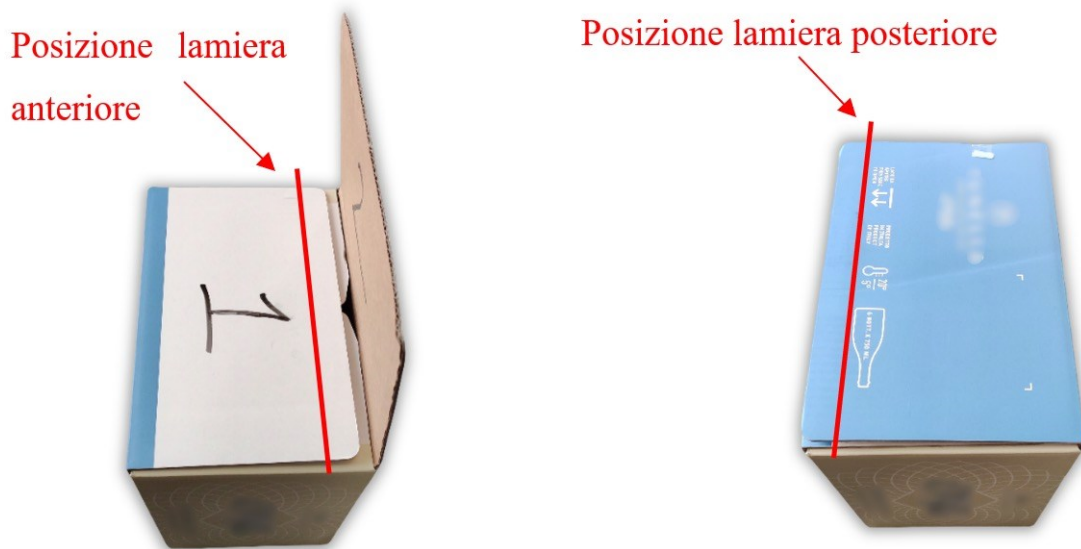
macchina incartonatrice. In questo caso, la scatola di cartone viene inserita nella zona di chiusura delle falde secondo la seguente orientazione (fig. 4.6). La prima piega della falda appartenente al lato lungo del cartone verrà effettuata nella parte sinistra della macchina, che è l'area opposta alle porte apribili di sicurezza. Successivamente, la falda rimanente sarà chiusa dal flap posizionato sul lato opposto della macchina.



**Figura 4.6:** Verso di entrata e di chiusura delle falde lato lungo del cartone

Pertanto, al fine di chiudere il cartone a falde sovrapposte, è essenziale che le due lamiere centrali siano spostate verso gli estremi del cartone, in modo che la lamiera centrale non interferisca durante la fase di piegatura. Per una migliore comprensione, viene riportata

di seguito un'immagine che illustra la posizione corretta delle lamiere rispetto alla scatola di cartone: (fig. 4.7):



**Figura 4.7:** Posizionamento delle lamiere centrali sulla scatola di cartone a falde sovrapposte

Per illustrare le fasi che la nastratrice deve eseguire, creiamo un elenco dettagliato in cui sono elencate tutte le operazioni che il gruppo nastrante dovrà compiere per portare a termine l'operazione di chiusura dei cartoni a falde sovrapposte:

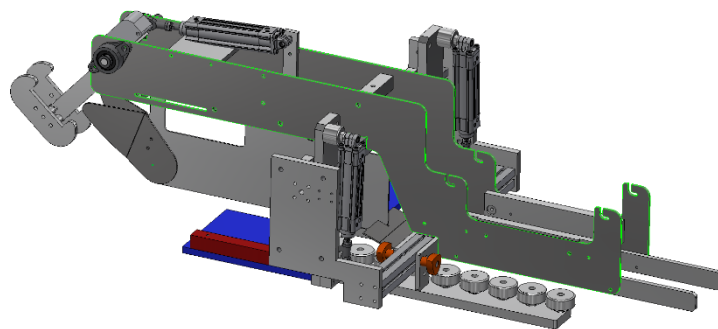
Ciclo macchina:

- Si posizionano le lamiere in modo da configurare la macchina per la lavorazione del cartone a falde sovrapposte, l'anteriore verso destra e le lamiere hanno la possibilità di muoversi in maniera verticale, inizialmente, questa posizione resta invariata rispetto alla lavorazione del cartone americano, inoltre il flap di sinistra (quello che effettuerà la chiusura della prima falda lunga), dovrà essere spostato verso l'ingresso del cartone).
- A questo punto il processo inizia e la scatola, avanza all'interno della macchina automatica.
- La lamiera anteriore, posta verso destra, chiude una delle falde del lato corto e il pendolo chiude la restante del medesimo lato.
- Il flap inizia a chiudere la falda 1, mentre la lamiera anteriore a destra, si alza per lasciare spazio alla falda di scendere completamente (il flap resta abbassato).

- A questo punto, durante l'avanzamento, viene stesa la colla dagli ugelli sopra la falda appena chiusa, durante questo processo, la falda **1** va a posizionarsi al di sotto della lamiera posteriore posta a sinistra (in questo modo viene mantenuta in posizione chiusa),
- Il flap che ha chiuso la falda **1** viene alzato.
- Successivamente, il flap posto verso l'uscita della scatola di cartone, chiude la falda numero **2** e la lamiera posteriore sinistra si alza per lasciare lo spazio necessario per effettuare la chiusura della falda **2** sopra alla falda **1**.
- In fine, come ultimo passo del processo, il cartone passa sotto dei rulli che hanno il compito di pressare la falda **2** sulla falda **1**, in modo da far aderire in maniera solida e omogenea le due parti incollate, l'ultimo flap ritorna in posizione solamente quando la scatola di cartone ha iniziato il processo di pressatura.

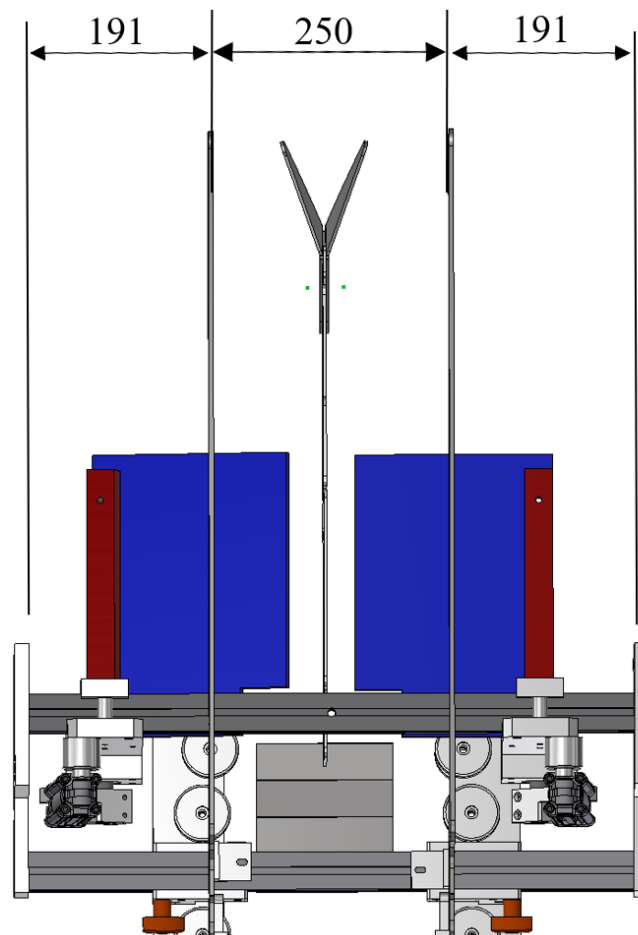
Per poter posizionare le lamiere sui cartoni in maniera disassata, come appena spiegato, è necessario modificare le lamiere che hanno il compito di sorreggere parte del meccanismo di chiusura del cartone (fig. 4.8), questo intervento è necessario per creare delle guide che consentono lo spostamento manuale delle lamiere fino ai bordi esterni del cartone.

La distanza tra le due lamiere dovrà essere maggiore della larghezza della scatola di cartone con le falde sovrapposte più ampia (200 [mm] di larghezza).



**Figura 4.8:** Lamiere che sorreggono il meccanismo di chiusura del cartone

In fase preliminare, le lamiere di sostegno del meccanismo di chiusura verranno distanziate di una quota pari a 250 [mm] (fig. 4.9), in modo da avere dello spazio aggiuntivo utile per eventuali ingombri dovuti al sistema con guide per la movimentazione manuale delle lamiere centrali.



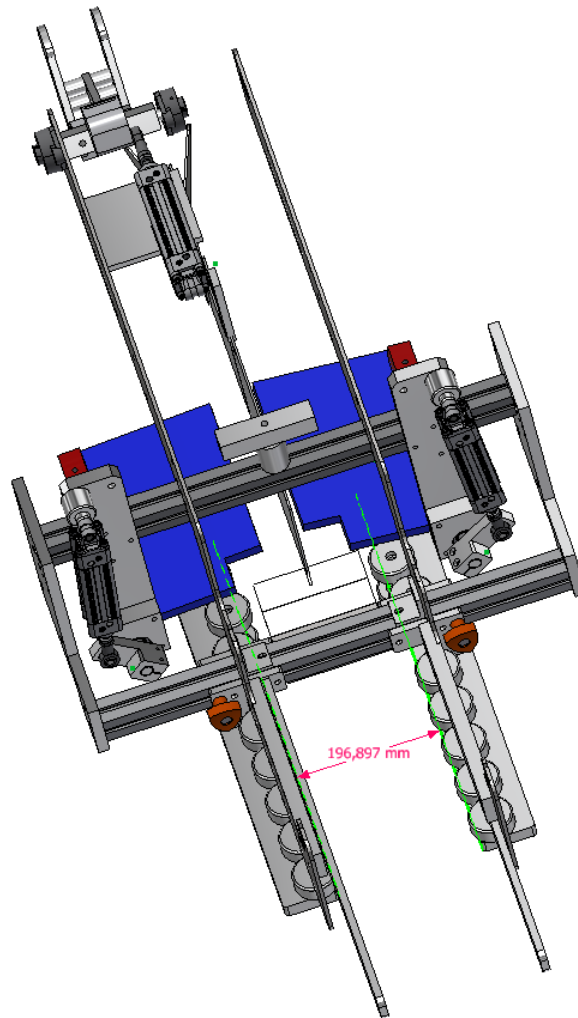
**Figura 4.9:** Distanza lamiere centrali e centraggio con la struttura

Avendo apportato questa modifica, si nota già un primo problema, non è più regolabile in maniera corretta la guida dei cartoni (elemento posto sopra ai nastri di trascinamento e montato sulla nastratrice).

Questo perché avendo aumentato la distanza tra le due lamiere, i pomelli di serraggio delle guide cartoni, non permettono un serraggio ad una quota inferiore di 196 [mm] (fig. 4.10), causando così un'impossibilità nel guidare le scatole al di sotto di questa misura.



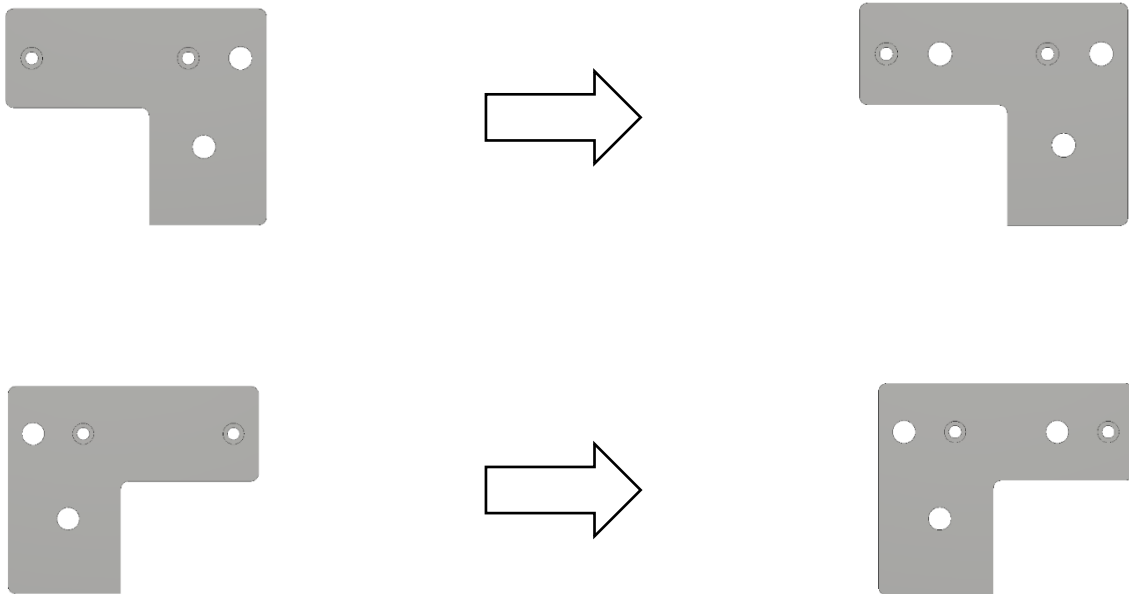
Considerando che questa macchina automatica deve eseguire anche i cartoni in formato americano, ed essi presentano una larghezza minima di 140 [mm] mentre quelli a falde sovrapposte di 150 [mm], la guida del cartone dovrà raggiungere una quota inferiore a 140 [mm] nella sua posizione più stretta.



**Figura 4.10:** Quota della guida cartoni nella sua posizione minima

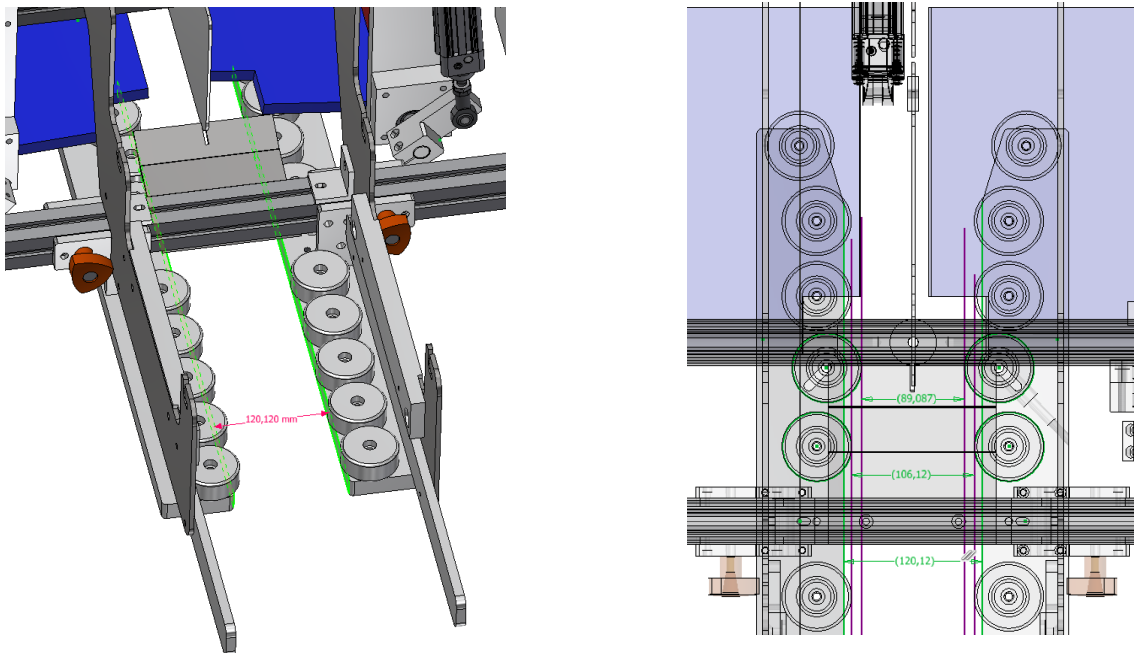
Per ottenere questo, si può utilizzare la stessa staffa a L già esistente montandola ruotata di 180° e aggiungendo un foro per posizionare il pomello di fissaggio della guida dei cartoni (fig. 4.11), in questo modo non si avrebbe la necessità di cambiare il codice aziendale della staffa (che viene utilizzata anche per altri macchinari), questo è possibile

perché la presenza di questo foro non reca alcun problema quando l'elemento viene montato in un altro macchinario.



**Figura 4.11:** Modifiche staffa a L SX e DX

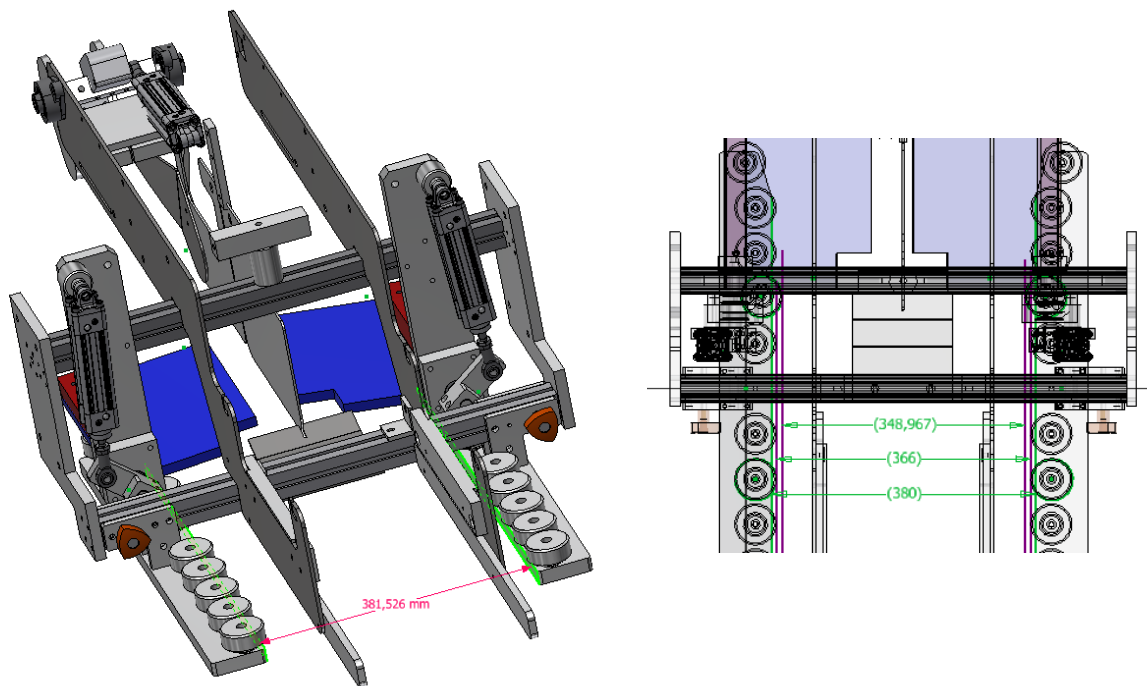
Grazie a questa modifica siamo riusciti a ottenere ciò che volevamo, cioè una misura della guida cartoni, nella sua posizione minima, ampiamente al di sotto di 140 [mm] (fig. 4.12).



**Figura 4.12:** Quota della guida cartoni nella sua posizione minima dopo la modifica

Ora, dopo aver apportato questa modifica, è necessario verificare se la guida per i cartoni, quando è completamente aperta, può anche guidare la scatola di cartone più ampia in termini di larghezza. In questo specifico caso, stiamo parlando di una scatola di formato americano con una larghezza di 265 [mm].

Misurando tramite il software inventor, vediamo che siamo molto oltre a questa quota (fig. 4.13), abbiamo una massima apertura di circa 380 [mm], quindi questa modifica è corretta e ci permette di guidare tutte le configurazioni di cartone di interesse.



**Figura 4.13:** Quota della guida cartoni nella sua posizione massima

Ora nella parte posteriore della nastratrice (parte di uscita del cartone), siccome abbiamo variato la distanza delle due lamiere centrali, abbiamo bisogno di effettuare delle modifiche mirate in base al fatto che la nastratrice utilizzi il sistema a colla o a nastro per sigillare i cartoni.

## 4.2 - Soluzione tecnica per la parte posteriore della nastratrice con sistema a nastro

Partendo dalla nastratrice che utilizza il sistema a nastro, abbiamo inizialmente una distanza tra le due lamiere di sostegno del sistema pari a 98 [mm] (fig. 4.14)

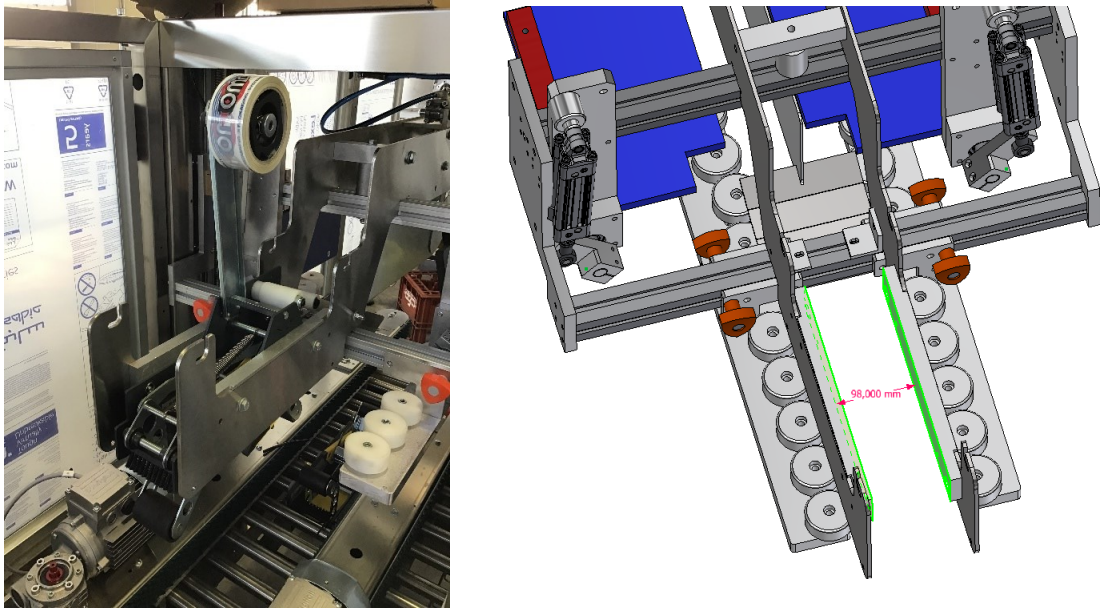


Figura 4.14: Distanza tra le due lamiere di sostegno del sistema nastrante

siccome questa quota rappresenta la distanza di ingombro del sistema nastrante, bisognerà andare a creare degli spessori cilindrici in modo da riottenere questa quota, altrimenti non saremo in grado di fissare il sistema.

Si è andati a creare 4 cilindri forati con  $\phi_i = 8$  [mm] e  $\phi_e = 30$  [mm] di lunghezza pari a 61 [mm] in alluminio 6082 (fig. 4.15).

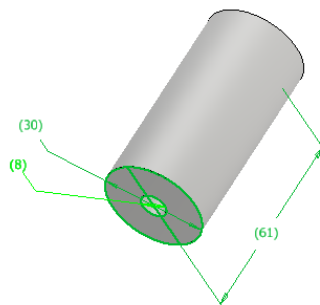
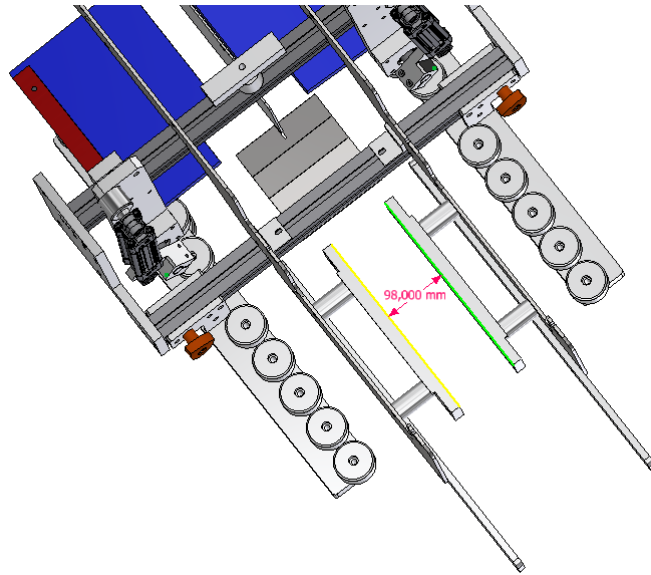


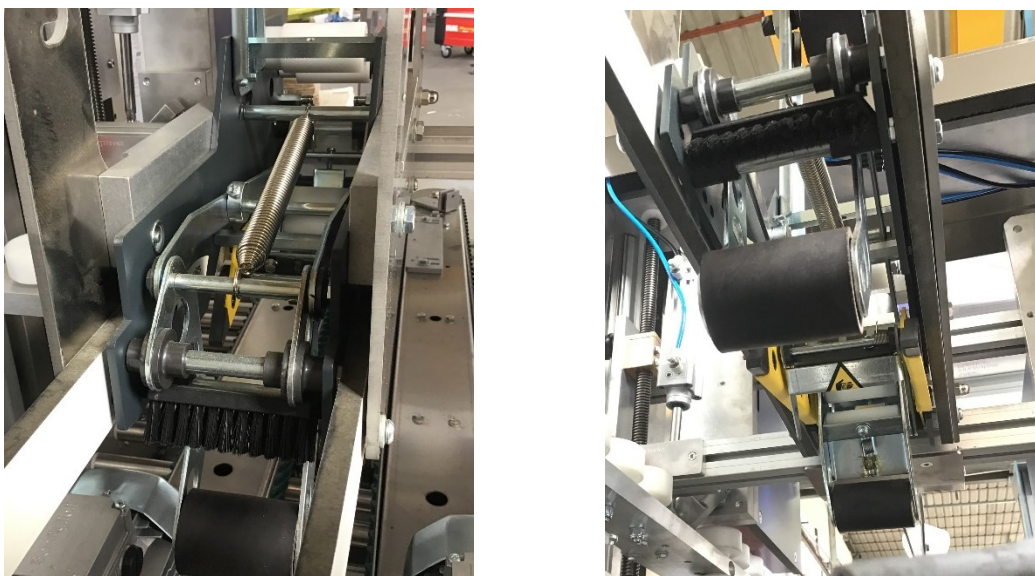
Figura 4.15: Distanza lamiere di sostegno sistema nastrante

In questo modo siamo riusciti ad ottenere la quota necessaria (98 [mm]) per il montaggio della parte nastrante sulla nuova configurazione di nastratrice (fig. 4.16).



**Figura 4.16:** Montaggio spessori cilindrici

Siccome il meccanismo (fig. 4.17) del sistema funziona mediante molle ed esse sono abbastanza morbide (si riesce a movimentarlo facilmente anche a mano), esso non applica una grande forza sulla struttura portante, ciò è corretto siccome stiamo parlando di nastrare scatole di cartone, quindi, non è necessaria alcuna verifica di resistenza strutturale mediante software FEM.



**Figura 4.17:** Foto del sistema nastrante allo stato attuale

Per completezza e in modo da avere un'idea più chiara e completa su quanto possa resistere la nostra struttura, possiamo andare a fare comunque un'analisi agli elementi finiti, verrà eseguita in maniera poco accurata in termini di Mesh e in termini di struttura (non si andrà a modellare il sistema nastrante).

Questa analisi poco accurata ha il compito di fornirci un'idea sulle sollecitazioni in gioco, nel caso vengano riscontrate delle criticità in termini tensionali, solo in questo caso, si va ad eseguire un'analisi più approfondita.

Gli elementi non presi in considerazione all'interno dell'analisi vengono rappresentati in trasparenza, saranno visibili solamente gli elementi considerati nell'analisi di sollecitazione.

Prima di iniziare bisognerà assegnare ad ogni componente il proprio materiale, inoltre, bisognerà conoscere quali sono le caratteristiche meccaniche e le proprietà fisiche del materiale (riferite a una temperatura ambientale di 20°C), quali; densità, modulo elastico, coefficiente di Poisson, tensione di sversamento, tensione di rottura e scegliere un coefficiente di sicurezza in modo da ricavare la tensione ammissibile (fig. 4.18):

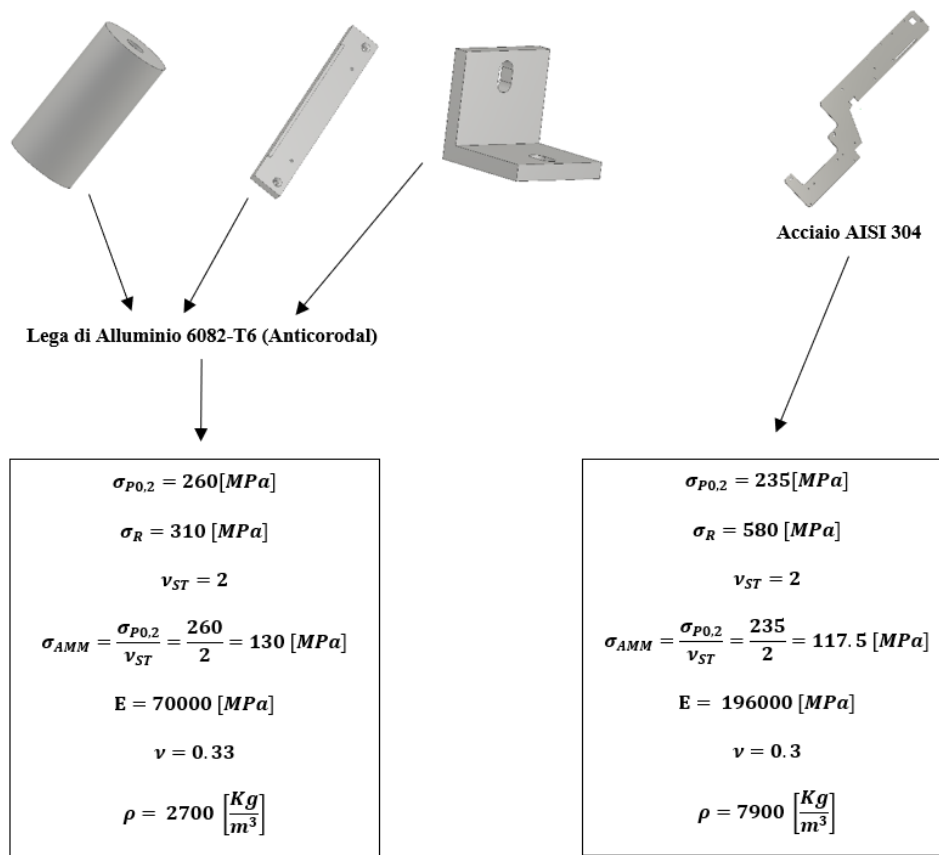
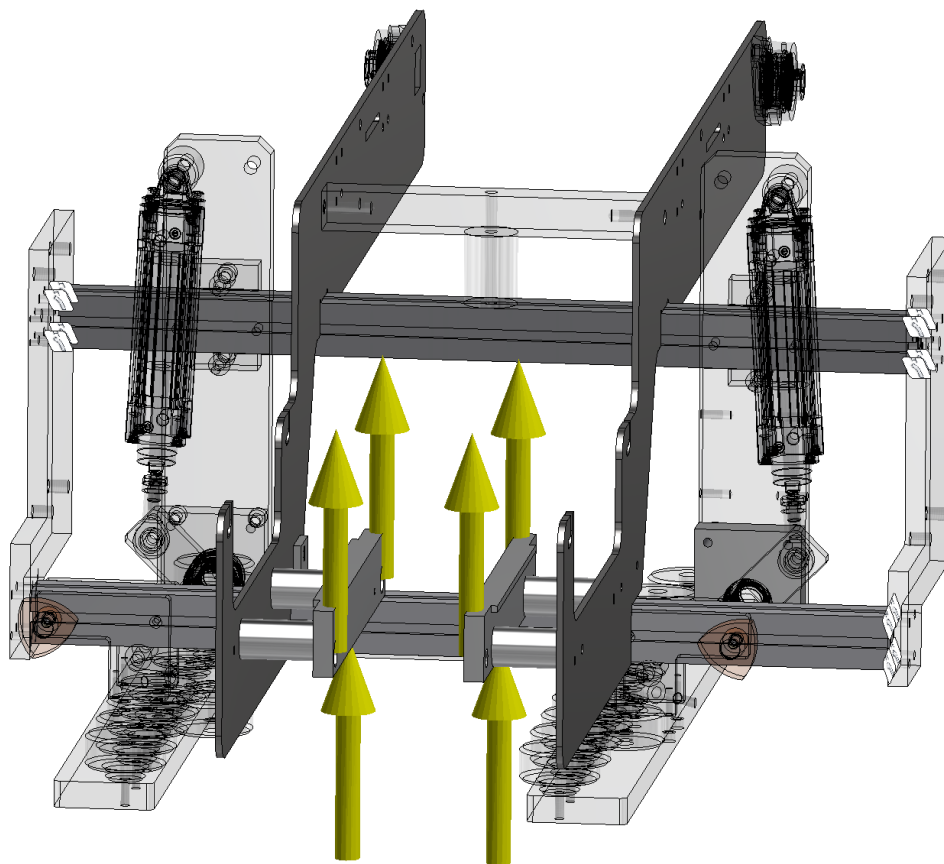


Figura 4.18: Materiali dei componenti, caratteristiche meccaniche e fisiche principali

Successivamente si andranno ad applicare i vincoli e simulare i contatti presenti nella struttura, in fine, sarà necessaria l'applicazione delle forze esterne.

Siccome, abbiamo detto che il sistema nastrante non esercita molta forza sulla struttura, inoltre, non essendo in grado di ricavare con precisione questa forza, andiamo a ipotizzare una forzante esterna sicuramente maggiore rispetto a quella che avrebbe sul sistema durante il funzionamento.

Per rappresentare le forze agenti durante il suo normale funzionamento si sceglie di adottare una forza di modulo  $3 \text{ [Kg]} \approx 30 \text{ [N]}$  suddivisi equamente nella zona in cui il sistema nastrante va ad ancorarsi alla nastratrice, inoltre, si introduce un'ulteriore forzante esterna pari a  $100 \text{ [N]}$  al centro di ogni supporto di ancoraggio del sistema (due supporti), essa mi rappresenta un'eventuale scatola che si incastra e sforza il sistema di applicazione nastro verso l'alto (fig. 4.19):

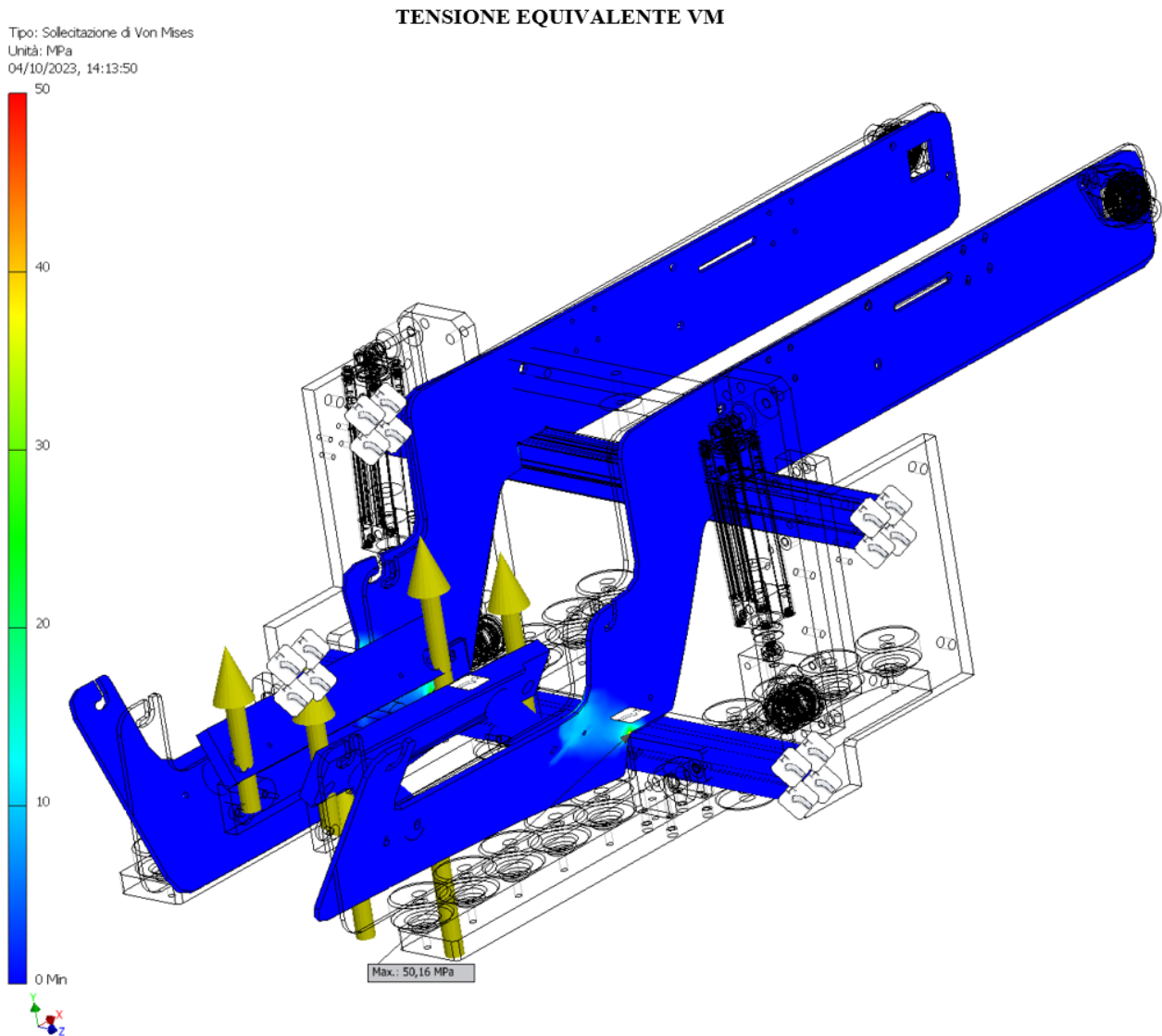


**Figura 4.19:** Applicazione dei vincoli, dei contatti e delle forze

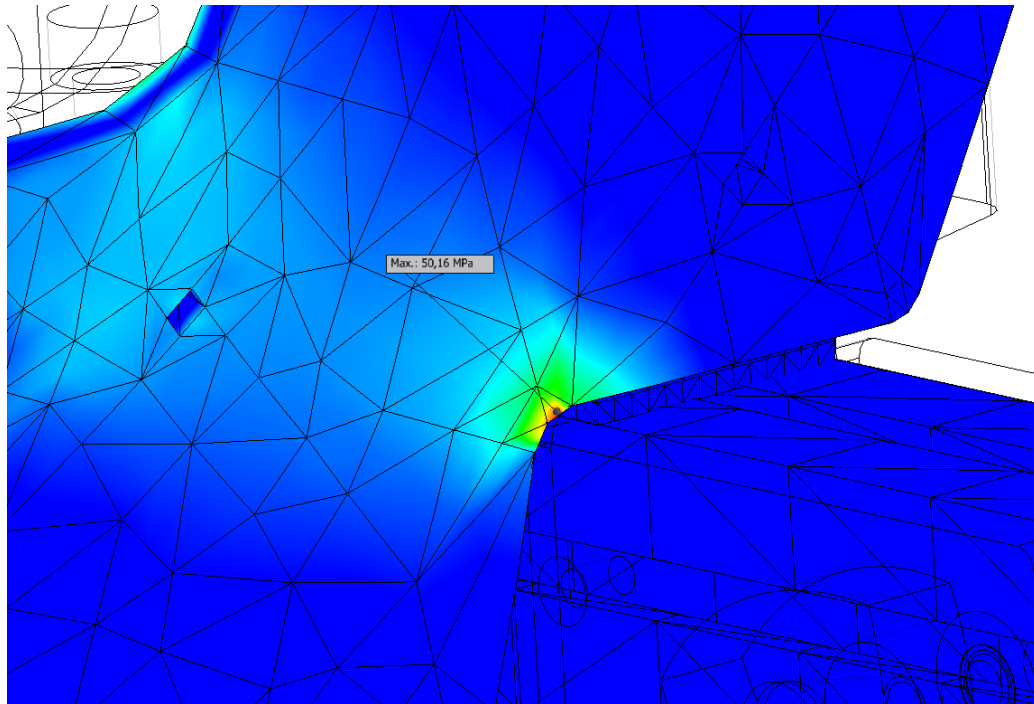


Avendo ora modellato tutto quello che ci serve, possiamo andare a svolgere la nostra analisi e vederne i risultati, andando così a leggere le informazioni che ci interessano, come lo spostamento e la tensione equivalente di Von Mises, quest'ultima dovrà necessariamente essere al di sotto della tensione ammissibile del materiale.

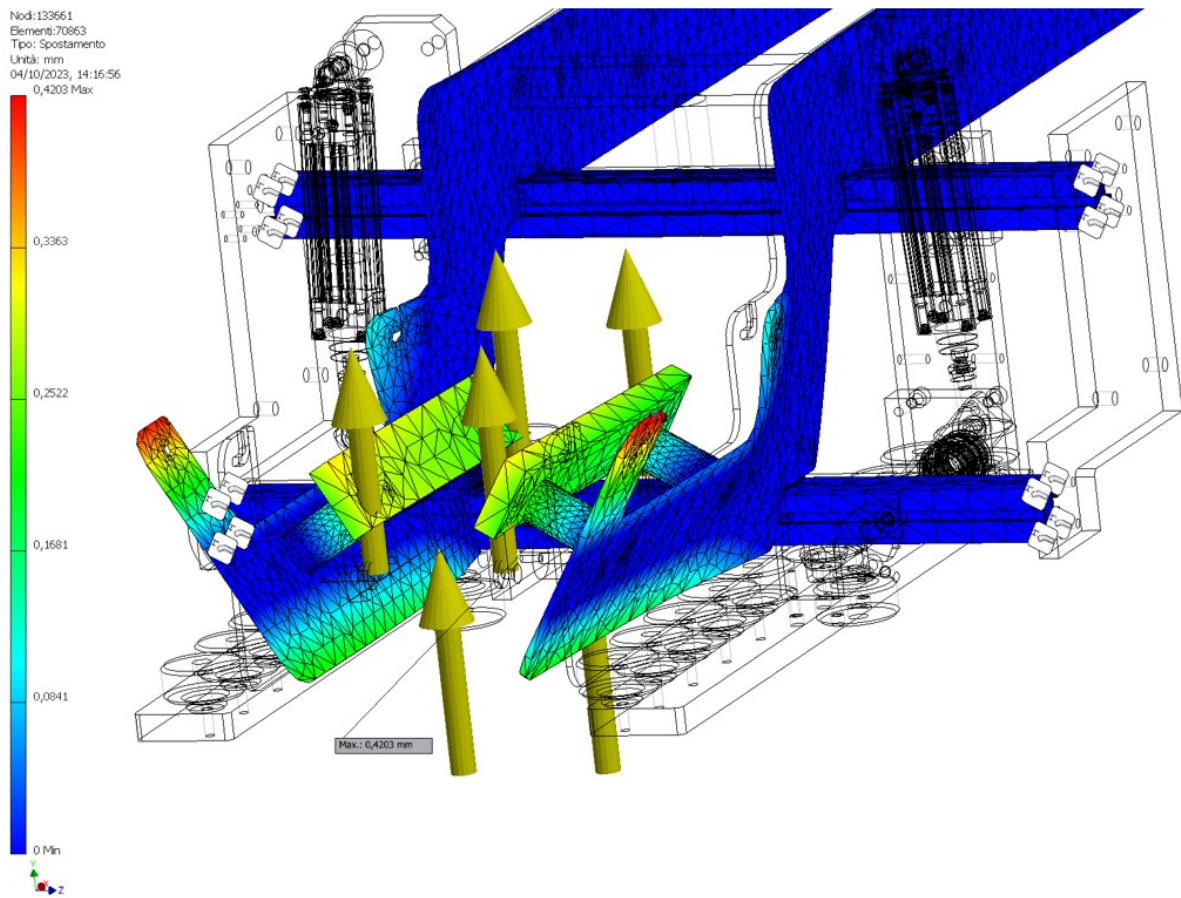
Di seguito riporteremo i risultati dell'analisi tensionale (fig. 4.20):







**SPOSTAMENTO IN Y**



**Figure 4.20:** Risultati tensionali e di spostamento

Dai risultati si vede che la tensione massima agente sulla nastratrice è pari a 50.16 [MPa] che è molto minore di 130 [MPa] di tensione ammissibile sul componente in Alluminio 6082-T6 (Anticorodal), inoltre, abbiamo che uno spostamento massimo in direzione Y pari a 0,42 [mm].

Questi dati mi garantiscono di essere estremamente in sicurezza, era una cosa che ci si poteva aspettare siccome abbiamo una struttura estremamente solida.

Quindi possiamo affermare con sicurezza che la modifica apportata non causa alcun problema strutturale.

### 4.3 - Soluzione tecnica per la parte posteriore della nastratrice con sistema a colla

Andando ora a valutare la nastratrice che utilizza il sistema di chiusura a colla, nella parte posteriore (parte in cui i cartoni escono) si trova il sistema di rulli (fig. 4.21).

Esso ha il compito di premere l'ultima falda della scatola di cartone in modo che la colla possa aderire in maniera omogenea su tutta la parte interessata, in modo da sigillare nella maniera più omogeneo ed efficiente possibile il contenitore.



Figura 4.21: Sistema a rulli

Come fatto anche per la nastratrice con il sistema di chiusura a nastro, anche in questo caso, siccome abbiamo aumentato la distanza tra le lamiere centrali che mi sorreggono parte del meccanismo di chiusura dei cartoni, si ha la necessità di modificare la lamiera che ancora il sistema a rulli sulla nastratrice.

In questo caso è molto semplice, basterà variare la larghezza di questa lamiera da 130 [mm] a 250 [mm] (fig. 4.22).

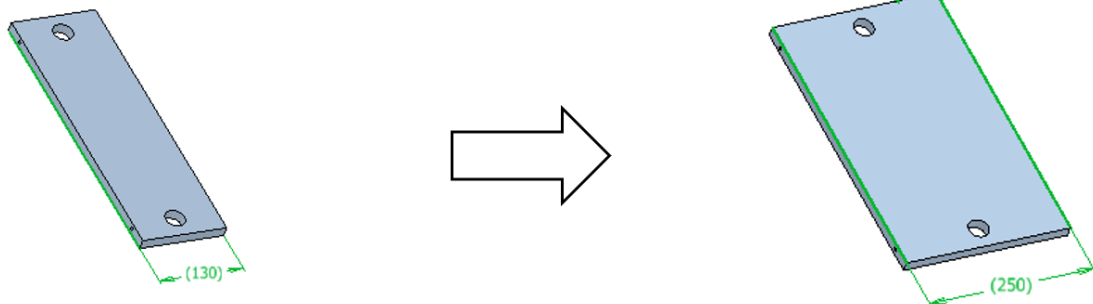
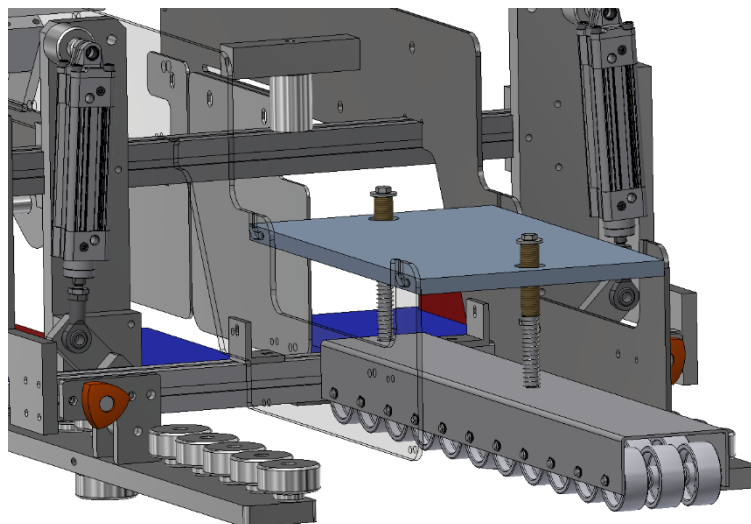


Figura 4.22: Staffa di supporto del sistema pressante a rulli

Con questa soluzione tecnica il sistema di pressatura a rulli riuscirà a essere montato nella giusta posizione e lavorare correttamente.

Riportiamo di seguito l'immagine del sistema a rulli montato sulla nastratrice, sia nella versione vecchia che in quella modificata per eseguire le falde sovrapposte (fig. 4.23).



**Figure 4.23:** Vecchia e nuova versione del sistema a rulli montato sulla nastratrice

#### 4.4 - Soluzione tecnica per la parte centrale della nastratrice

A questo punto l'attenzione si focalizza sulla parte centrale della nastratrice, in questa zona vi sono alcuni elementi da rivedere, andremo a riportare un'immagine in cui verranno evidenziati tutti gli elementi da considerare (fig. 4.24):

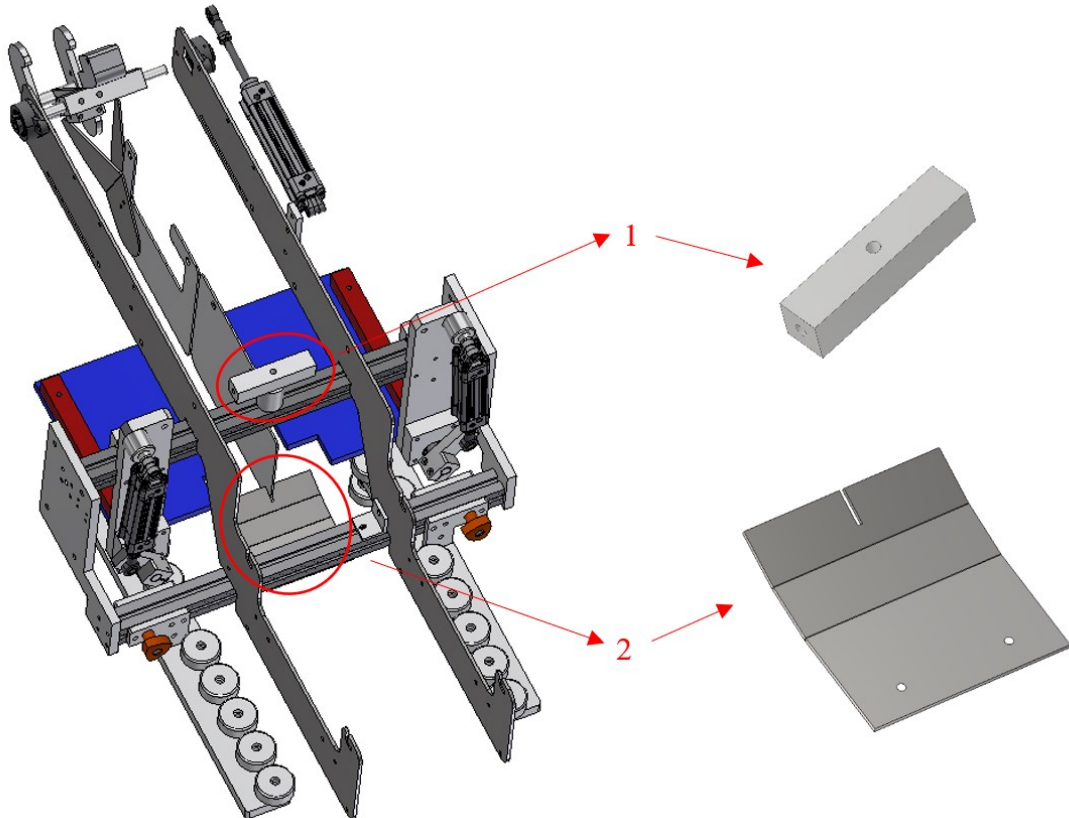


Figura 4.24: Elementi da rimodellare appartenenti alla parte centrale della nastratrice

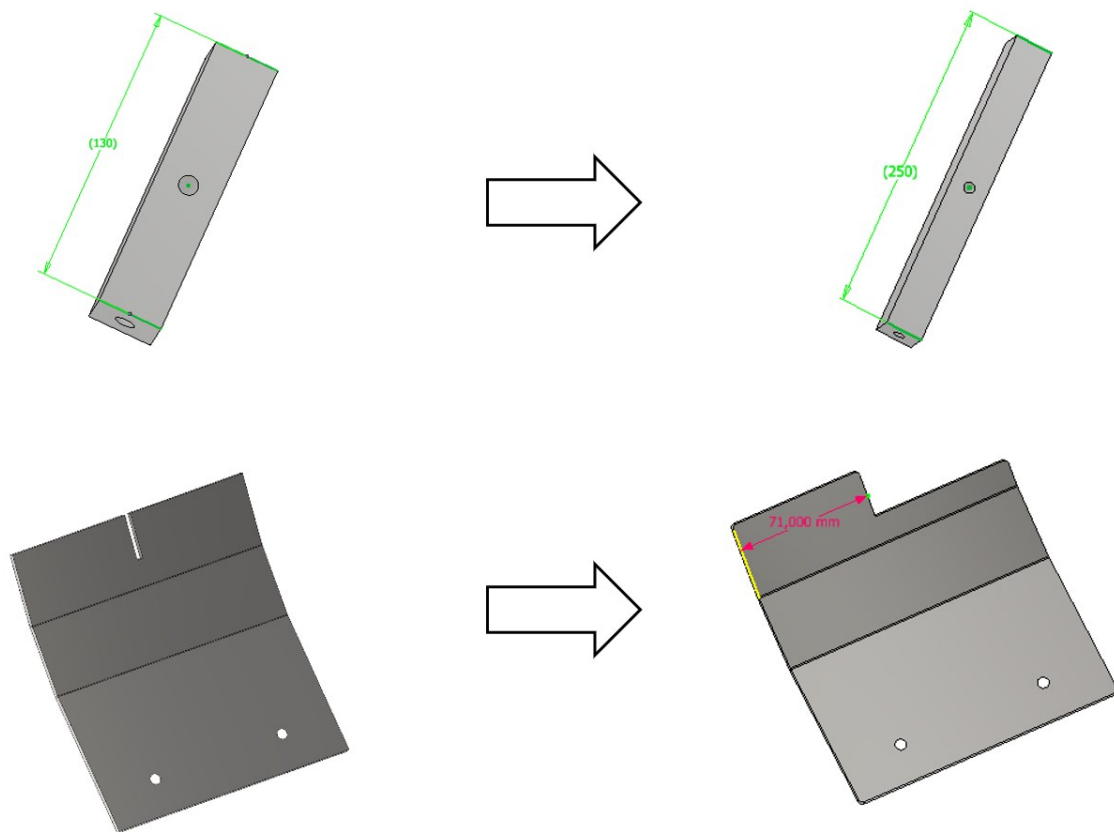
L'elemento 1, a causa dell'aumento della distanza tra le due lamiere centrali, dovrà essere allungato passando da una quota iniziale di 130 [mm] a 250 [mm].

L'elemento 2, così come è costruito, non consente la traslazione orizzontale della lamiera centrale posteriore, per permettere questo spostamento è necessario modificare l'elemento mediante la rimozione di tutto quel materiale che ne impedisce il movimento.

La rimozione verrà eseguita solamente da un solo lato rispetto alla scanalatura centrale (resteranno 71 [mm] di materiale dall'altro) in modo tale di avere un appoggio che mi possa fungere da guida di centraggio, quando, da una posizione adatta a eseguire cartoni

a falde sovrapposte (lamiere disassate), passiamo ad una posizione centrale delle lamiere, per l'esecuzione dei cartoni americani.

Di seguito vengono mostrate le variazioni che sono state apportate agli elementi (fig. 4.25):



**Figura 4.25:** soluzioni tecniche degli elementi appartenenti alla parte centrale della nastratrice

È molto probabile che una volta completato il sistema di movimentazione della nastratrice, verrà ripreso in considerazione l'elemento 2, in modo da ottimizzarlo alla struttura finita, la necessità di questa variazione verrà accurata più avanti.

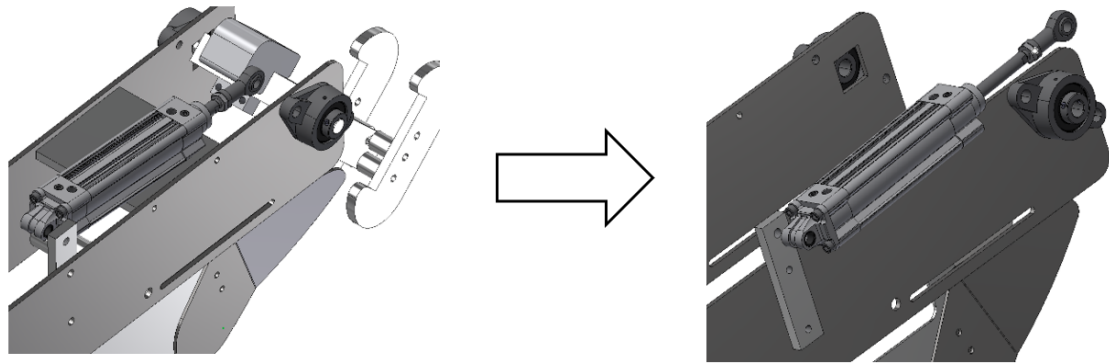
Dato che uno dei prossimi passi sarà l'analisi del meccanismo responsabile della movimentazione orizzontale e verticale della lamiera centrale separata inizialmente, al fine di consentire la chiusura a falde sovrapposte del cartone, è necessario liberare spazio nella parte centrale per agevolare l'installazione del sistema di movimentazione nella sezione centrale della nastratrice.



Per fare questo bisogna spostare il cilindro che mi comanda il pendolo, che ha il compito di chiudere l'ultima delle due falde poste nel lato corto del cartone, il sistema si trova nella parte frontale della nastratrice.

In fase preliminare si va semplicemente a spostare esternamente alle due lamiere centrali.

Di seguito riportiamo il nuovo posizionamento (fig. 4.26):



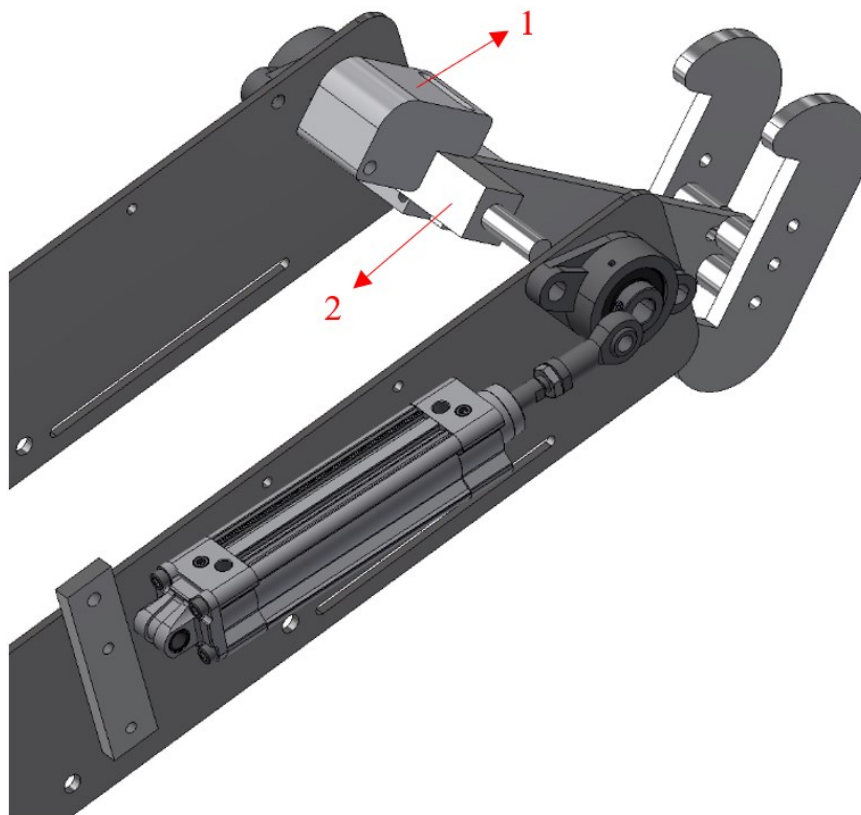
**Figura 4.26:** Pistone pneumatico posizionato esternamente alle lamiere centrali

Arrivati a questo punto possiamo andare ad effettuare le modifiche preliminari alla parte anteriore della nastratrice (parte in cui entra la scatola di cartone), successivamente a questo passaggio, andremo a valutare il meccanismo di movimentazione e a valutare l'eventuale necessità di inserire elementi trasversali alle due lamiere centrali in modo da aumentarne la rigidità complessiva del sistema in direzione orizzontale.

## 4.5 - Soluzione tecnica per parte anteriore della nastratrice

In questa zona si dovrà andare a riadattare il perno di sezione quadrata che permette la rotazione del pendolo chiudi falda corta del cartone, bisognerà aumentarne la lunghezza per far sì che ritorni posizionato all'interno dei cuscinetti montati sulle lamiere, andando anche a valutare dove effettuare il nuovo posizionamento dei fori applicati sull'elemento stesso.

Viene riportata di seguito la rappresentazione degli elementi da rielaborare (fig. 4.27):



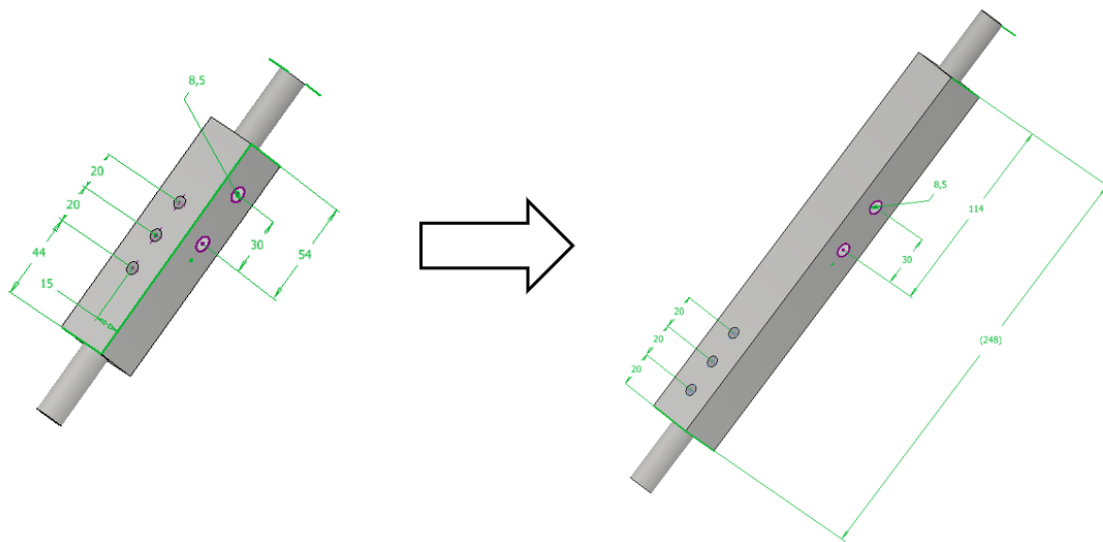
**Figura 4.27:** Componenti da rimodellare e riposizionare



L'elemento 2, come detto precedentemente, deve essere riportato in sede all'interno dei cuscinetti, mentre l'elemento 1 ha la necessità di essere il più vicino possibile allo stelo del cilindro pneumatico, in modo che durante il funzionamento, vi sia il minor momento flettente agente sullo spessore che collega l'elemento 1 allo snodo dell'attuatore pneumatico.

Per ottenere questo si agisce sull'elemento 2 spostando i fori filettati che servono ad ancorare l'elemento 1, inoltre, si andranno a spostare anche quelli che mantengono la piastra del pendolo, in modo da riportarlo in posizione centrale rispetto alla struttura.

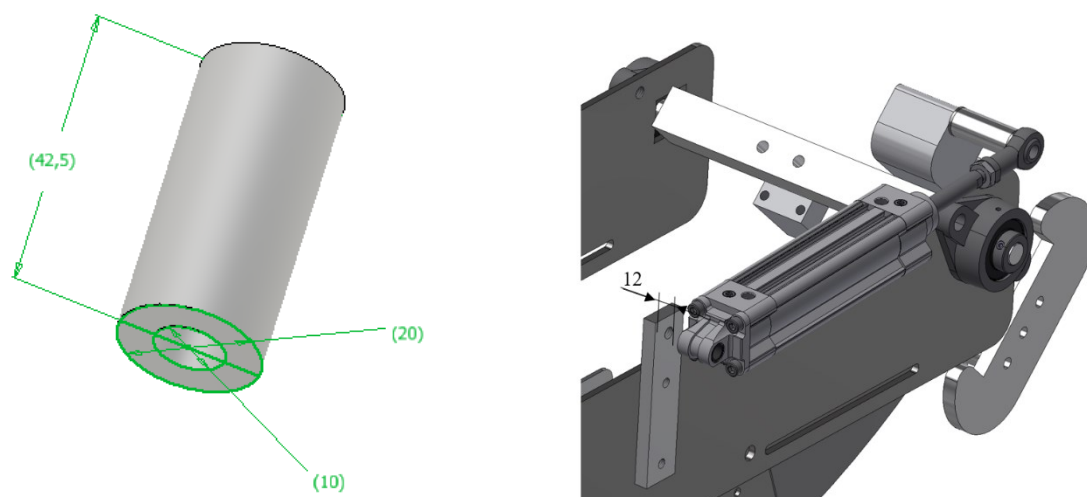
Sono state eseguite le seguenti modifiche all'albero di sezione quadrata (fig. 4.28):



**Figura 4.28:** Albero di sezione quadrata rimodellato

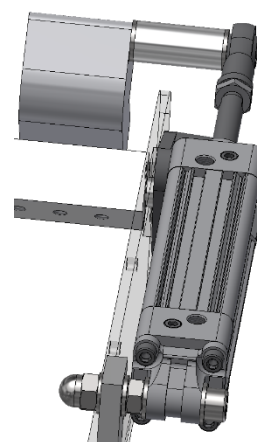
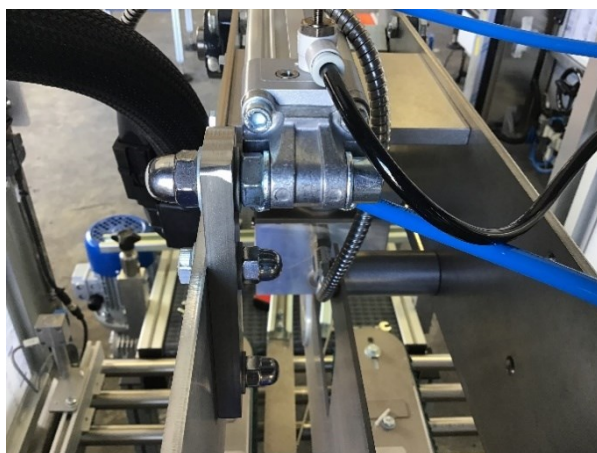
A questo punto andiamo a creare lo spessore che collega l'elemento 1 allo snodo del pistone pneumatico, dopo aver rilevato gli ingombri mediante software, si è andati a creare un cilindro forato con  $\phi_i = 10$  [mm] e  $\phi_e = 20$  [mm] di lunghezza pari a 42.5 [mm] in Alluminio 6082 T6 (Anticorodal) (fig. 1.41).

Nella rilevazione delle misure necessarie allo sviluppo del componente, con riferimento alla lunghezza sono state già considerate due rondelle piane di spessore 2 [mm] e i 12 [mm] di quota che ha la parte posteriore del cilindro con la staffa che lo collega alla nastratrice (fig. 4.29).



**Figura 4.29:** Spessore interposto tra elemento 1 e snodo del cilindro pneumatico

Nella parte posteriore del cilindro pneumatico in esame, dove avviene il collegamento con la staffa di sostegno montata sulla struttura portante della nastriatrice, si è sempre utilizzato un sistema basato su una vite, due dadi e quattro rondelle (fig. 4.30):



**Figura 4.30:** Sistema di fissaggio della parte posteriore del cilindro pneumatico mediante perno sospeso

Questo è un sistema che si è visto funzionare molto bene nel tempo, ricrea in maniera ottimale un robusto perno sospeso, su cui ancorare la parte posteriore del cilindro pneumatico.

A questo punto, conviene effettuare un'analisi agli elementi finiti in modo da verificare se la modifica apportata alla nastratrice nella parte anteriore, soprattutto lo spessore di 42.5 [mm], sia in grado di reggere allo sforzo durante il funzionamento.

Per quanto riguarda invece la parte posteriore, siccome si utilizza un sistema usato da molti anni, ormai ampiamente testato, non si eseguirà nessuna analisi strutturale mediante FEM.

Prima di iniziare l'analisi, è essenziale acquisire dati sulla forza esercitata dal cilindro pneumatico sul sistema. Queste informazioni possono essere ottenute consultando il sito web di FESTO e cercando il tipo di attuatore utilizzato sulla CFS 400.

Nel caso specifico abbiamo un cilindro pneumatico DSBC-32-100-PPVA-N3 e un impianto che funziona a 6 [bar] di pressione, si ricavano facilmente le forze in gioco (fig. 4.31):



**Cilindro ISO** **FESTO**

**DSBC-32-100-PPVA-N3**

1376426

GTIN: 4052568016586

Forza teorica a 6 bar, corsa di ritorno	415 N
Forza teorica a 6 bar, in spinta	483 N

**Figura 4.31:** Forze teoriche che esercita il cilindro pneumatico

A questo punto, bisogna porsi nella situazione più critica, cioè con il pendolo bloccato all'estremità e il cilindro pneumatico alla sua massima forza di spinta (483 [Mpa]) in modo da ricreare la situazione più "sfortunata" in termini di sollecitazione.

Prima di iniziare, come fatto nell'analisi di sollecitazione precedente, bisognerà assegnare ad ogni componente il proprio materiale, inoltre, bisognerà conoscere quali sono le caratteristiche meccaniche e fisiche (si prendono quelle riferite a una temperatura ambientale di 20°C), quali; modulo elastico, coefficiente di Poisson, tensione di sversamento, tensione di rottura e scegliere un coefficiente di sicurezza in modo da ricavare la tensione ammissibile (fig. 4.32):



ISO 7089 Acciaio 300 HV zincato bianco

$HV = 300$

$\sigma_R = 950 [MPa]$

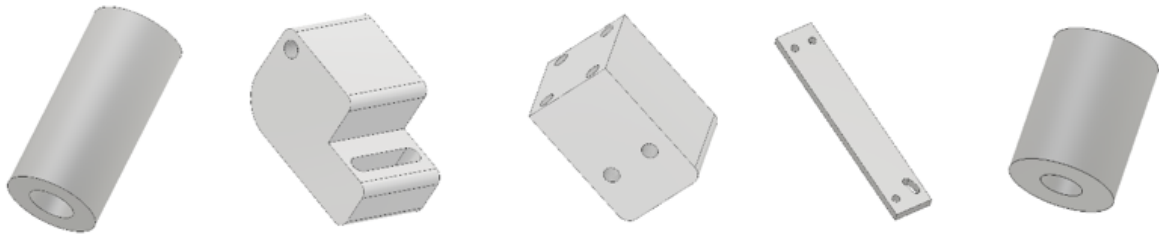
$\nu_{ST} = 2$

$\sigma_{AMM} = \frac{\sigma_{P0,2}}{\nu_{ST}} = \frac{950}{2} = 475 [MPa]$

$E = 200000 [MPa]$

$\nu = 0.3$

$\rho = 7800 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$



Lega di Alluminio 6082 T6 (Anticorodal)

$\sigma_{P0,2} = 260 [MPa]$

$\sigma_R = 310 [MPa]$

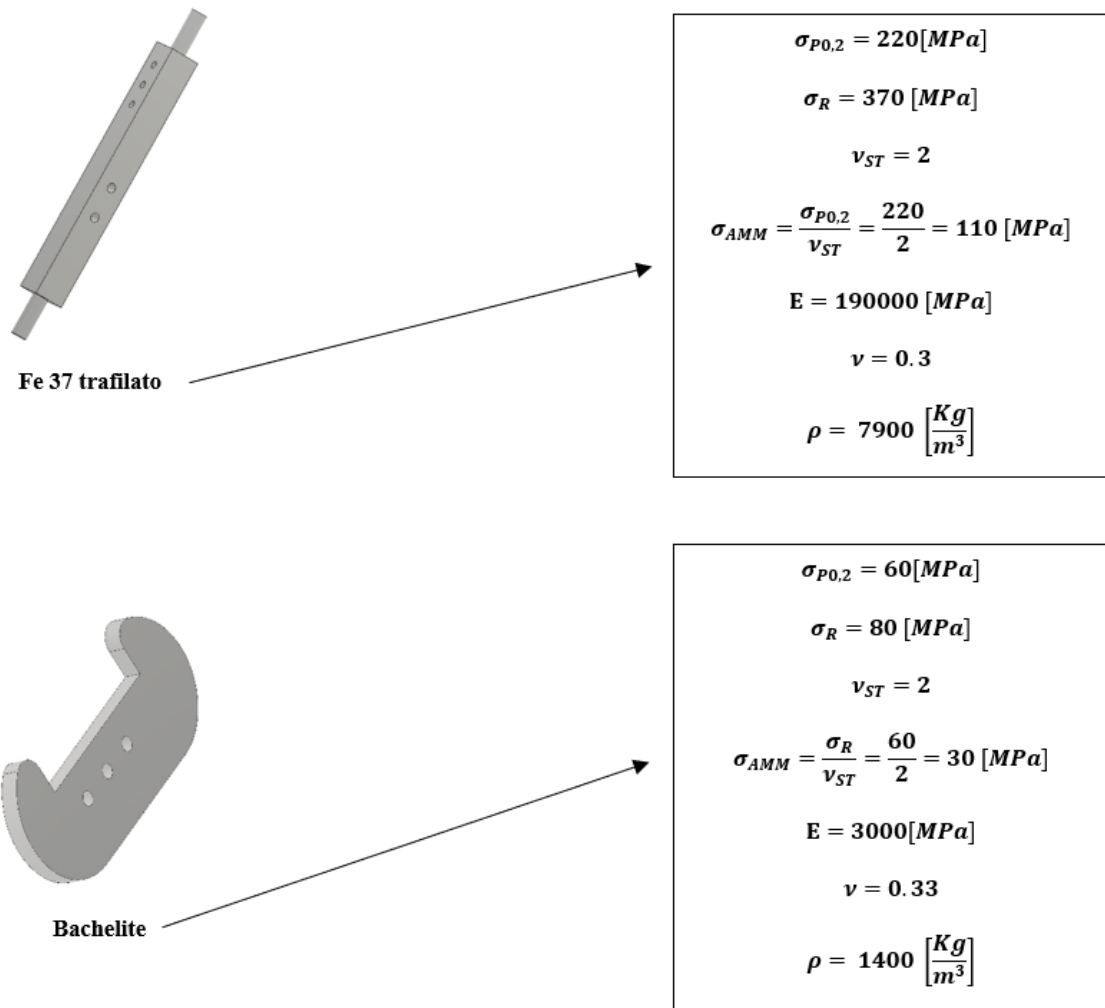
$\nu_{ST} = 2$

$\sigma_{AMM} = \frac{\sigma_{P0,2}}{\nu_{ST}} = \frac{260}{2} = 130 [MPa]$

$E = 70000 [MPa]$

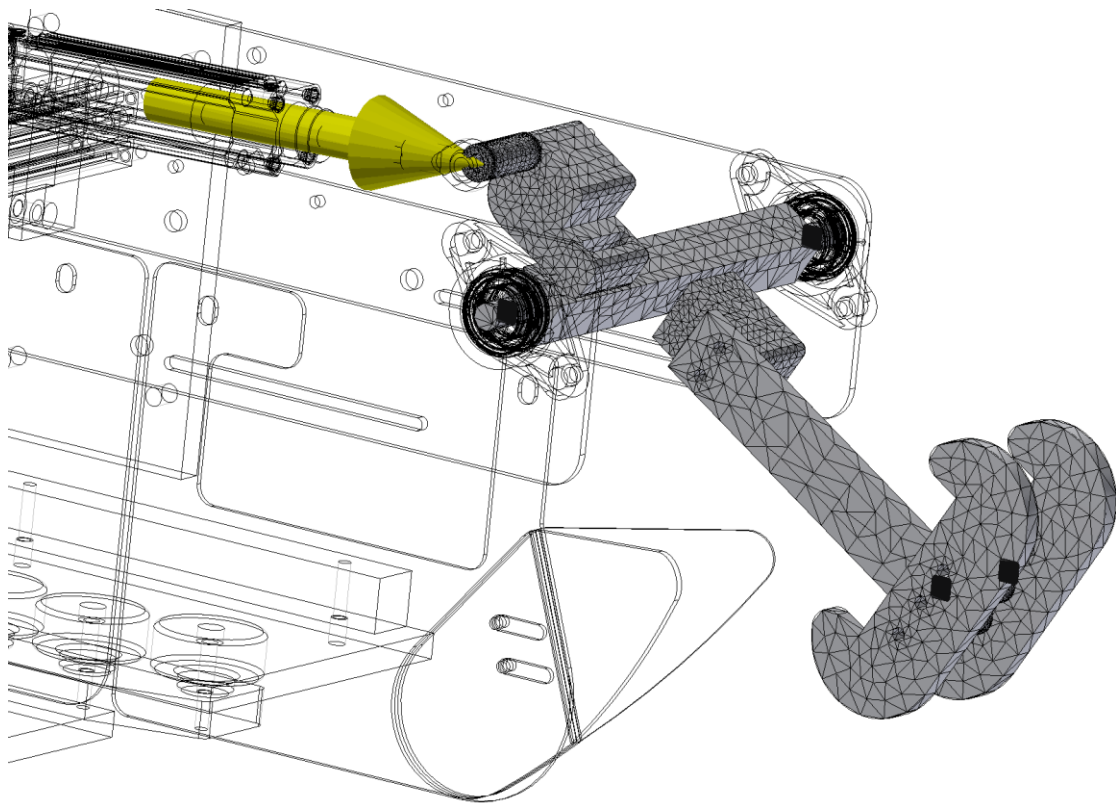
$\nu = 0.33$

$\rho = 2700 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$



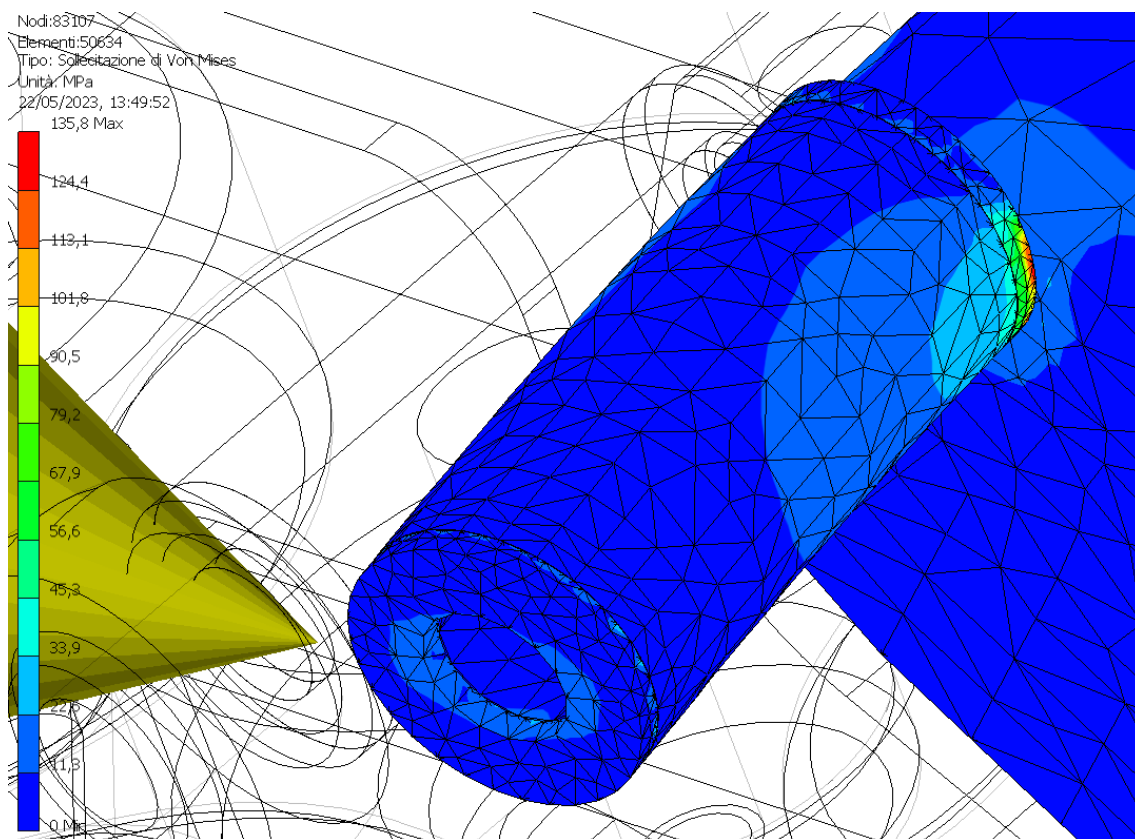
**Figura 4.32:** Caratteristiche fisiche e meccaniche principali dei componenti

successivamente si andranno ad applicare i vincoli (pendolo bloccato) e i contatti presenti nella struttura, in fine, sarà necessaria l'applicazione della forza esercitata dal cilindro sul sistema (fig. 4.33):



**Figura 4.33:** Applicazione dei vincoli, dei contatti e delle forze

A questo punto si inizia a fare una prima risoluzione dell'analisi, una volta risolta si valuta se infittire la mesh localmente, in modo da ottenere risultati più dettagliati. si nota che la tensione maggiore è sulla rondella ISO 7089 acciaio 300 HV zincato bianco, si ha una tensione massima di 135,8 [Mpa] che è minore dei 475 ammissibile per la rondella (fig. 4.34):



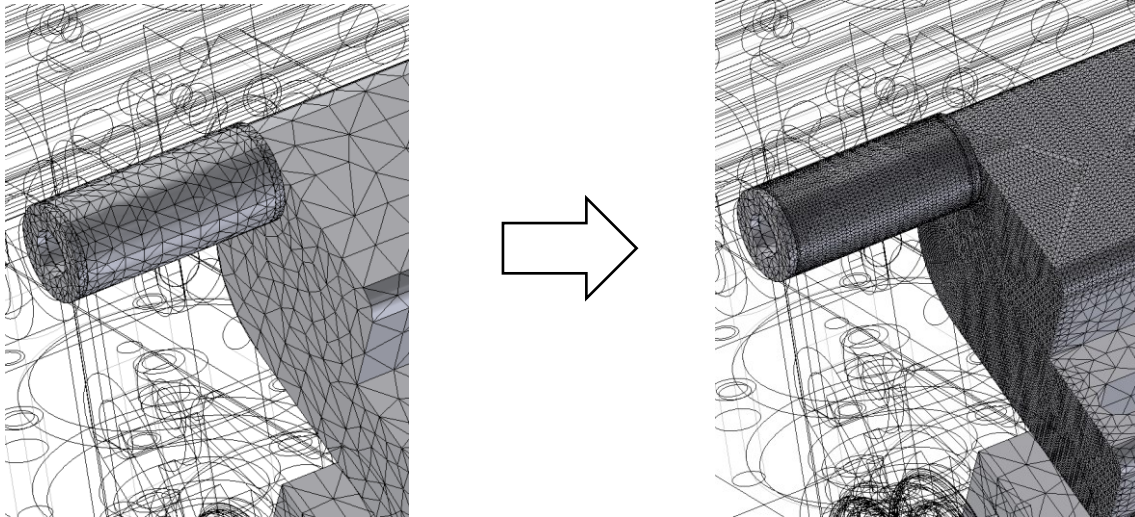
**Figura 4.34:** Prima risoluzione dell'analisi di sollecitazione

Bisognerà però verificare la tensione sull'elemento a contatto con la rondella, questo perché in quel punto vi è a contatto un elemento avente una tensione ammissibile più bassa (130 [Mpa] riferita all'alluminio 6082 T6 Anticorodal),

Bisogna però tenere in considerazione il fatto di avere vite passante che andrà ad avvistarsi all'interno dell'elemento **1**, ciò mi fornirà maggiore solidità e un abbassamento delle tensioni. una delle viti più comuni che si trova in commercio appartiene alla classe 8.8 avente le seguenti tensioni di snervamento e rottura:  $\sigma_{P0,2} = 640$  [MPa],  $\sigma_R = 800$ [MPa].



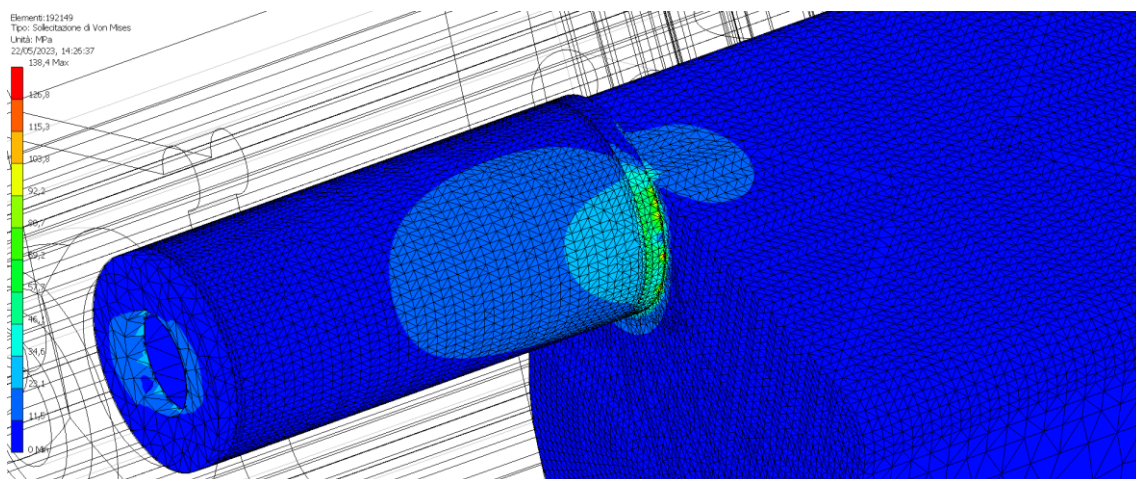
Per prima cosa, siccome la zona in cui si concentrano le tensioni è piccola ed abbiamo pochi elementi, andiamo localmente ad infittire il mesh in modo da avere un risultato più accurato (fig. 4.35):



**Figura 4.35:** Infittimento locale della mesh

Ora avendo un maggior numero di elementi nella zona di interesse si ottiene un risultato più accurato, quindi, andiamo a rifare l'analisi e valutiamo nuovamente le tensioni agenti in quella zona.

Si riscontra un aumento di tensione massima che da 135,8 [MPa] diventa 138,4 [MPa] (fig. 4.36):



**Figura 4.36:** Seconda risoluzione dell'analisi di sollecitazione con mesh localmente infittita



Ipotizzando un contatto perfetto tra i due componenti (rondella ed elemento 1) si avrà che la tensione nel punto di contatto sarà la stessa per entrambi gli elementi, questo comportamento è noto come principio di trasmissione delle tensioni.

Inoltre, considerando che sarà presente anche una vite, ciò mi causerà una diminuzione delle tensioni, quindi, siccome siamo molto vicini ad una condizione verificata, possiamo considerare questa soluzione tecnica in campo di sicurezza e quindi procedere con le successive modifiche da apportare alla nastratrice.

## 4.6 - Soluzione tecnica per il perno di movimentazione dei flap e adattamento delle lamiere centrali

In questa fase si stabilisce il nuovo posizionamento dei flap in modo da poter chiudere le ultime due falde del cartone sovrapposto, si avrà la necessità di poter variare il posizionamento di uno dei due elementi in bachelite (quello sinistro rispetto al senso di ingresso del cartone), inoltre i flap non devono essere un ostacolo per il posizionamento delle lamiere lungo la loro direzione orizzontale.

Per ottenere una comprensione più chiara riguardo agli elementi da variare, viene riportata un'immagine in cui si evidenziano le componenti della nastratrice in esame. (fig. 4.37):

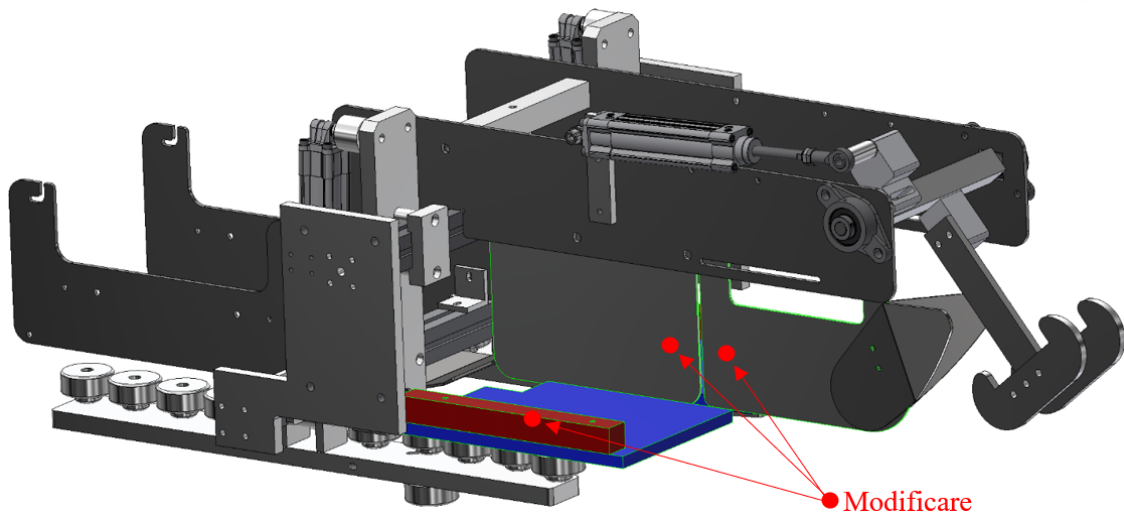
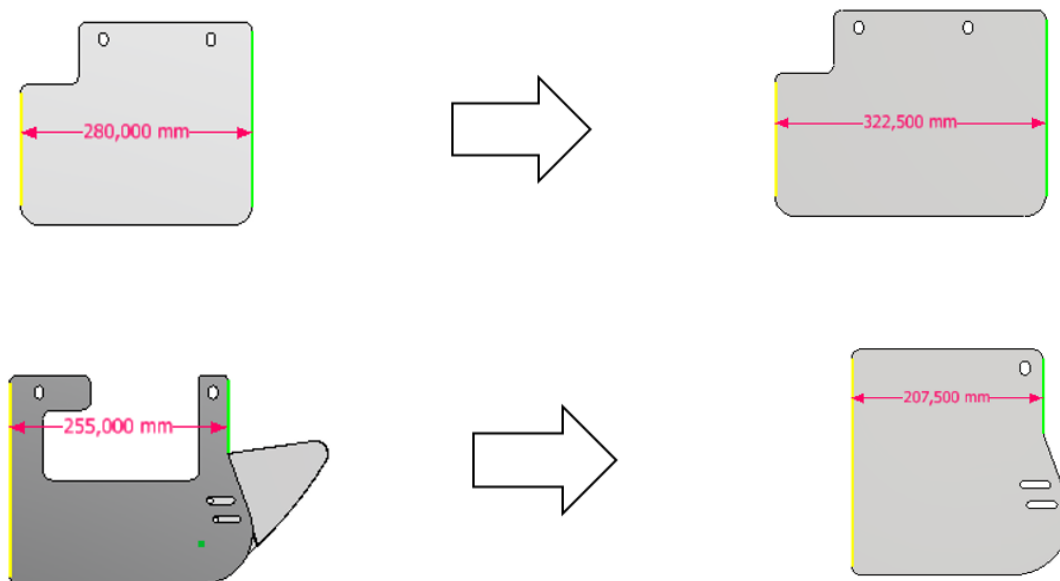


Figura 4.37: Elementi da modificare

Come step iniziale andiamo a variare le dimensioni delle lamiere in modo che non vadano a collidere con i flap, siccome esse si inseriscono per quasi tutto il loro spessore (14 [mm]), si è deciso di modificare in maniera preliminare le lamiere in questo modo (fig. 4.38):



**Figura 4.38:** Variazione delle dimensioni riguardanti le lamiere centrali

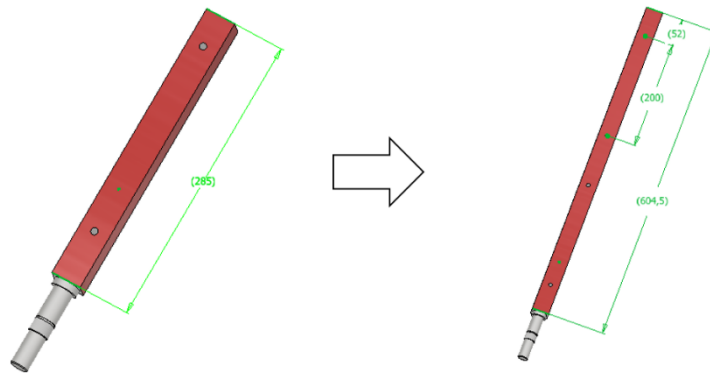
Si è andati a rimuovere lo scanso in cui viene posizionata la pistola per la colla, questo perché andremo a considerarla in un secondo momento.

Ora con queste nuove dimensioni, il movimento orizzontale delle lamiere è libero, i flap non sono più d'intralcio, si è mantenuta una quota di 5 [mm] di spazio tra lamiera e flap (per ognuna), avendo così un totale di 10 [mm] di distanza.

A questo punto ci resta da spostare il flap, siccome esso non può essere modificato, andremo ad agire sul braccio su cui è vincolato.

La prima modifica che viene in mente è quella di andare ad allungare l'elemento, andando poi ad aggiungere due fori in modo da creare un nuovo posizionamento (avanzato verso l'ingresso del cartone) per il flap di sinistra rispetto alla direzione di ingresso cartone.

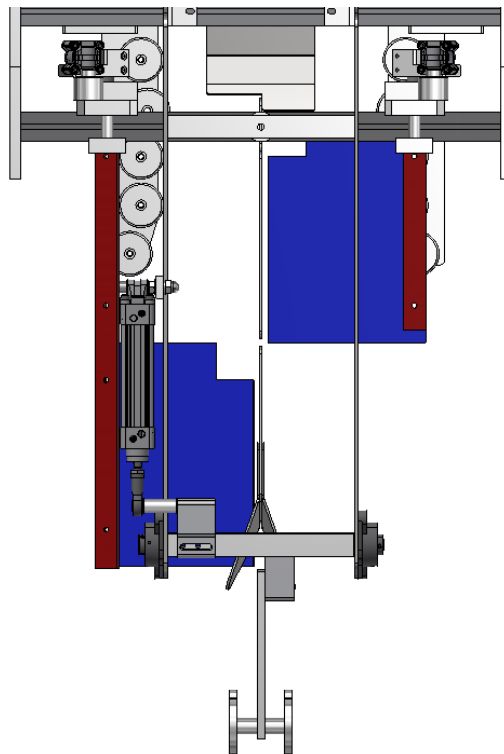
Passeremo da una misura di 285 ad una misura di 604.5 (fig. 4.39):



**Figura 4.39:** Modifica perno di movimentazione appartenente al flap sinistro

Abbiamo considerato le modifiche necessarie tenendo in considerazione le dimensioni estreme del cartone a falde sovrapposte, sia il massimo che il minimo da produrre. Questo perché la lamiera centrale anteriore, situata più vicino all'entrata del cartone, deve avere una lunghezza adeguata affinché il cartone possa raggiungere la posizione in cui il pendolo chiude la seconda falda del lato stretto senza che la scatola vada al di sotto della lamiera posteriore. In questo modo, è possibile piegare la prima falda del lato lungo mantenendosi nella zona della lamiera anteriore senza interferire con quella posteriore.

Otteniamo la seguente situazione (fig. 4.40):

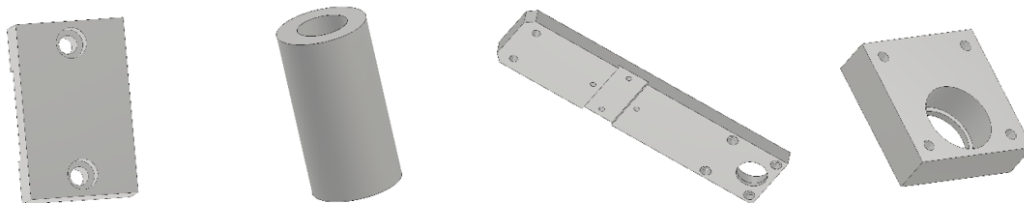


**Figura 4.40:** Situazione dopo le variazioni delle lamiere centrali traslanti e del perno appartenente al flap sinistro

Il perno che permette la rotazione del flap è composto da Fe37, questo materiale ha un peso specifico molto elevato, si parla di circa  $7900 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$ . Per questo motivo prima della modifica (aumento della sua lunghezza) il componente aveva già un peso notevole, esattamente  $2 \text{ [Kg]}$ , successivamente, mediante software siamo andati a ricavare il nuovo valore, siccome abbiamo allungato il componente di quasi il doppio rispetto alla quota di partenza, si ha avuto un aumento di peso di  $2 \text{ [Kg]}$ , ottenendo così un valore totale di  $4 \text{ [Kg]}$ . Essendo vincolato solamente da un lato e siccome risulta essere un componente molto pesante e lungo, il fatto che sia a sbalzo mi crea sicuramente dei problemi flessionali e di vibrazione durante il funzionamento, come fatto in precedenza per altri elementi andiamo a valutare mediante analisi agli elementi finiti cosa accade al sistema.

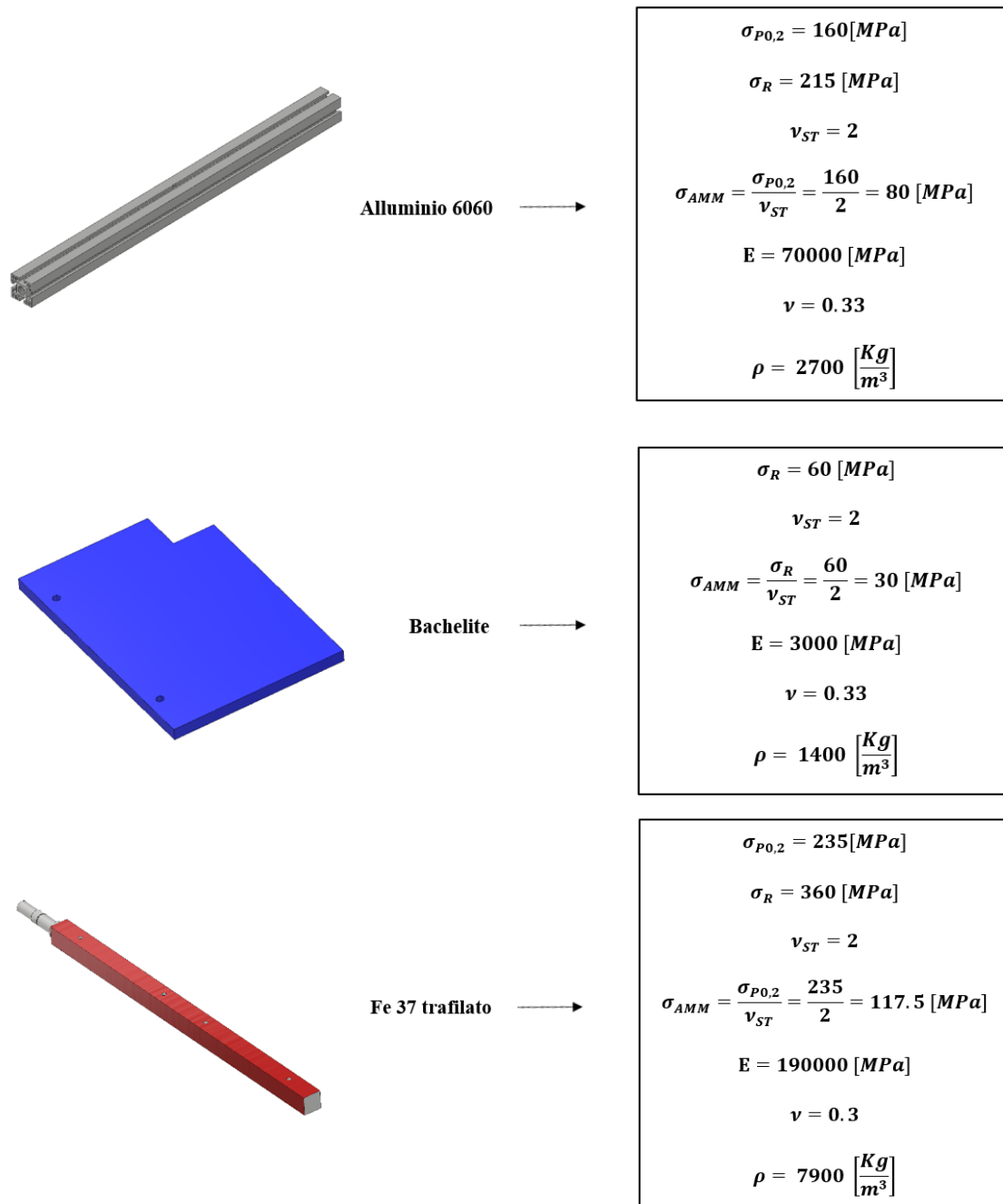
A noi interessa capire cosa accade a questo elemento quando agisce l'effetto della sola forza di gravità, si suppone una flessione dovuta all'eccessivo peso del componente stesso e probabilmente anche una tensione eccessiva sui cuscinetti (quest'ultima non siamo in grado di ricavarla in maniera precisa).

Di seguito vengono riportati i materiali dei vari elementi sottoposti ad analisi tensionale (fig. 4.41), esclusi i cuscinetti siccome non riusciamo a modellarli correttamente, utilizzeremo un vincolo di contatto per simularne la presenza e ovviare al fatto che non siano presenti nel sistema considerato.



Alluminio 6082 T6 (Anticorodal)

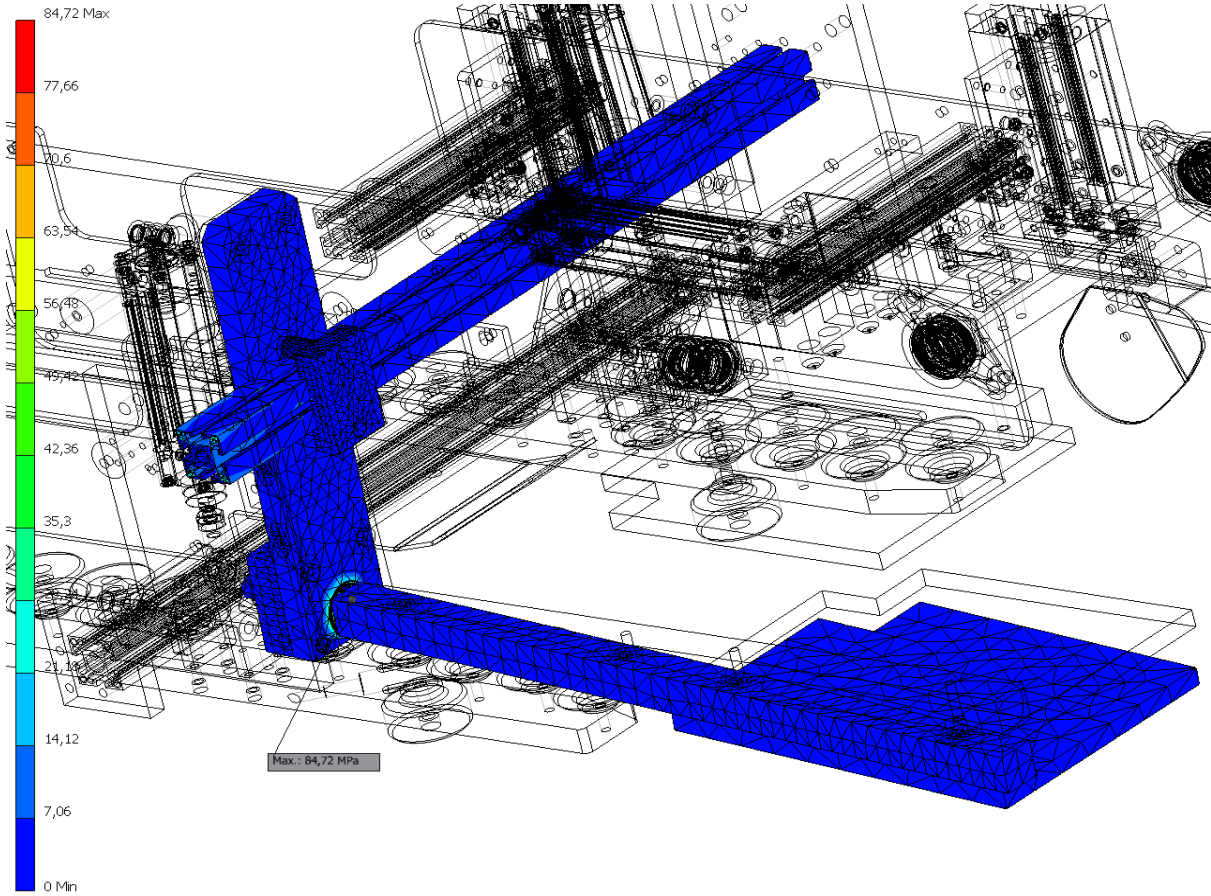
$$\begin{aligned} \sigma_{P0,2} &= 260 \text{ [MPa]} \\ \sigma_R &= 310 \text{ [MPa]} \\ \nu_{ST} &= 2 \\ \sigma_{AMM} &= \frac{\sigma_{P0,2}}{\nu_{ST}} = \frac{260}{2} = 130 \text{ [MPa]} \\ E &= 70000 \text{ [MPa]} \\ \nu &= 0.33 \\ \rho &= 2700 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$



**Figura 4.41:** Caratteristiche fisiche e meccaniche principali dei componenti

Ora possiamo andare a effettuare l'analisi agli elementi finiti e andare a verificare cosa accade sotto l'effetto della sola forza di gravità (fig. 4.42):

### TENSIONE EQUIVALENTE VM



### SPOSTAMENTO IN Y

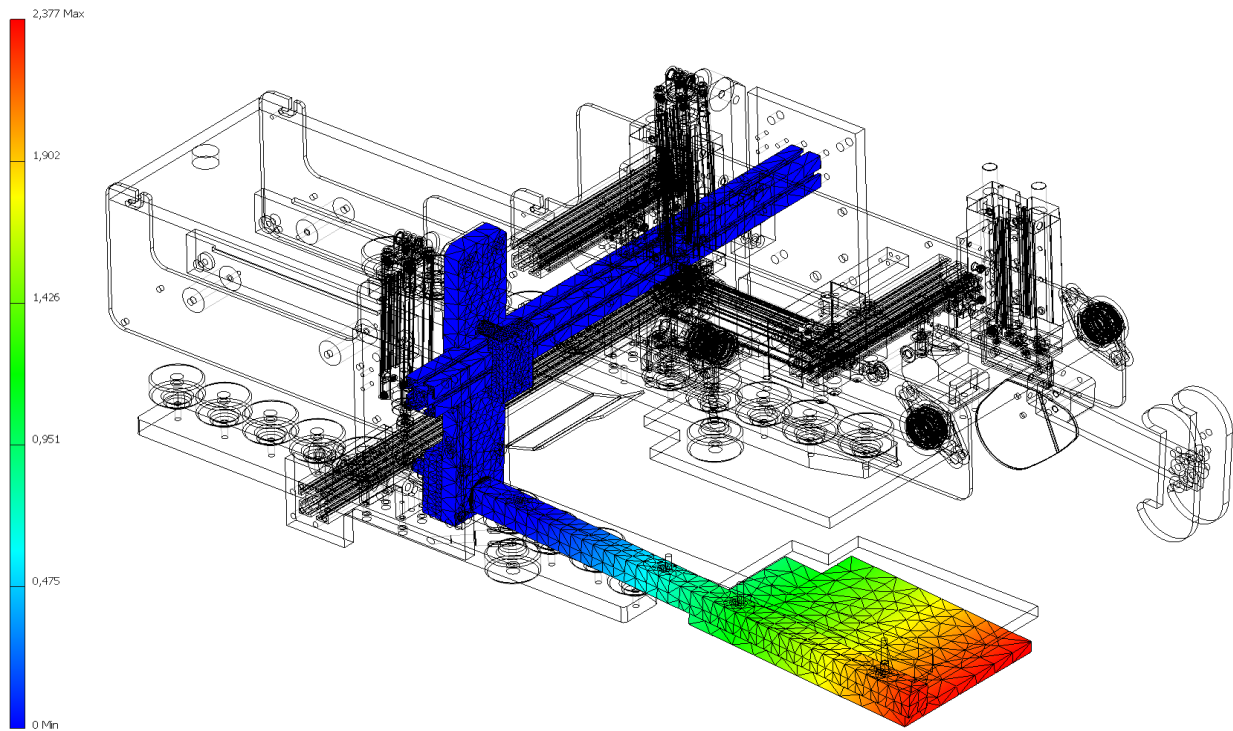


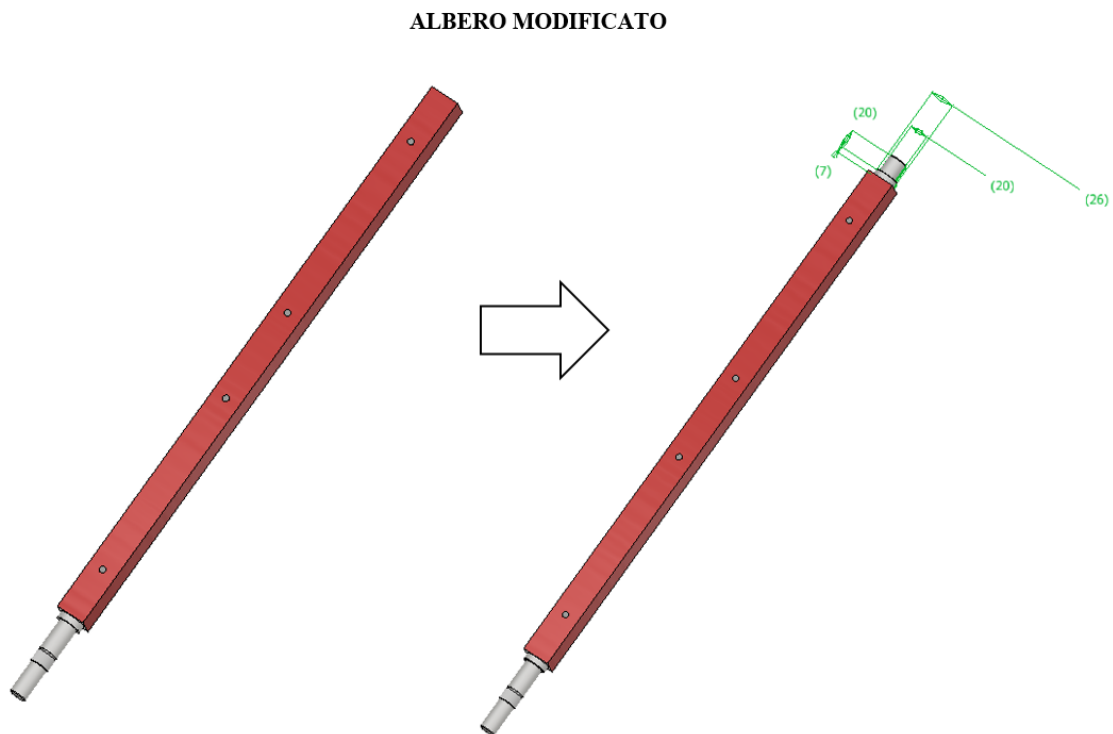
Figure 4.42: Risultati tensionali e di spostamento

Si raggiunge una tensione massima di 84,72 [MPa] nella zona della sede del cuscinetto, con un conseguente spostamento verticale massimo di 2,37 [mm] nella parte più esterna.

Questa condizione non è favorevole per un funzionamento ottimale, si corre il rischio di avere oscillazioni elevate durante il normale funzionamento, inoltre, il fissaggio a sbalzo rende il sistema poco rigido.

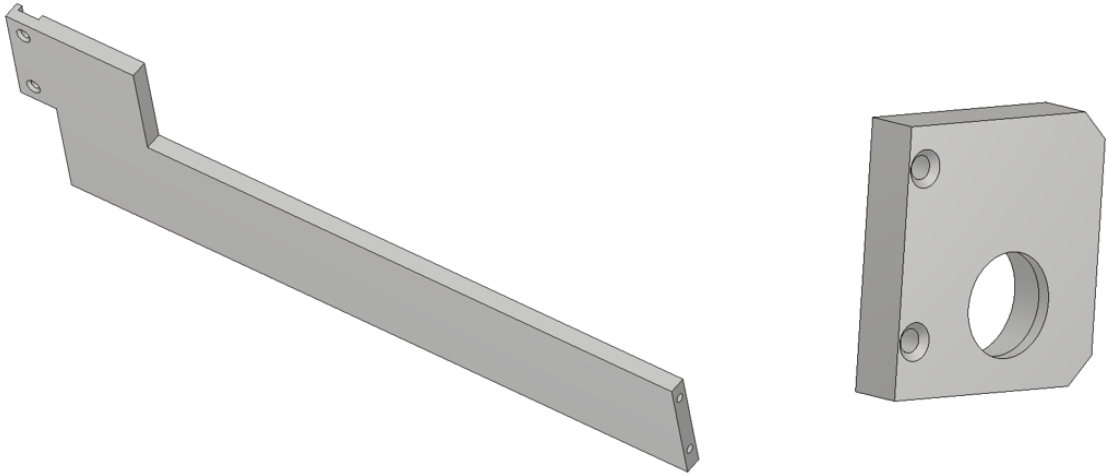
Per ovviare a questo problema, si è andati a modificare il perno di movimentazione del flap nella parte finale, aggiungendo una lavorazione al tornio che permette di ottenere una superficie cilindrica di diametro 20 [mm] su cui montare un cuscinetto, questa soluzione tecnica è stata adottata per poter creare una struttura che mantenga il perno di movimentazione del flap nella parte a sbalzo, ottenendo così un albero.

Successivamente andiamo a riportare le variazioni che sono state apportate all'elemento, gli elementi creati per sostenere il l'albero e la struttura finale assemblata sulla macchina (fig. 4.43):

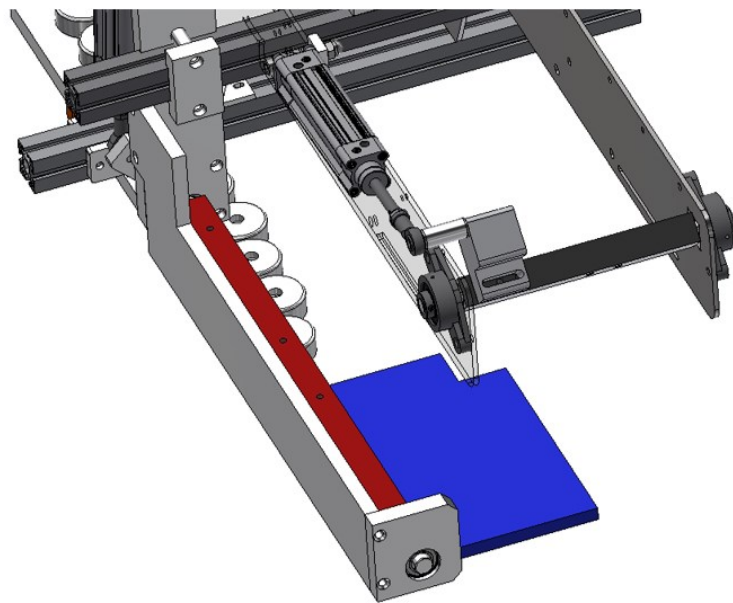




### NUOVI COMPONENTI



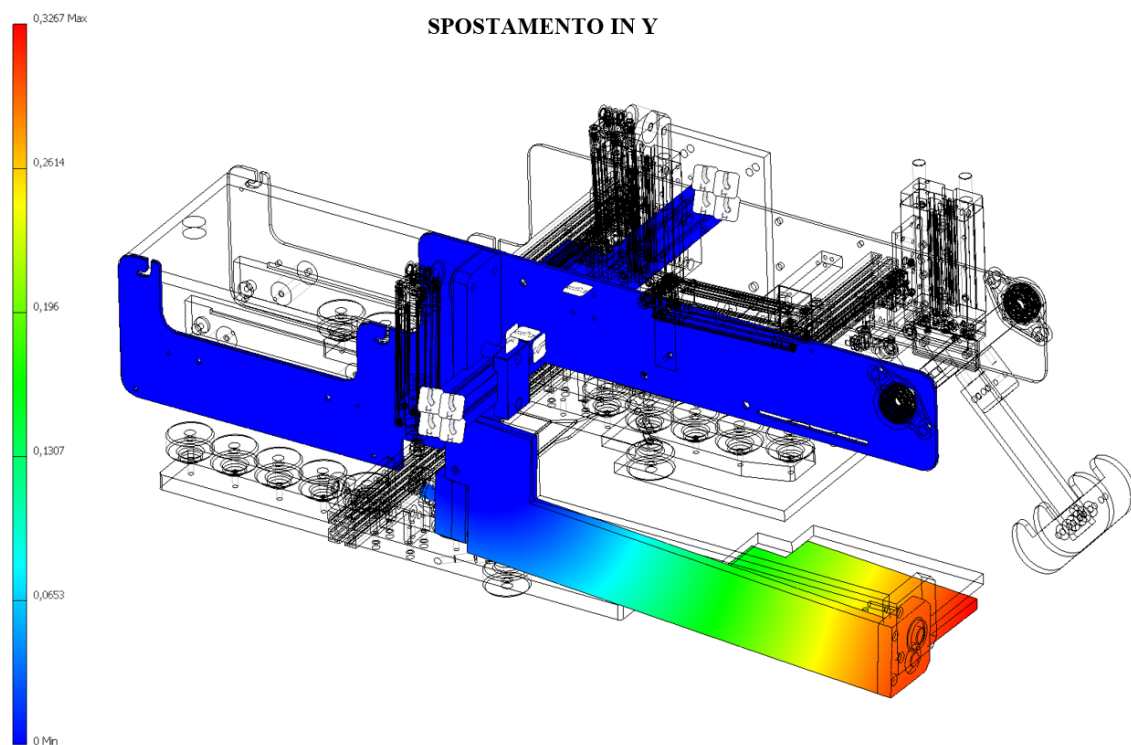
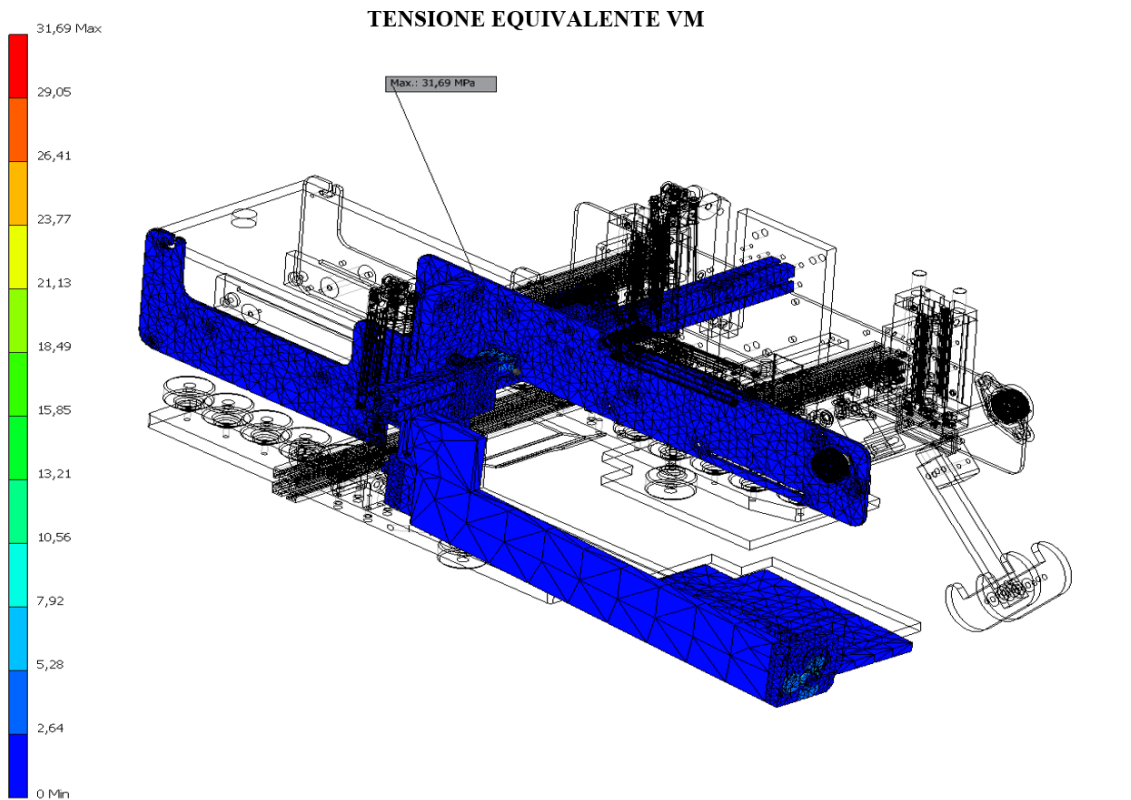
### NONTAGGIO SULLA STRUTTURA



**Figure 4.43:** Modifiche e nuovi componenti per la movimentazione del flap

A questo punto non ci resta che ripetere l'analisi e valutare quali sono le differenze, in termini tensionali e di spostamento, tra la vecchia struttura e quella nuova.

riportiamo di seguito i risultati della nuova analisi (fig. 4.44), successivamente andremo a confrontarli con l'analisi precedente effettuando una valutazione per capire se sia necessario o meno applicare ulteriori modifiche agli elementi.



**Figure 4.44:** Analisi effettuata dopo la modifica

Dai risultati è chiaro il netto miglioramento che si è ottenuto andando a creare la struttura di supporto, non avendo più il componente a sbalzo (quindi sostenuto da entrambi gli estremi), siamo passati da una tensione di 84,72 [MPa] a 31.96 [MPa] mentre in termini di spostamento siamo passati da 2.37 [mm] a 0.367 [mm].

Questi risultati sono molto soddisfacenti, e per questo motivo la possiamo considerare come una modifica definitiva che non ha bisogno di ulteriori approfondimenti in questa fase del progetto.

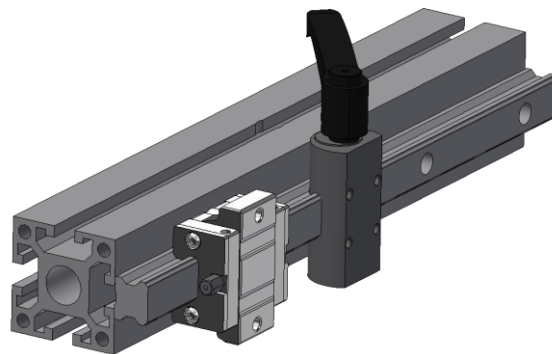
## **5 - Sviluppo della movimentazione manuale e pneumatica delle lamiere interne**

### **5.1 - Lamiera centrale posteriore (posizionata verso l'uscita delle scatole di cartone)**

Per il posizionamento delle lamiere centrali nella loro direzione orizzontale, si utilizza un profilo KANIA in alluminio 6060, su cui verrà montata una rotaia e due pattini di scorrimento lineari, uno di questi ha il compito di bloccare il sistema nella posizione di interesse mediante maniglia girevole.

La lunghezza del profilo deve essere pari alla distanza presente tra le due lamiere che sostengono parte del sistema di chiusura delle falde del cartone, la quota è pari a 250 [mm].

Si riporta di seguito un'immagine che rappresenta il sistema appena descritto (fig. 5.1):



**Figure 5.1:** Sistema di movimentazione orizzontale della lamiera centrale posteriore

I due pattini in figura devono essere collegati tra loro mediante una piastra, in modo da essere solidali. Prima di definire la distanza tra i due pattini, bisogna valutare l'ingombro durante lo spostamento, perché la lamiera montata in questo sistema deve essere in grado di posizionarsi al centro del sistema e all'estremità del cartone a falde sovrapposte più grande (di larghezza 200 [mm]).

In sostanza, la corsa sfruttabile orizzontalmente deve essere circa di 100 [mm] dalla mezzeria della nastratrice, se fosse poco meno, andrebbe bene lo stesso siccome la lamiera verrebbe posizionata circa 20 [mm] sopra il cartone (fig. 5.2):

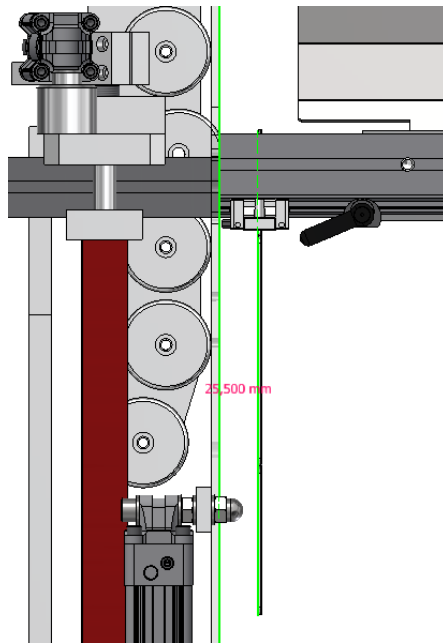
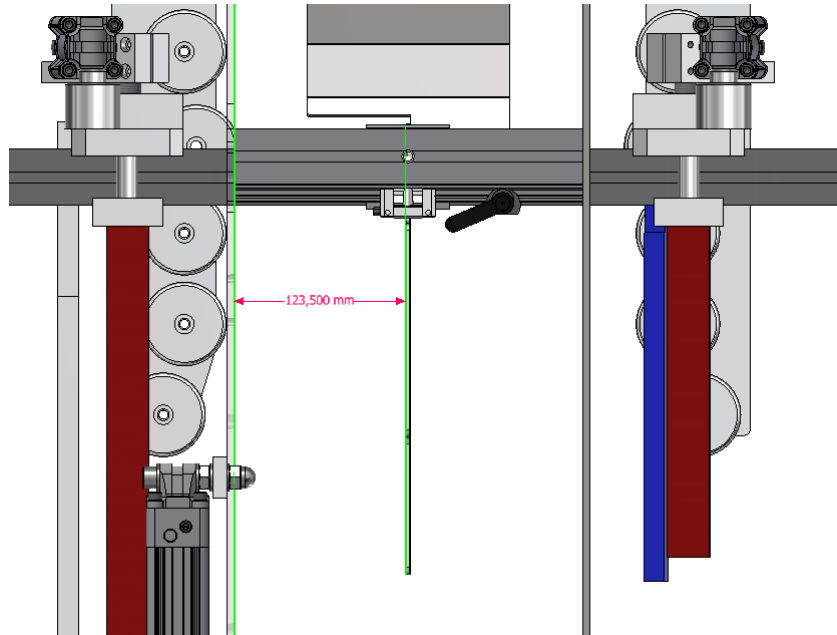


Figure 5.2: verifica della corsa orizzontale della lamiera

Con la lamiera posta centralmente rispetto al pattino di scorrimento senza blocco manuale, la corsa sfruttabile è di 98 [mm].

Questa corsa va bene per la chiusura della scatola di cartone a falde sovrapposte più grande; quindi, è possibile mantenere la lamiera centrata rispetto al pattino senza blocco.

Per quanto riguarda invece il pattino con il blocco, il margine è abbondante (siccome la lamiera si deve posizionare in centro), quindi si distanziano e si rendono solidali i due pattini di scorrimento mediante una piastra in alluminio (fig. 5.3):



**Figure 5.3:** Creazione della piastra di fissaggio per i due pattini di scorrimento lineare

Una volta fatto questo, bisogna capire quale sia cilindro pneumatico più adatto per effettuare la movimentazione verticale della lamiera, facendo delle rilevazioni sul campione fisico di cartone mediante un calibro, si è andati a capire quale corsa fosse il miglior compromesso tra dimensioni dell'attuatore pneumatico e spostamento della lamiera (la lamiera deve poter salire abbastanza da far passare l'ultima falda del cartone senza creare impedimenti durante la piegatura) (fig. 5.4):



**Figure 5.4:** Rilevazioni sulla scatola di cartone a falde sovrapposte

Dopo varie misurazioni e valutazioni, sono arrivato a scegliere una corsa del cilindro pari a 100 [mm].

Questa scelta è stata presa in funzione agli ingombri della macchina (il cilindro non può sporgere eccessivamente dalla struttura della nastratrice); inoltre, con una corsa come quella scelta, si ha la possibilità di sfruttare circa 28 [mm] di sovrapposizione della lamiera sul cartone, ottenendo che, una volta alzata nella sua posizione più elevata, sarà possibile chiudere la falda senza collisioni.

Siccome la lamiera verrà vincolata direttamente sull'attuatore pneumatico, si ha la necessità di scegliere un cilindro con guide di scorrimento: ciò permette alla lamiera di

non avere il grado di libertà di rotazione e quindi di restare sempre nella stessa posizione angolare.

Di seguito riportiamo l'attuatore pneumatico scelto (fig. 5.5):



**Figure 5.5:** Attuatore pneumatico con guide di scorrimento FESTO

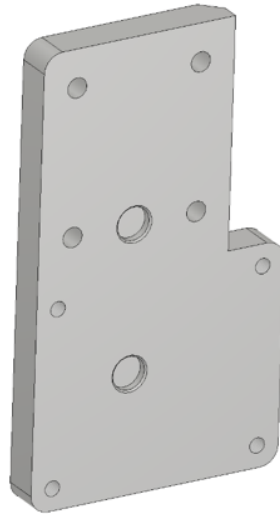
Questo elemento verrà collegato al sistema di pattini creato precedentemente mediante una piastra, si utilizzano i fori posti lungo il lato stretto del cilindro, per fare questo sarà necessario anche aggiungere dei fori sul componente creato precedentemente.

Per scegliere la posizione corretta in termini di altezza, per poi sagomare la piastra centrale traslante, si ha la necessità di valutare gli ingombri e gli spazi nella struttura complessiva (CFS 400). Dopo aver effettuato tutte le misurazioni necessarie, si procede con la modellazione dei componenti, seguita dall'assemblaggio completo. Infine, si effettua una verifica sull'insieme complessivo al fine di garantire il rispetto degli ingombri e per individuare eventuali interferenze che potrebbero non essere state rilevate durante la misurazione delle diverse dimensioni. La piastra in esame in questa prima fase sarà quella centrale posta verso l'uscita dei cartoni (fine del processo di chiusura), una volta sistemata e valutato che sia una movimentazione valida e attuabile, andremo a replicare questo sistema e le verifiche anche per l'altra piastra traslante (quella a ingresso cartoni).

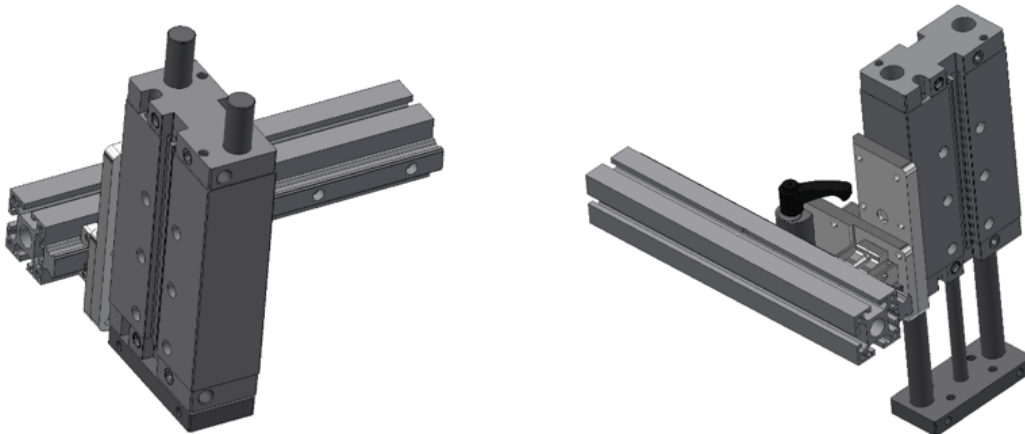
Dopo un'attenta analisi della struttura, si è andati a creare la piastra di supporto del cilindro pneumatico, successivamente i fori sul sistema di pattini per ancorare le due piastre. Con delle immagini si va a mostrare quello che è stato fatto fino al montaggio del cilindro sul gruppo di movimentazione orizzontale manuale (fig. 5.6):



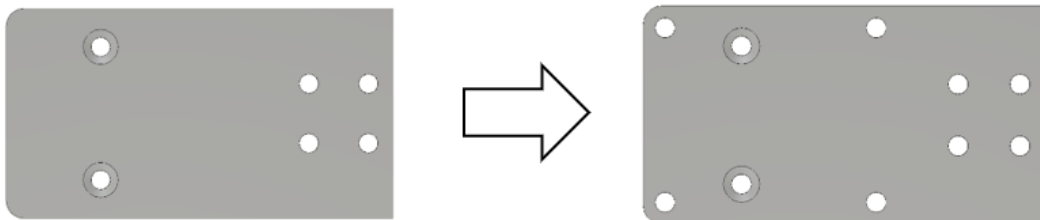
**PIASTRA DI SUPPORTO CILINDRO**



**MONTAGGIO DELL'ATTUATORE PNEUMATICO SULL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE**



**AGGIUNTA FORI ALLA PIASTRA DEL SISTEMA DI PATTINI**



**Figure 5.6:** Creazione componenti e montaggio attuatore pneumatico sul sistema di pattini

Avendo creato tutto ciò che serve per la movimentazione della lamiera traslante posteriore (uscita cartoni), è ora necessario andare a posizionare questo sistema all'interno della nastratrice in modo strategico, presente gli ingombri della pistola che spruzza la colla. Conviene, a questo punto, andare a inserire la pistola per avere un'idea precisa degli spazi disponibili, per fare questo bisognerà andare a modificare l'elemento su cui è fissata la pistola spruzza colla, basterà allungare l'elemento in modo da raggiungere la quota desiderata (250 [mm]).

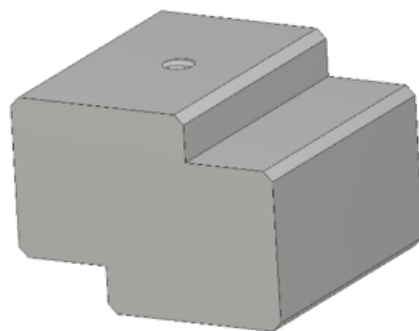
Non abbiamo vincoli di altezza, la pistola può essere inserita alla distanza che si desidera dalla scatola di cartone, andiamo ora a modificare l'elemento, e assemblare il tutto sulla nastratrice (fig. 5.7).

Per poter assemblare sulla nastratrice il sistema di movimentazione, si è visto che è necessario creare uno spessore tra la struttura della nastratrice e la guida su cui è montato il cilindro pneumatico.

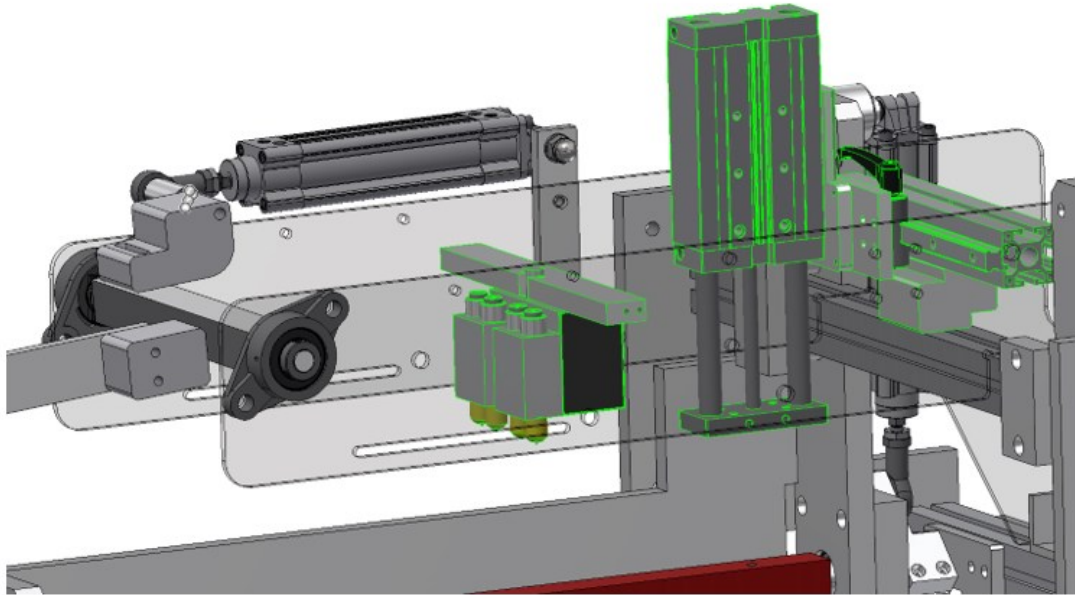
#### **SOSTEGNO PISTOLA COLLA**



#### **SPESSORE PER IL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE**



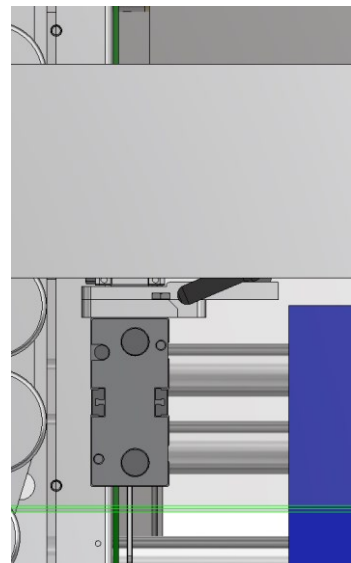
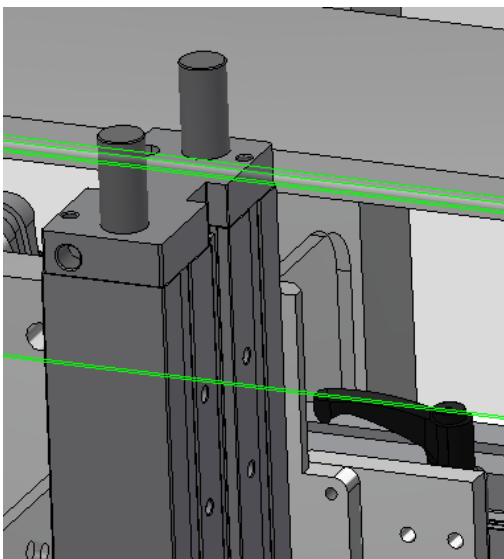
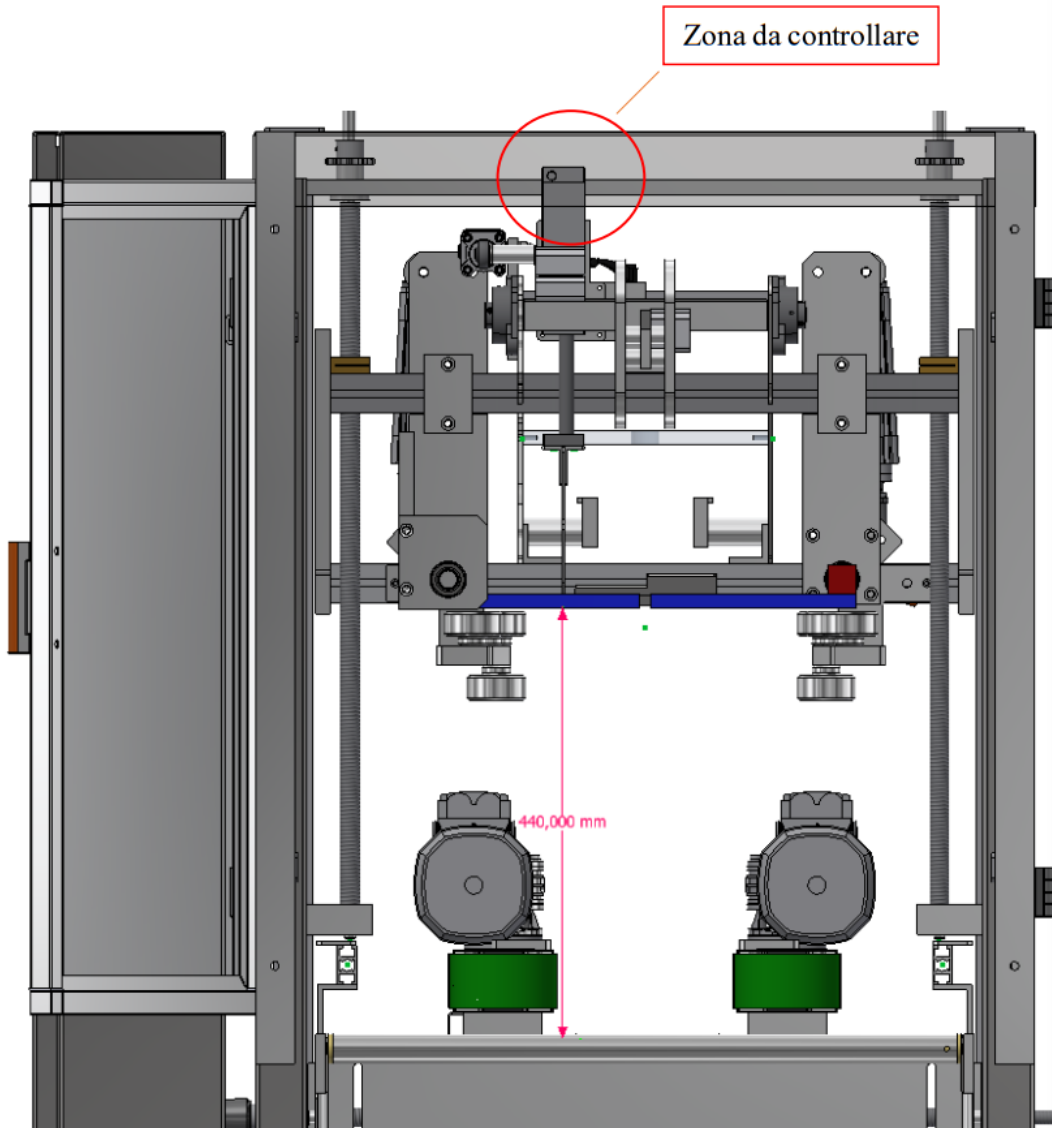
## MONTAGGIO SULLA NASTRATRICE DEL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE E SISTEMA A COLA

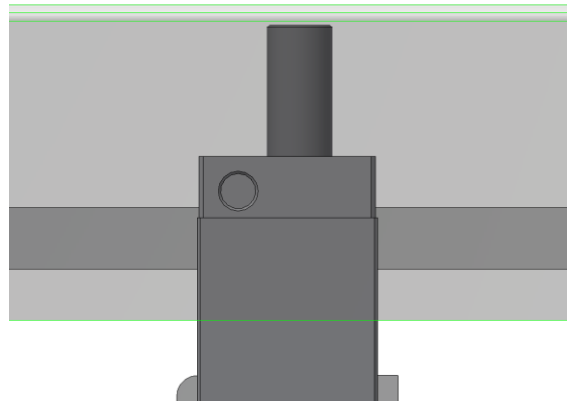


**Figure 5.7:** Creazione componenti, montaggio del gruppo colla e del gruppo di movimentazione sulla nastro

Avendo ora posizionato tutto correttamente sulla nastro, bisogna andare a verificare che il cilindro traslante (siccome molto alto), non vada a collidere con la struttura della CFS 400, quindi, considerando la scatola di cartone con l'ingombro più elevato in termini di altezza (cartone americano da 400 [mm]).

Prima di effettuare le modifiche e il posizionamento dei vari elementi, si erano andate a rilevare tutte le misure, per questo motivo non ci dovrebbero essere criticità (fig. 5.8):

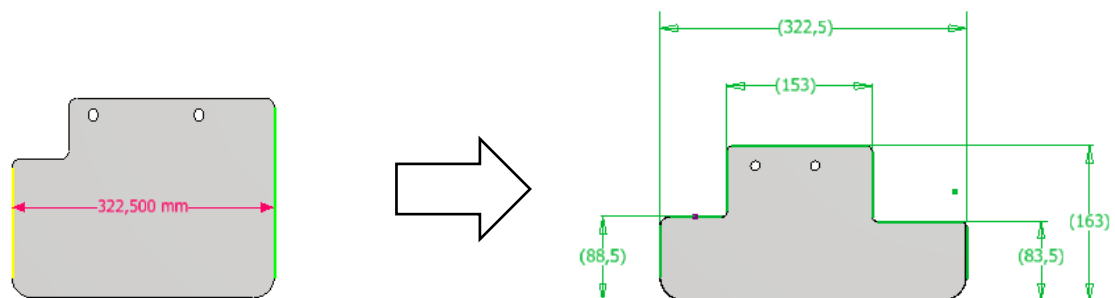




**Figure 5.8:** Assemblaggio nastratrice sull'incartonatrice e verifica delle interferenze

L'altezza massima raggiungibile con la nastratrice è di 440 [mm], quindi siamo tranquillamente in grado di produrre il cartone americano da 400 [mm] di altezza. Possiamo confermare il posizionamento degli elementi creati fino ad ora, questa decisione è stata presa considerando anche i condotti per l'aria pneumatica collegati al cilindro pneumatico e quelli necessari al funzionamento della pistola a colla. L'ultimo passo consiste nel sagomare la lamiera in modo da poterla fissare mediante delle piastre alla base dell'attuatore pneumatico e rimuovere il materiale in eccesso. Questo assicura che la lamiera possa muoversi verticalmente senza interferire con gli altri elementi. Inoltre, si considera la possibilità di spostare la colla avanti e indietro utilizzando un'asola sulle lamiera su cui è ancorata, il che richiederà ulteriori lavori di rimozione del materiale dalla lamiera.

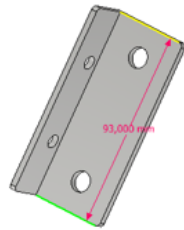
Riportiamo di seguito le modifiche apportate (fig. 5.9):



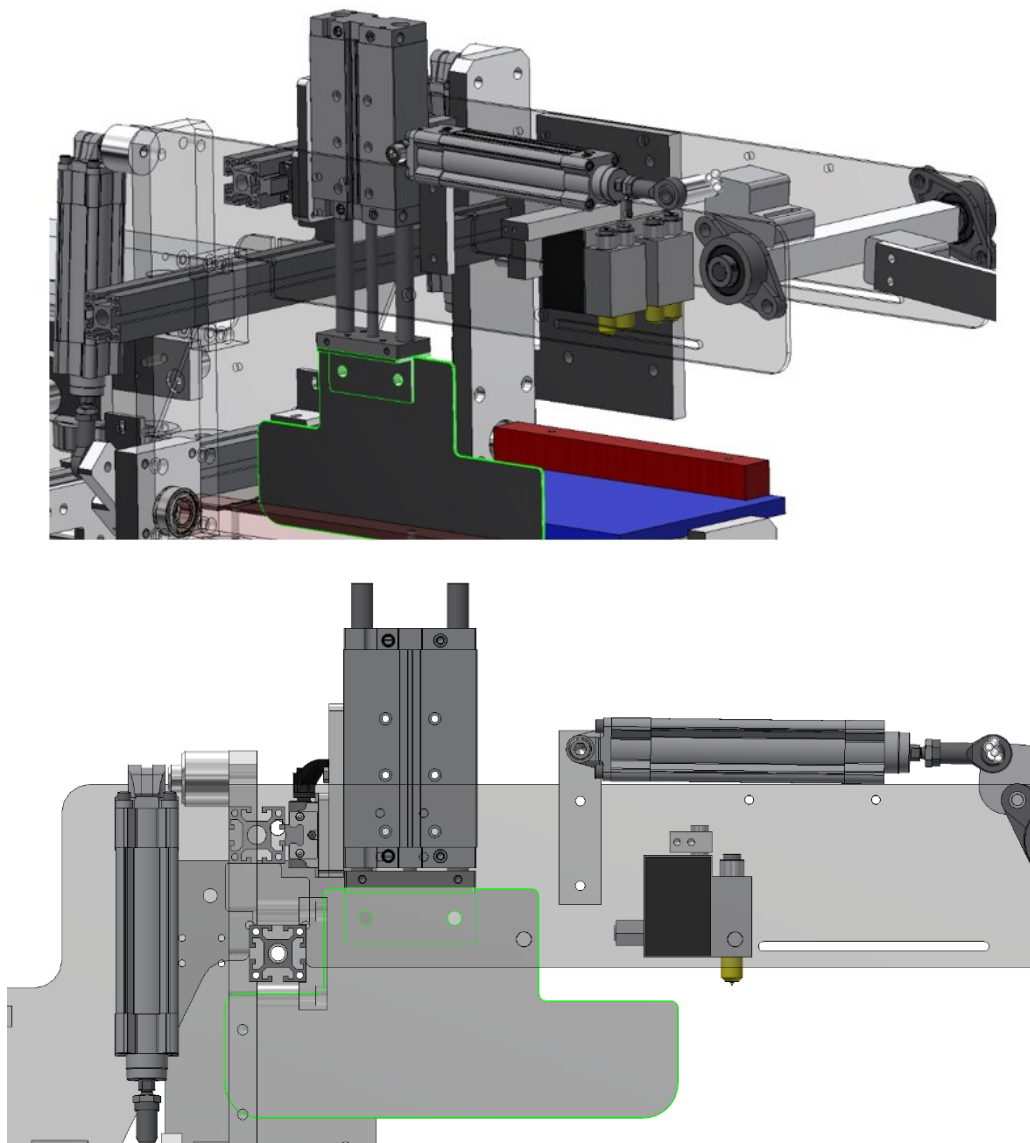
**Figure 5.9:** Modifica sulla lamiera centrale posteriore (lamiera verso l'uscita dei cartoni)

Ora si creano le staffe a L di fissaggio lamiera-cilindro e si assembla il tutto nell'assieme della nastratrice, completando così la parte posteriore (fig. 5.10):

#### STAFFE A L



#### RISULTATO FINALE DEL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE LAMIERA DI USCITA CARTONI



**Figure 5.10:** Creazione staffe a L di fissaggio e montaggio lamiera sulla nastratrice

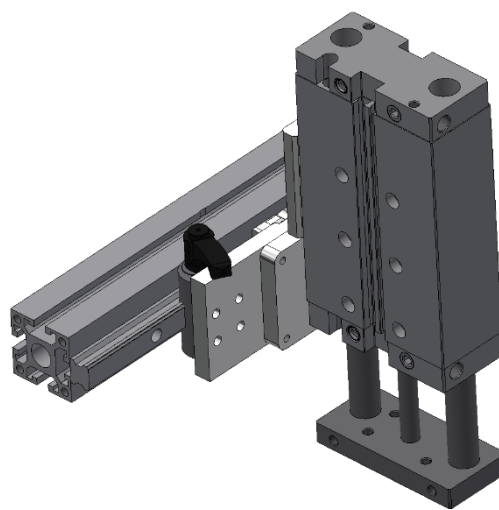
## 5.2 - Lamiera centrale anteriore (posizionata verso l'entrata della scatola di cartone)

Ora è possibile passare alla movimentazione della lamiera anteriore, dove si replica lo stesso sistema di movimentazione creato in precedenza, cercando di utilizzare, se possibile, gli stessi componenti, in modo da ridurre la creazione di nuovi codici di magazzino.

Rispetto al sistema utilizzato per la lamiera posteriore si andranno ad effettuare modifiche solamente nel caso si abbiano collisioni o ci si trovi in una situazione sfavorevole per quanto riguarda lo spazio disponibile all'interno della nastratrice.

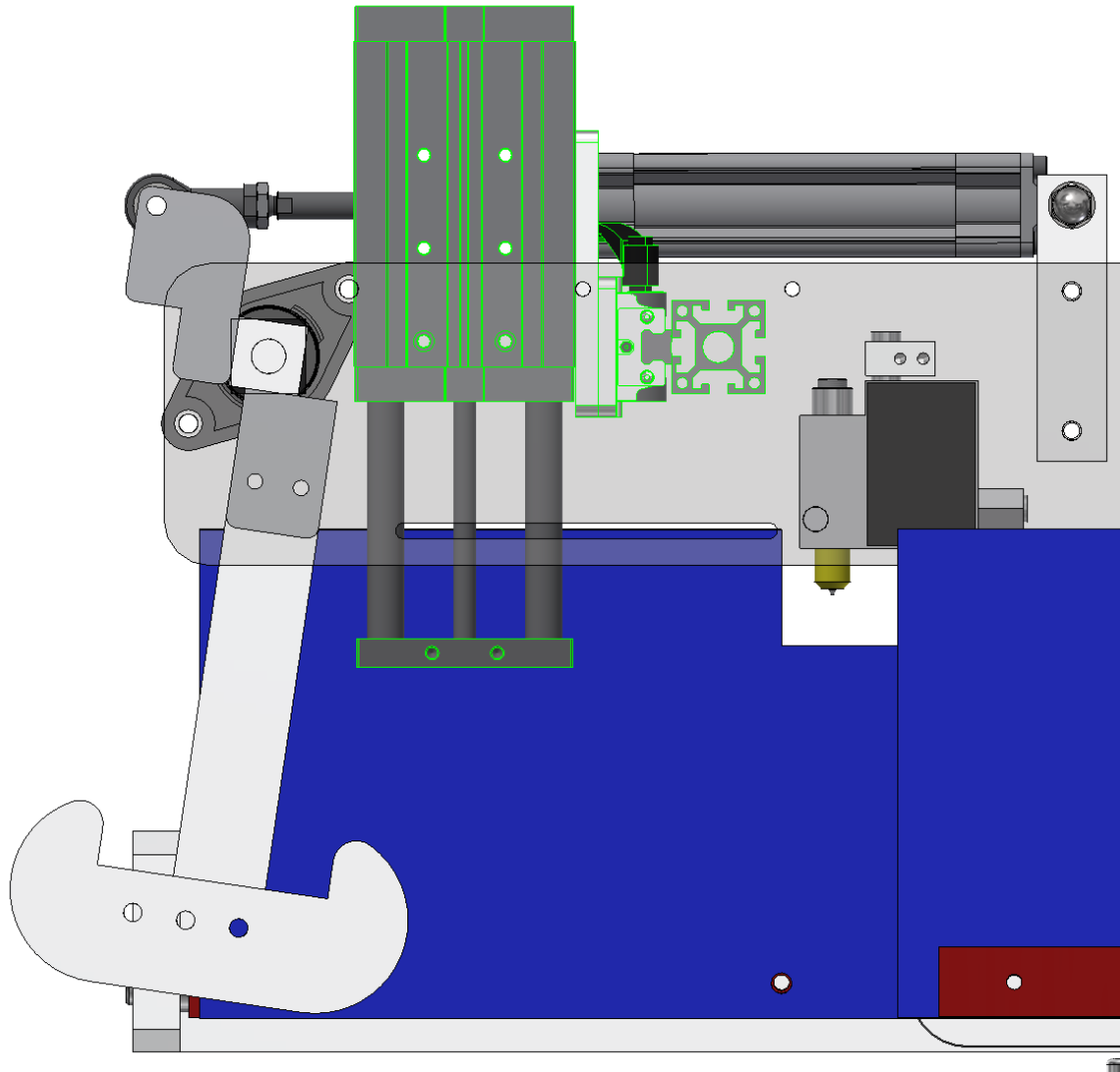
Come fatto precedentemente sulla struttura principale (CFS 400), si vanno a eseguire delle rilevazioni via software in modo da capire gli ingombri, ciò permette di apprendere se è possibile mantenere il cilindro pneumatico alla stessa quota di altezza utilizzata per la movimentazione della lamiera posta in uscita dei cartoni.

Dopo un'attenta analisi, si è visto che adottare la stessa altezza del sistema non causa alcuna collisione con la struttura dell'incartonatrice; quindi, possiamo partire con il montaggio del sistema di movimentazione manuale della lamiera anteriore (fig. 5.11), l'unica differenza consiste nel fatto che il movimento orizzontale dovrà essere eseguito in direzione opposta rispetto al centro (verso destra), questo comporta di dover ruotare il sistema composto dai due pattini e dalla piastra che li collega, di 180° senza però dover modificare alcun componente.



**Figure 5.11:** Sistema di movimentazione lamiera anteriore (ingresso del cartone)

Ora si va a inserire il tutto all'interno della nastratrice stando attenti al posizionamento, bisogna prestare attenzione al pendolo che esegue la chiusura della seconda falda piccola del cartone, quando è abbassato non deve collidere con il cilindro (fig. 5.12):



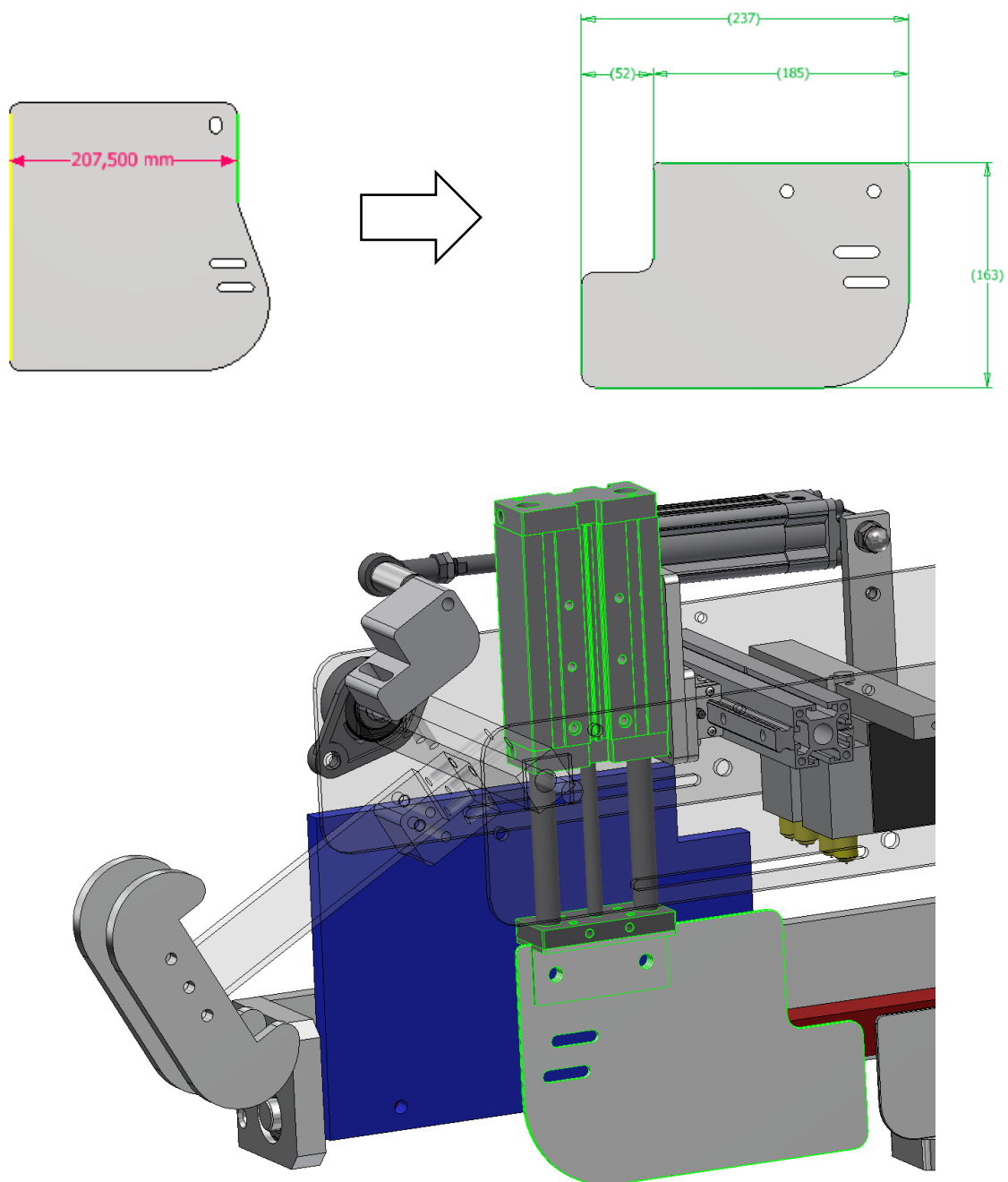
**Figure 5.12:** Posizionamento del secondo sistema di movimentazione manuale (lamiera ingresso cartoni)

A questo punto, esattamente come fatto prima, andremo a sagomare e eliminare il materiale in eccesso sulla lamiera, in modo da permettere il movimento verticale senza collisioni.

Si utilizzeranno le stesse staffe a L per il fissaggio Lamiera-cilindro, sempre per il fatto di limitare la creazione di nuove configurazioni e quindi nuovi elementi che vanno ad aggiungersi alla lista di codici magazzino.

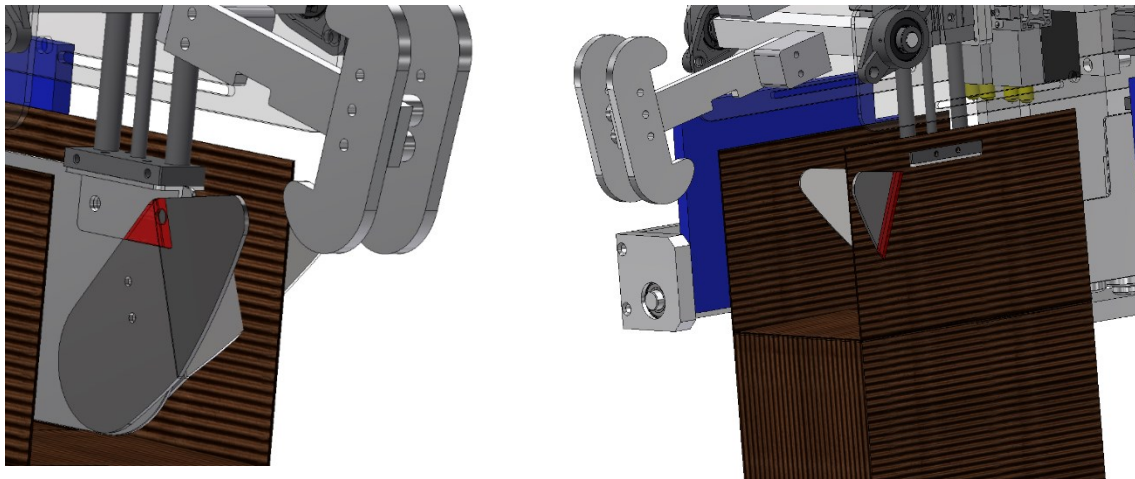


Di seguito riportiamo la modifica eseguita alla lamiera anteriore e il montaggio sulla nastratrice (fig. 5.13):

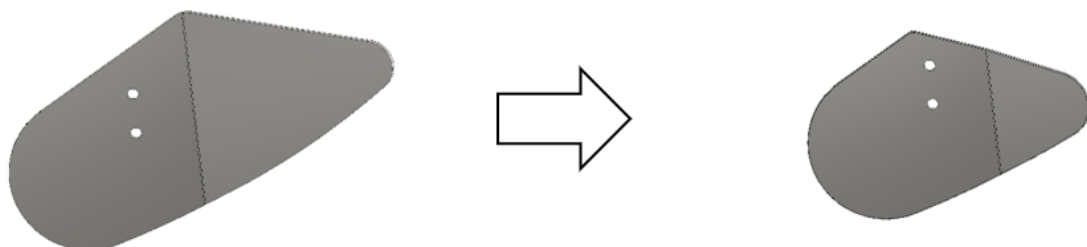


**Figure 5.13:** Sagomatura e assemblaggio della lamiera anteriore (lato ingresso cartoni)

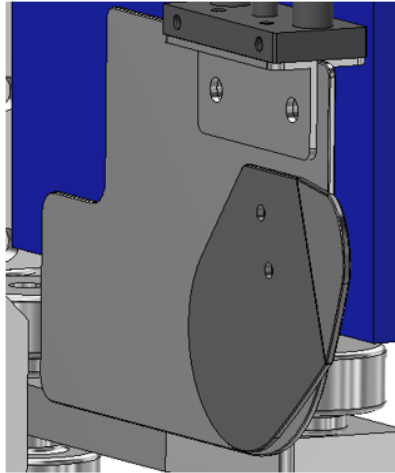
Nella prima fase del processo di chiusura del cartone a falde sovrapposte, la scatola entra con tutte le falde aperte, avendo la necessità di avere la lamiera molto vicina alla falda destra (ultima falda del cartone che verrà chiusa), in questa posizione si hanno alcuni impedimenti che bisognerà risolvere. Un primo problema è dovuto ai due elementi sagomati che invitano la prima falda piccola a chiudersi, dopo le modifiche alla piastra centrale dovute al sistema di posizionamento manuale, queste vanno a collidere con la piastra a L che fissa la lamiera anteriore traslante al cilindro pneumatico, per questo motivo dovremo andare a modificarne le dimensioni, inoltre, uno dei due elementi che invitano la chiusura della prima falda piccola dovrà essere eliminato, siccome costituisce un impedimento durante l'avanzamento del cartone (fig. 5.14):



**MODIFICA ELEMENTI DI INVITO DELLA PRIMA FALDA**



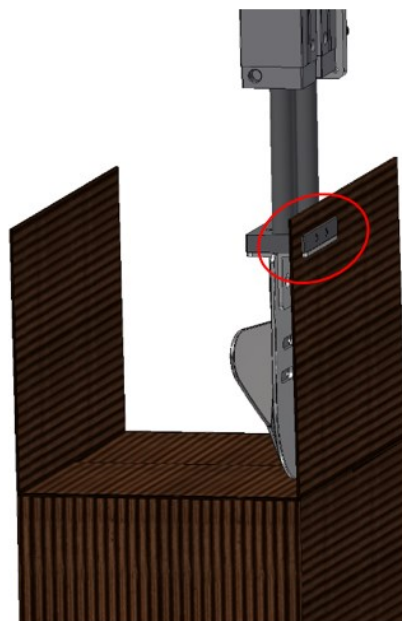
## ELIMINAZIONE DEL'ELEMENTO DI INVITO FALDA DESTRO, MONTAGGIO ELEMENTO MODIFICATO



**Figure 5.14:** Modifica e eliminazione elementi di invito della prima falda della scatola di cartone

Un secondo problema di collisione è causato dalla base del cilindro (dove sono collegate le staffe a L che mi supportano le lamiere centrali traslanti), quando il sistema viene posizionato per la lavorazione dei cartoni a falde sovrapposte, c'è un'alta probabilità che la falda destra del cartone vada a impattare contro la base del cilindro pneumatico.

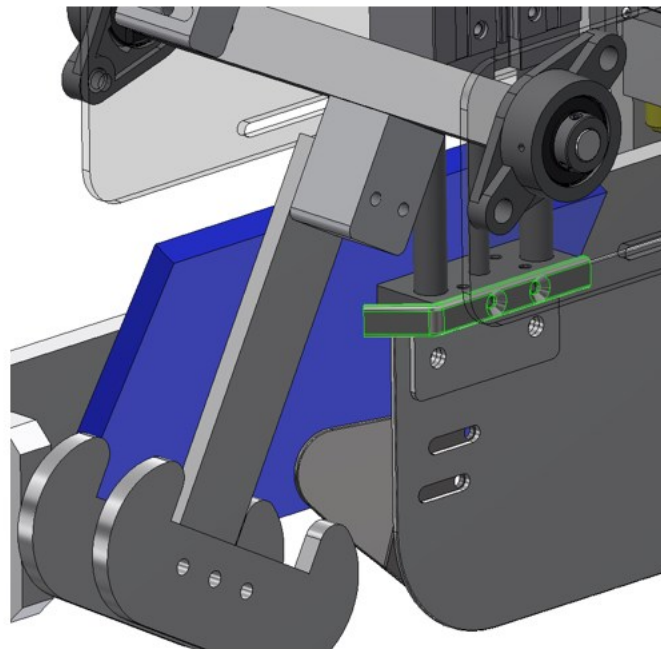
Per ovviare a questo problema si è pensato di creare una piccola lamiera, avente un'estremità con un angolo di  $45^\circ$ , nel caso la falda stia andando a collidere, ha il compito di postarla evitando la collisione (fig. 5.15).



### CREAZIONE DELLA LAMIERA CON ESTREMITA' A 45°



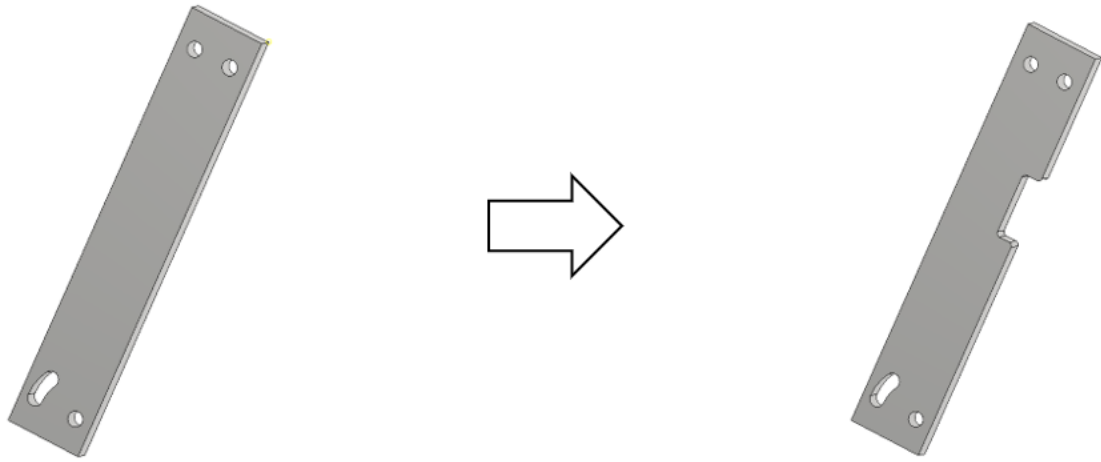
### ASSEMBLAGGIO SULLA BASE DEL ATTUATORE PNEUMATICO



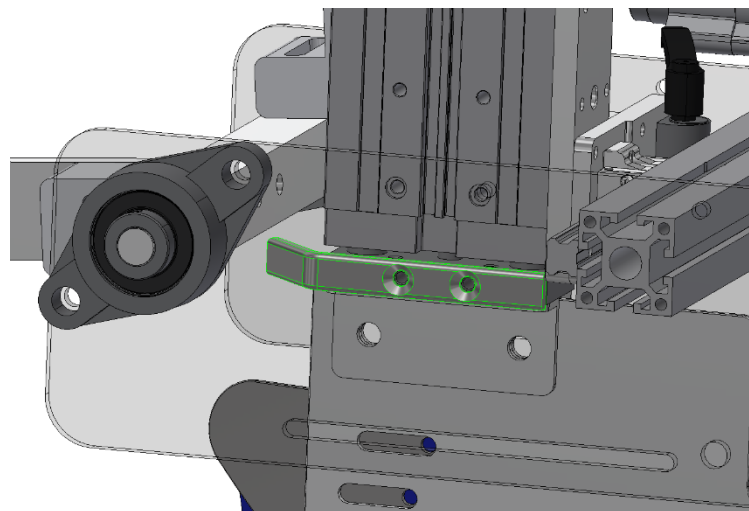
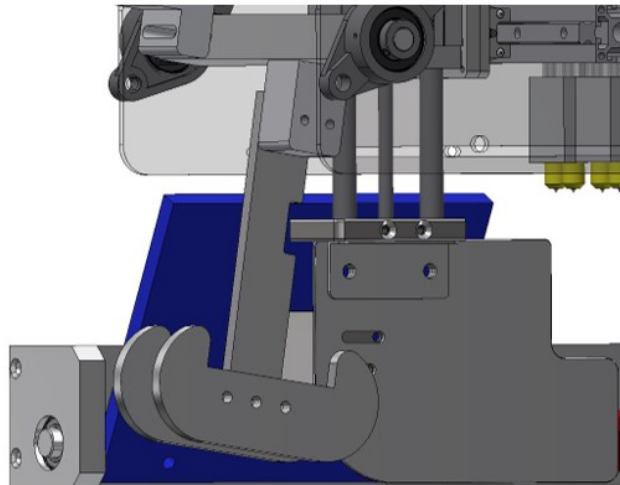
**Figure 5.15:** Creazione e assemblaggio della staffa con estremità a 45°

Avendo creato questo elemento, abbiamo causato una collisione con il pendolo, quando le lamiera vengono posizionate centralmente rispetto alla struttura per eseguire il cartone americano, per risolvere, si creò una scanalatura in modo che la staffa con estremità a 45° finisca al suo interno senza che vi sia interferenza, inoltre, si è andati a verificare che durante la risalita della piastra, una volta arrivata nella sua posizione più alta, non vi siano altre collisioni con la staffa a 45° (fig. 5.16).

**CREAZIONE DELLO SCANSO SUL PENDOLO**



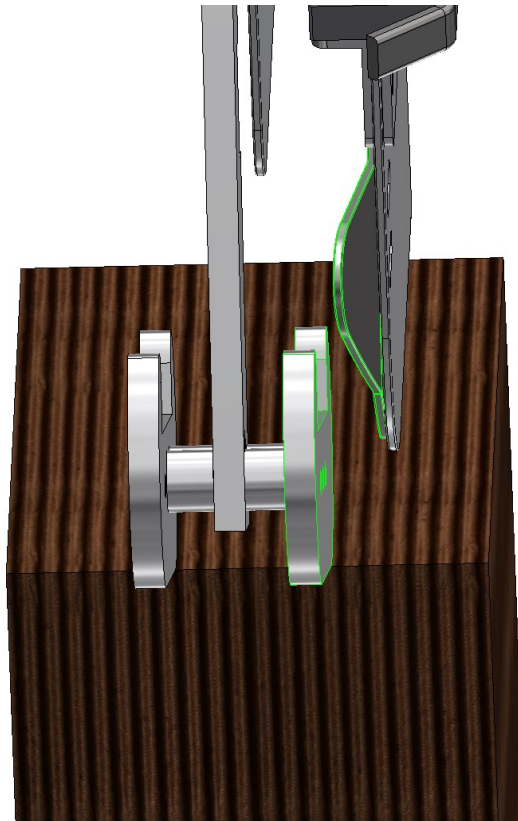
**MONTAGGIO ELEMENTO MODIFICATO E VERIFICA DELLE COLLISIONI**



**Figure 5.16:** Modifica del pendolo per il ripristino delle collisioni create con l'aggiunta dell'elemento a 45°

Come ultimo passaggio, bisogna verificare che nel caso più sfavorevole (quando si lavora con il cartone a falde sovrapposte più piccolo), non si abbia la lamiera anteriore posizionata troppo vicino al pendolo, altrimenti si avrebbe una collisione e il sistema rischierebbe di danneggiarsi.

Andando a modellare il cartone e impostando tutte le distanze che ci servono per effettuare la verifica, si è visto che non ci sono problemi di collisione tra il pendolo e gli altri elementi (fig. 5.17).



**Figure 5.17:** Verifica collisioni tra pendolo e lamiera centrale traslante (ingresso cartoni)

### 5.3 - Variante con movimentazione angolare della lamiera centrale posteriore (posizionata verso l'uscita delle scatole di cartone).

Con riferimento alla falda **2** (ultima falda da chiudere) appartenente al lato lungo, per chiuderla si ha la necessità di mantenere la falda **1** chiusa fino a quando la **2** non raggiunge un angolo di chiusura di almeno  $60^\circ$ , altrimenti la falda sottostante crea una resistenza tale da non permettere la corretta chiusura della scatola di cartone, rovinandola o creando pieghe anomale, questa problematica è causata dal fatto che la falda **1** è più corta della seconda, questo comporta la necessità di un angolo maggiore per non creare problemi durante il serraggio finale (fig. 5.18).

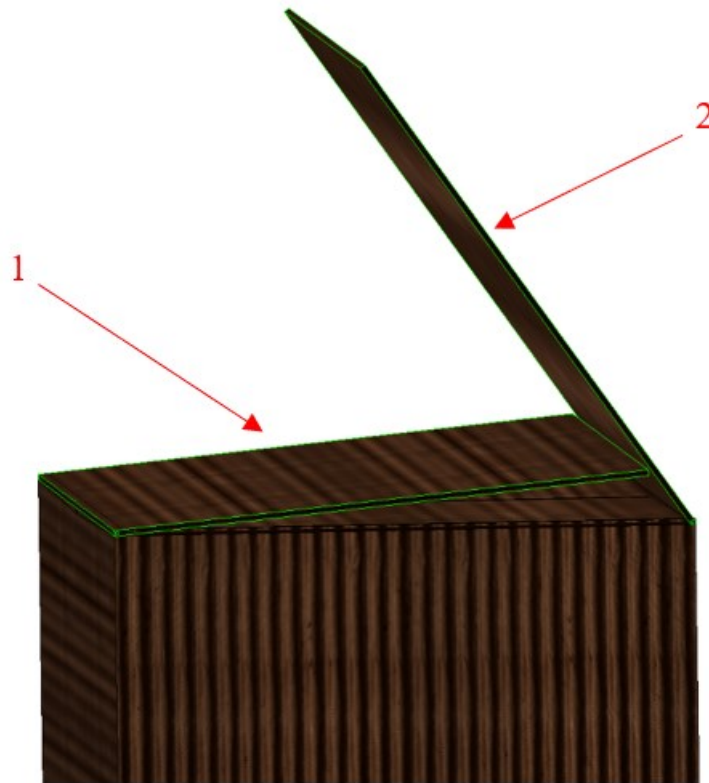


Figure 5.18: Possibile problema di chiusura falda 2 dopo falda 1

Il problema appena descritto non è presente durante la chiusura della prima falda sul lato lungo, perché le due presenti sul lato stretto non costituiscono impedimenti (basta un angolo di  $5^\circ$  per vincolarle in posizione chiusa).

Dopo un'attenta analisi del sistema, per quanto riguarda la traslazione del cilindro lineare che libera la strada alla falda per la chiusura finale del cartone (creata in precedenza), non dovrebbe dare problemi durante la piegatura, nonostante ciò, si è deciso di creare un sistema alternativo basato su movimentazione angolare.

Utilizzando un sistema che si basa sulla rotazione angolare della piastra, si riesce a mantenere in posizione la falda 1 durante la chiusura della falda 2 per un tempo maggiore. Questa procedura consente di ridurre l'angolo di piega quando viene rilasciata la prima falda durante la chiusura della seconda (appartenente al lato lungo della scatola di cartone). Come primo step si ragiona su come costruire il sistema, come in precedenza, si cerca di mantenere la struttura di movimentazione manuale orizzontale invariata, sulla base di questo sistema si eseguono tutti gli studi per determinare la soluzione tecnica più adatta.

È nota la quota in cui la nostra lamiera deve stare rispetto alla scatola di cartone, inoltre sono necessari circa 30 [mm] di spostamento orizzontale della base di appoggio lamiera-cartone (falda 1).

Per effettuare questa movimentazione è sconsigliato un attuatore pneumatico angolare, costoso per lo scopo, (inoltre in azienda hanno notato essere molto delicato); quindi, ho deciso di adottare un cilindro lineare a corsa molto piccola e in configurazione compatta. Andando sul sito web di FESTO si individua il cilindro adatto, peraltro corrispondente alla norma ISO quindi individuabile anche presso altri costruttori se necessario (la corsa iniziale potrebbe essere variata in seguito nel caso di ingombri limitati, siamo in una fase preliminare).

Di seguito viene riportato l'attuatore pneumatico preso in considerazione (fig. 5.19):



## Cilindro compatto **FESTO**

ADN-S-32-10-A-P-A

8091457

GTIN: 4052568301446

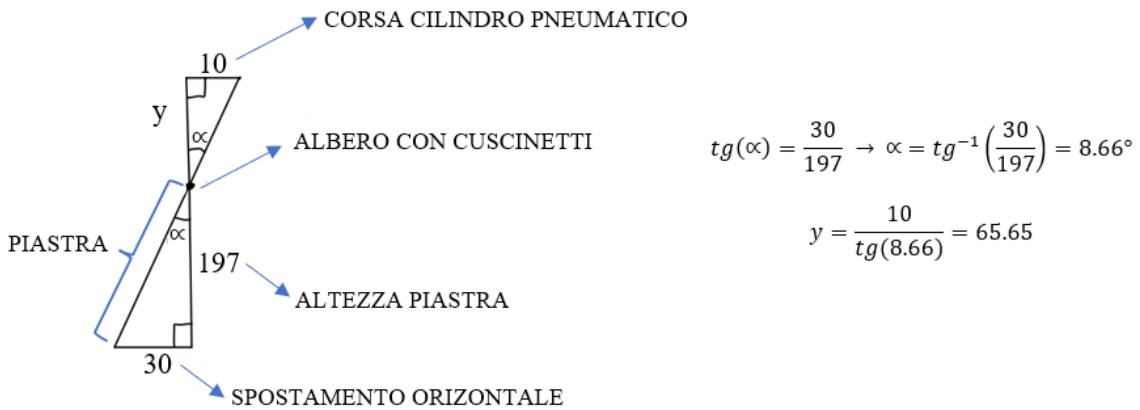
Forza teorica a 6 bar, corsa di ritorno	415 N
---	-------

Forza teorica a 6 bar, in spinta	483 N
----------------------------------	-------

**Figure 5.19:** Cilindro lineare compatto preso in considerazione



A questo punto, conoscendo gli ingombri interni della nastratrice e quelli tra essa e la struttura principale (CFS400) in altezza, possiamo andare a eseguire uno schizzo sommario per valutare le distanze e i posizionamenti dei vari elementi (fig. 5.20), questo ci permetterà di avere un ottimo punto di partenza sulla creazione e i posizionamenti dei vari componenti.

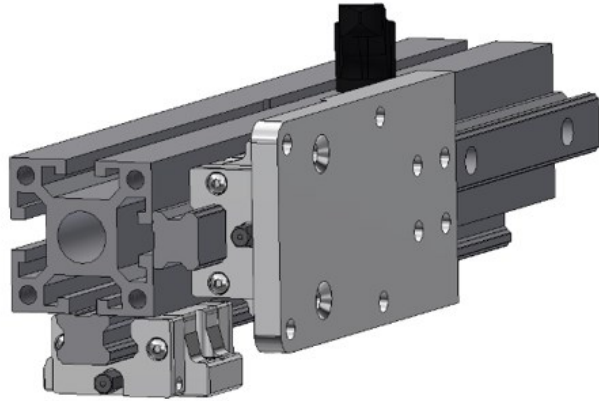


**Figure 5.20:** Rappresentazione sommaria delle quote e del movimento della lamiera

Avendo ora una base da cui partire, iniziamo la costruzione del sistema partendo dal profilo KANIA e dal gruppo di pattini creato in precedenza, come prima cosa bisogna creare il sistema albero-cuscinetti solidale al sistema di pattini, per fare questo è necessario inserire un altro pattino e creare una piastra per mantenere il primo cuscinetto e una piastra dedicata al sostegno del cilindro, per ancorare l'attuatore pneumatico nella parte posteriore, si utilizza il bullone utilizzato per la movimentazione del pendolo chiudi falda lato stretto.

Di seguito verranno rappresentati i componenti creati e il montaggio degli stessi (fig. 5.21):

#### AGGIUNTA DEL SECONDO PATTINO



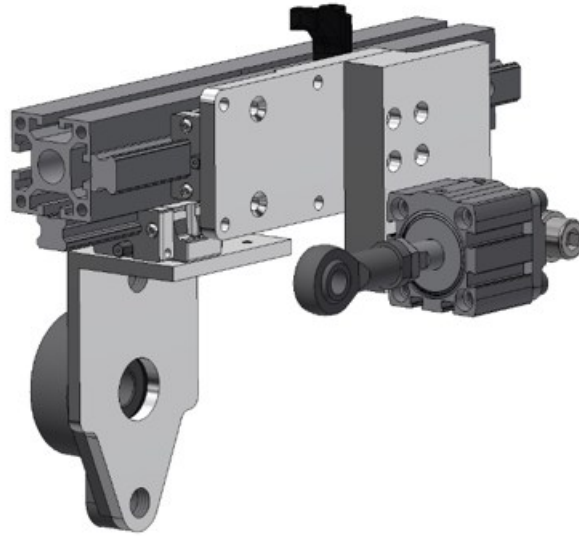
#### CREAZIONE DEI NUOVI ELEMENTI



#### COMPONENTI DA MONTARE



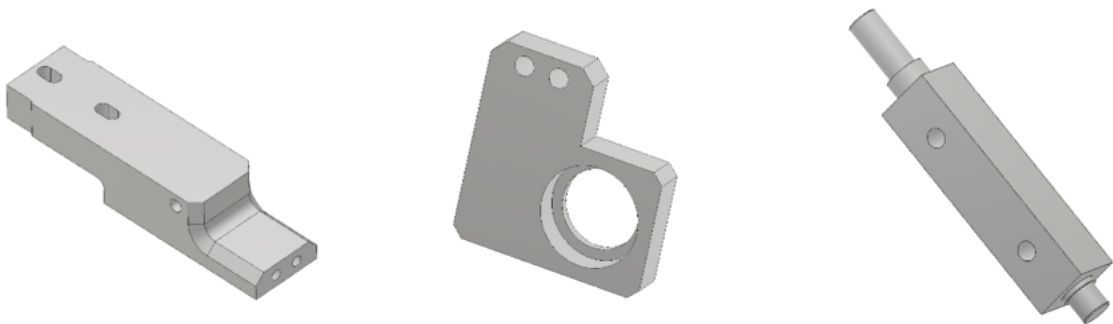
## MONTAGGIO ELEMENTI SUL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE



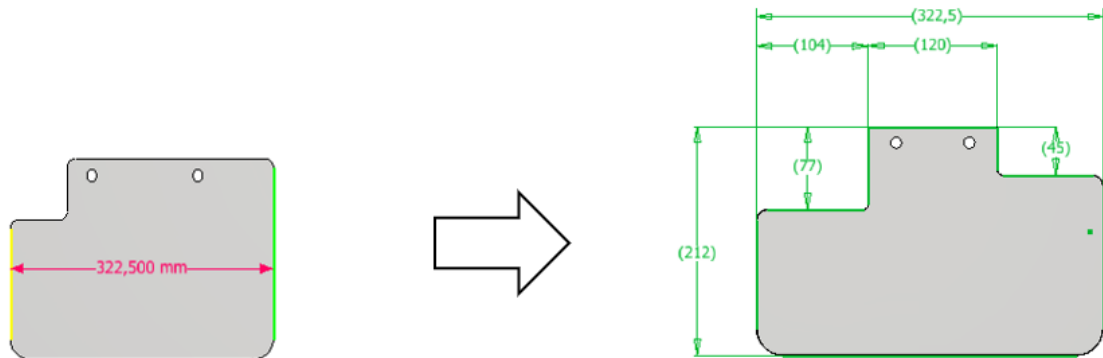
**Figure 5.21:** Creazione e montaggio prima parte della movimentazione angolare della lamiera

Ad ogni modifica che si sta eseguendo o elemento che si sta creando, si va a controllare ingombri e prendere le misure per rispettare la movimentazione che ci siamo imposti precedentemente. I due pattini sono indipendenti tra loro, bisognerà creare una struttura solida che li renda un corpo unico, andando a controllare lo spazio che abbiamo tra colla e sistema di movimentazione orizzontale. Iniziamo costruendo l'albero su cui verrà montata la lamiera. Successivamente, sagomiamo la lamiera e la fissiamo utilizzando due piastre: una che sostiene il cuscinetto sull'estremità opposta dell'albero e l'altra che rende solido il sistema composto dai tre pattini (fig. 5.22):

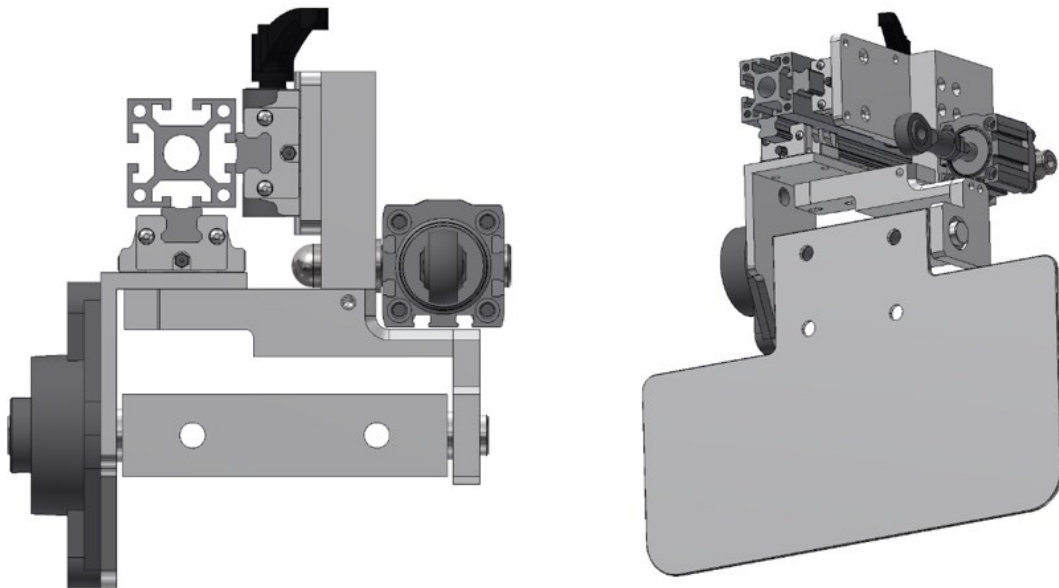
## CREAZIONE DEI NUOVI ELEMENTI



### SAGOMATURA DELLA LAMIERA



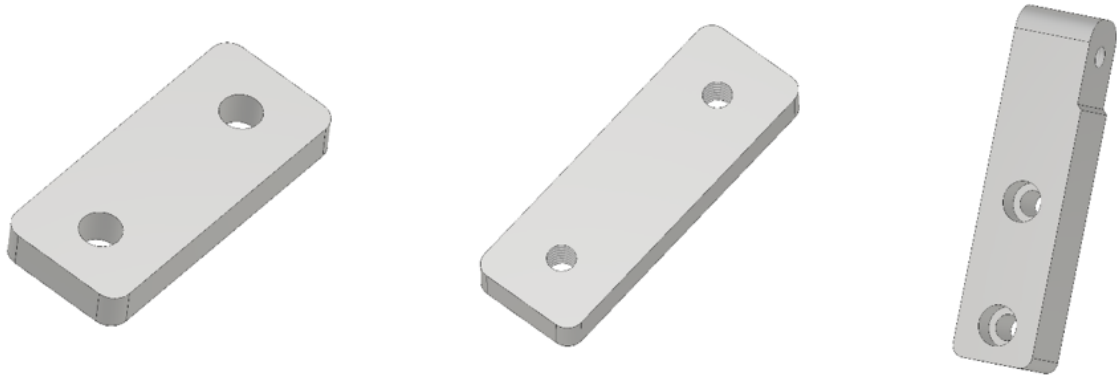
### MONTAGGIO ELEMENTI SUL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE



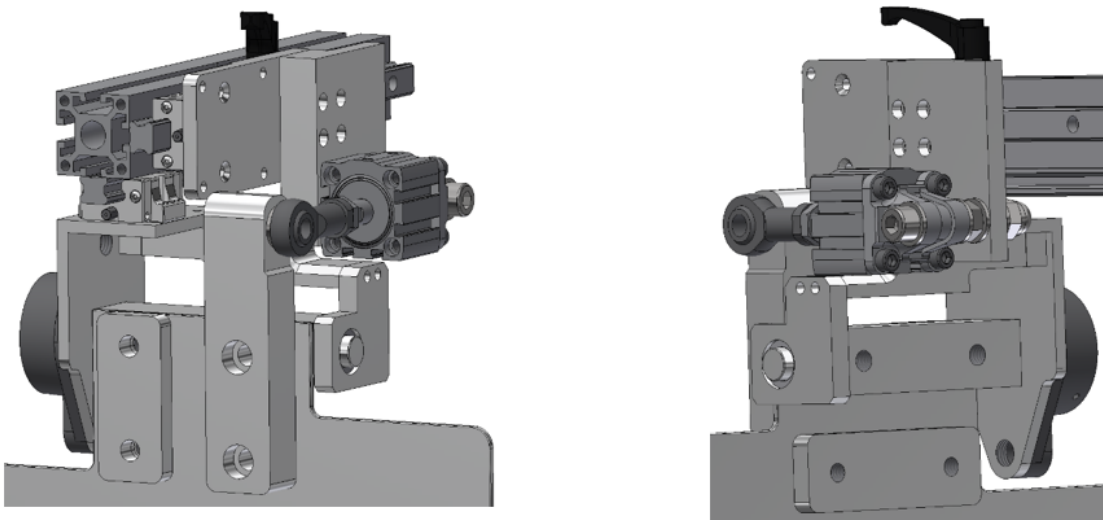
**Figure 5.22:** Creazione e montaggio del sistema di movimentazione angolare della lamiera

Prima di effettuare le verifiche sulla movimentazione e valutare se vi siano delle collisioni con la struttura della nastratrice durante il movimento, andiamo ad ancorare in maniera salda la lamiera e creiamo il perno di collegamento tra albero e cilindro pneumatico in modo da permettere al sistema di effettuare lo spostamento angolare della piastra (fig. 5.23):

#### CREAZIONE DEI NUOVI ELEMENTI



#### MONTAGGIO ELEMENTI SUL SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE

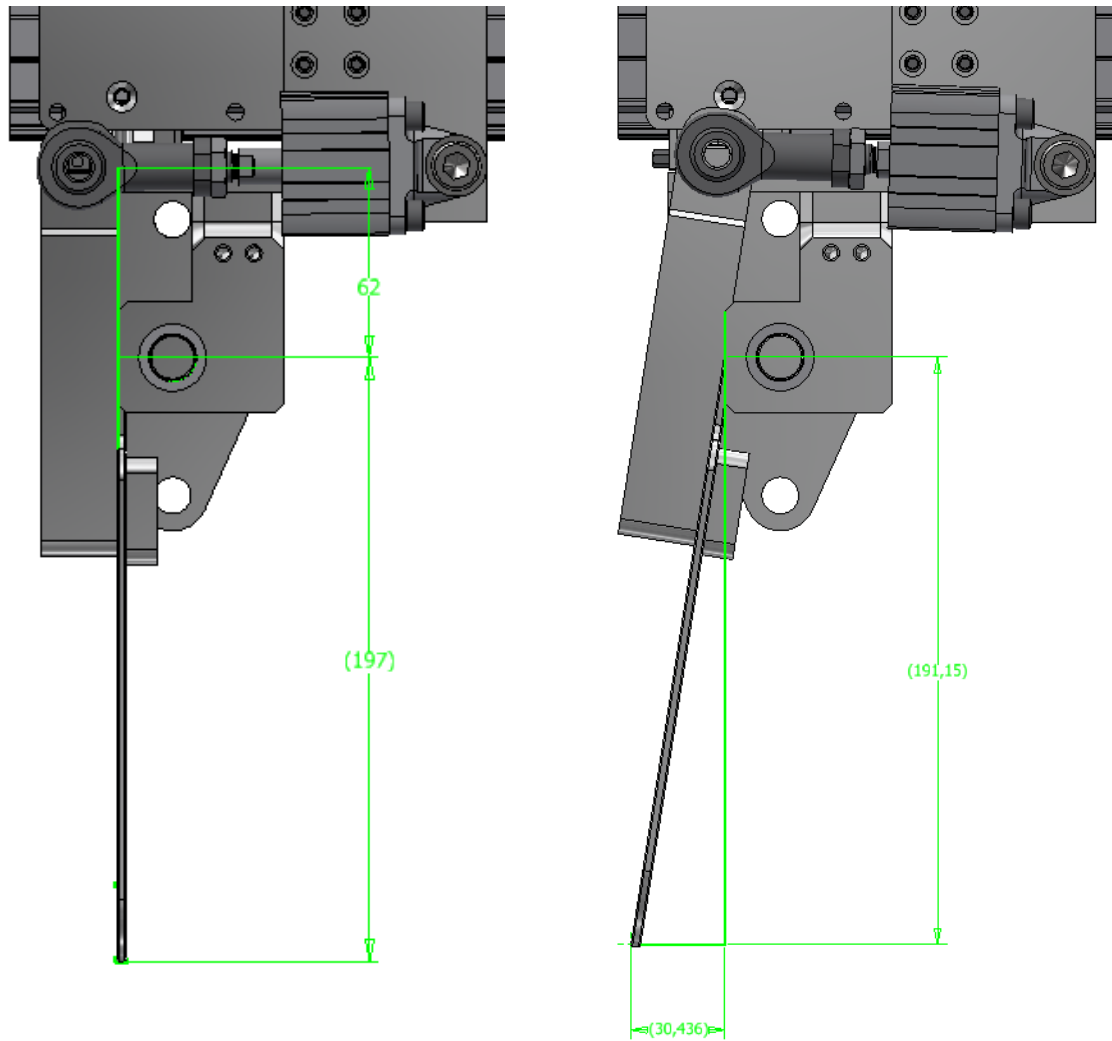


**Figure 5.23:** Creazione dei componenti finali e montaggio del sistema di movimentazione angolare completo

È stato verificato durante tutto il processo di creazione che le quote e lo spostamento di 30 [mm] della base della lamiera fossero rispettate, una volta completato l'assemblaggio del sistema, si va a fare un'ulteriore verifica delle quote principali quando il pistone pneumatico raggiunge le due posizioni limite (finecorsa), ovviamente, ci si aspetta della quote leggermente differenti rispetto a quelle stabilite inizialmente, questo è dovuto a

come sono stati posizionati i componenti nel sistema (non rispecchiano a pieno i posizionamenti teorici)

Di seguito, rappresentiamo le misurazioni rilevate mediante software Inventor (fig. 5.24):

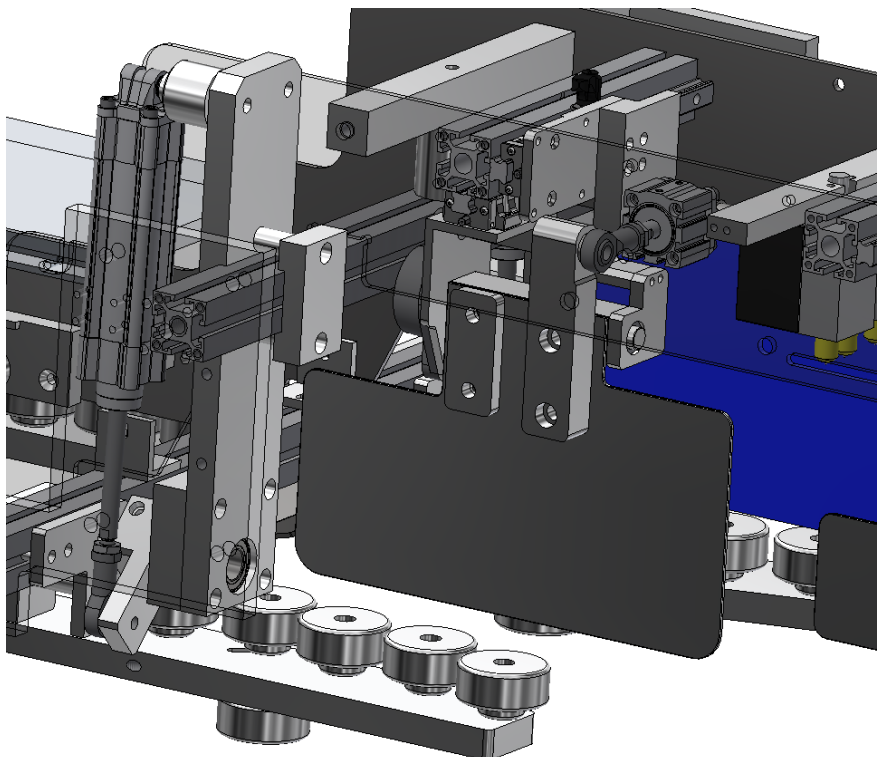
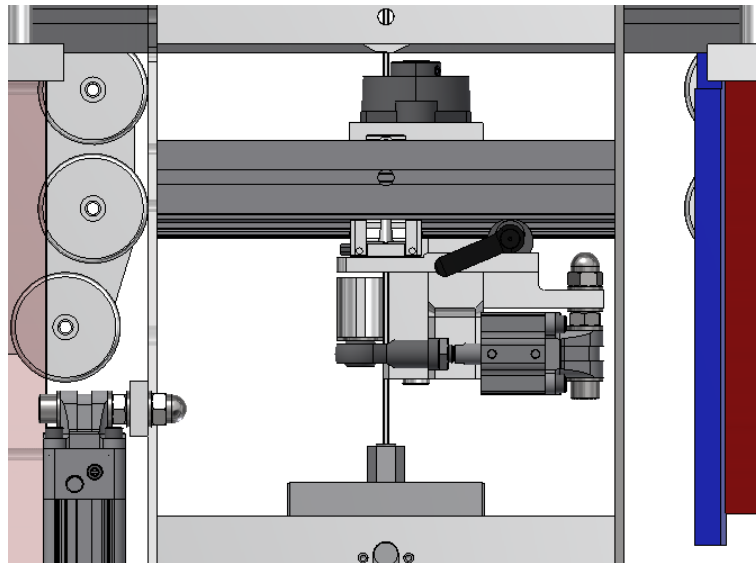


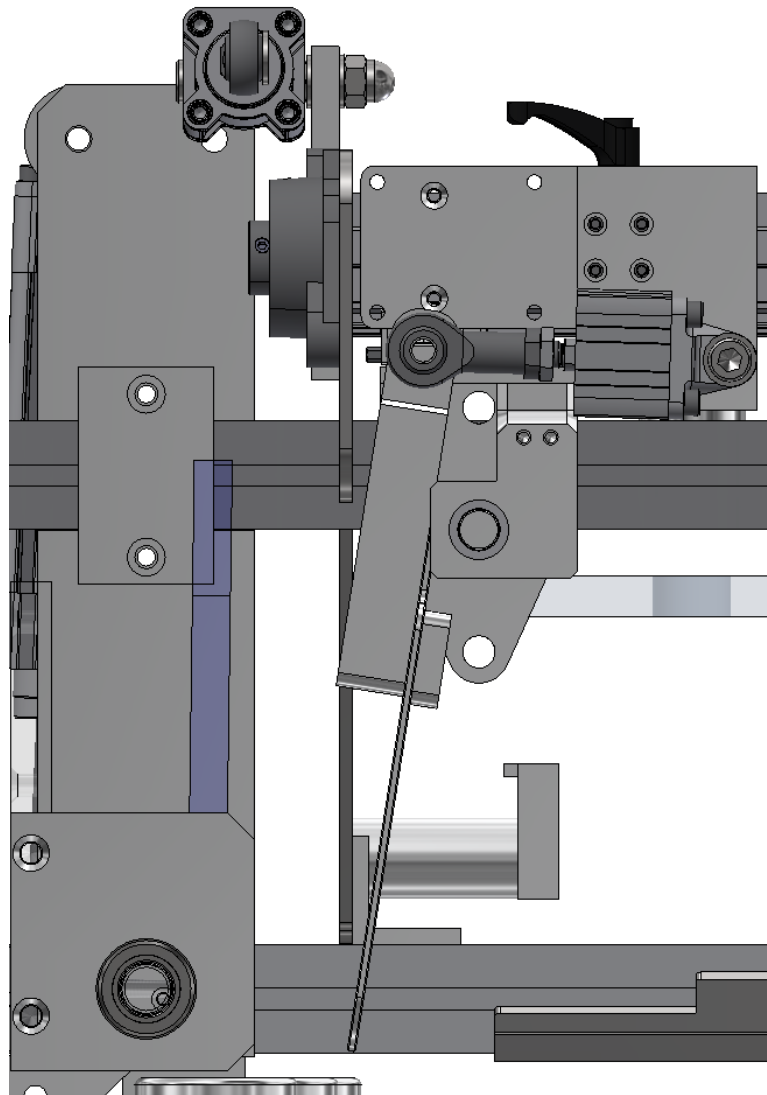
**Figure 5.24:** Rilevazione delle quote principali da rispettare

Si vede che le quote sono state tutte rispettate, si hanno solo delle piccolissime differenze rispetto a quelle di partenza, come detto prima, dovute al posizionamento dei componenti differente rispetto alla schematizzazione teorica.

Essendo soddisfatti del sistema realizzato, andiamo a sostituire la movimentazione della piastra mediante traslazione con quella angolare e verificiamo eventuali collisioni con la nastratrice.

Riportiamo alcune immagini del sistema di movimentazione per visualizzare come si comporta e dove viene posizionato all'interno dell'assieme della nastratrice (fig. 5.25):





**Figure 5.25:** Sistema di movimentazione angolare della lamiera inserito nella nastratrice

Il sistema rispetta i vincoli di progetto imposti e non presenta nessuna interferenza; quindi, possiamo considerarlo una alternativa valida alla movimentazione verticale lineare. Nel caso della lamiera anteriore non è possibile adottare questo sistema siccome la lamiera sarebbe impossibilitata a spostarsi mediante movimento angolare dalla falda 2 che ne impedisce il movimento.

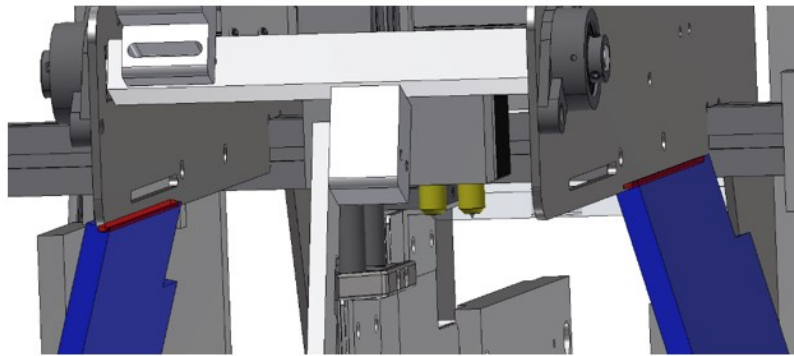


## 6 - Ottimizzazione della struttura della nastratrice

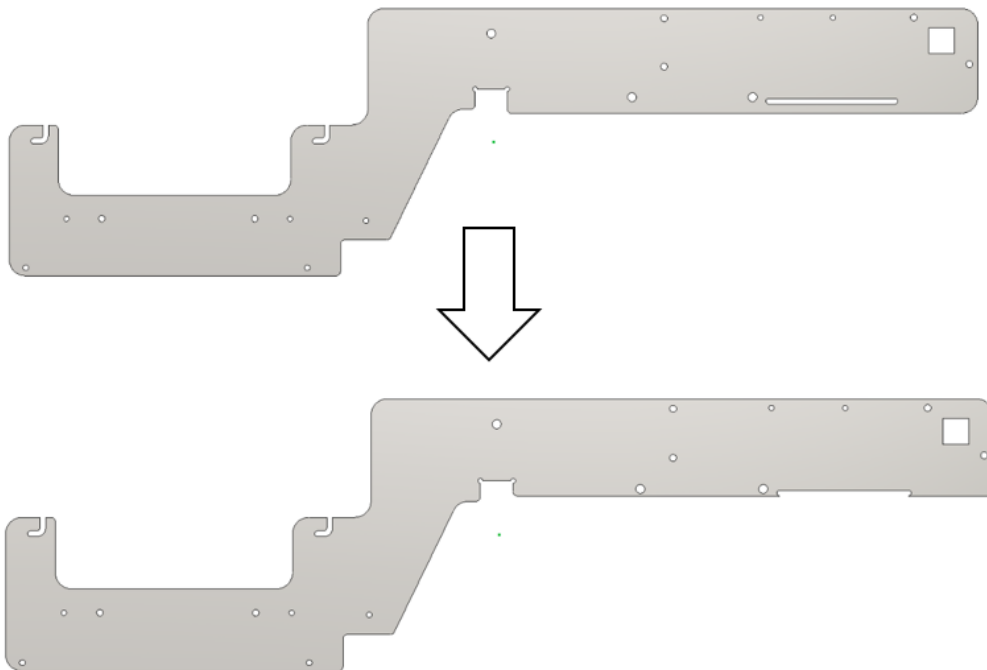
### 6.1 - Sistemazione interferenza tra flap e lamiere di sostegno del sistema di chiusura cartoni

Analizzando la nastratrice si è notato che i flap collidono con le due lamiere che sostengono tutto il sistema di chiusura cartoni; quindi, bisognerà andare a sagomarle leggermente (fig. 6.1):

#### INTERFERENZA TRA FLAP E LAMIERE DI SUPOSRTO DEL SISTEMA DI CHIUSURA CARTONI

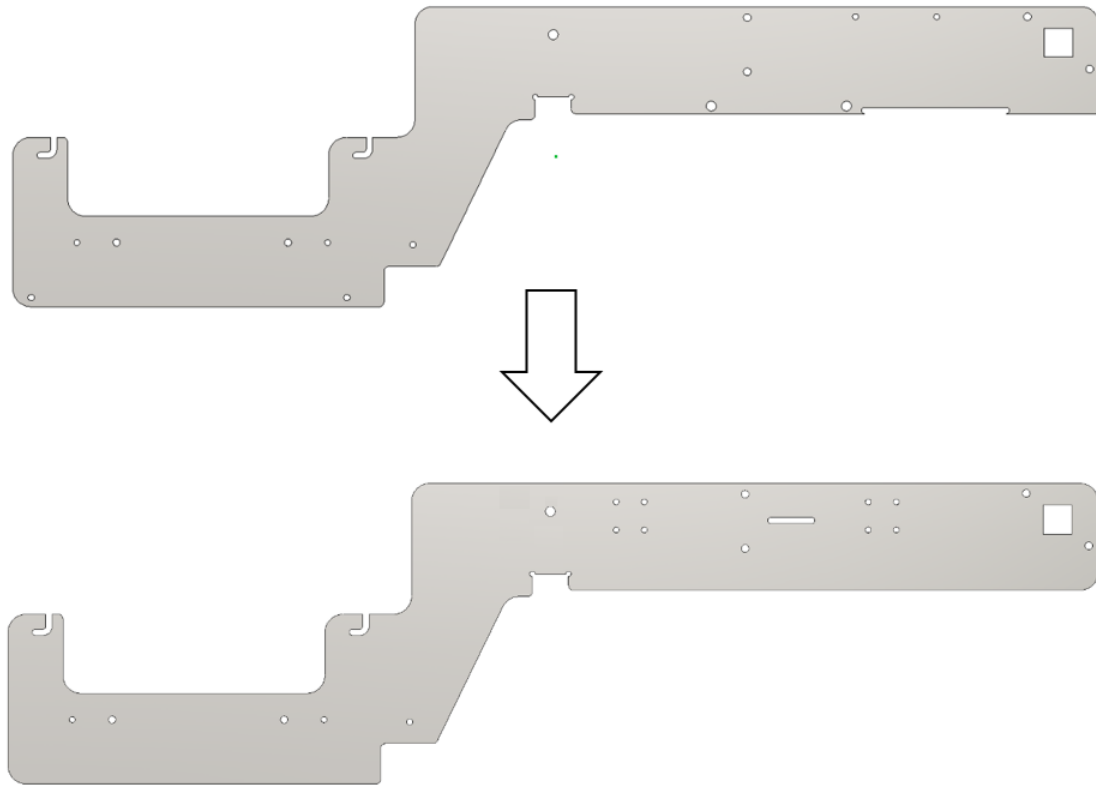


#### RIFINITURA DELLA LAMIERA PER EVITARE LA COLLISIONE CON I FLAP



**Figure 6.1:** Sagomatura delle lamiere per eliminare l'interferenza con i flap

A questo punto si vanno ad eliminare i fori e l'asola presenti che fanno riferimento alla vecchia configurazione, inoltre, creiamo i fori che servono al fissaggio delle 2 movimentazioni delle lamiere e creiamo l'asola che permette di spostare la pistola a colla (fig. 6.2):



**Figure 6.2:** Eliminazione e creazione di asole e fori sulle lamiere di supporto del sistema di chiusura

## 6.2 - Aggiunta di un nuovo formato di cartone americano chiuso a colla

A progetto in fase di completamento, è entrato in produzione un nuovo formato di cartone a chiusura americana. In termini di ingombro, questo nuovo formato ha altezza e larghezza compatibili con le modifiche apportate fino ad ora, mentre non risulta compatibile la lunghezza pari a 420 [mm], ciò comporta modifiche aggiuntive alla nastratrice.

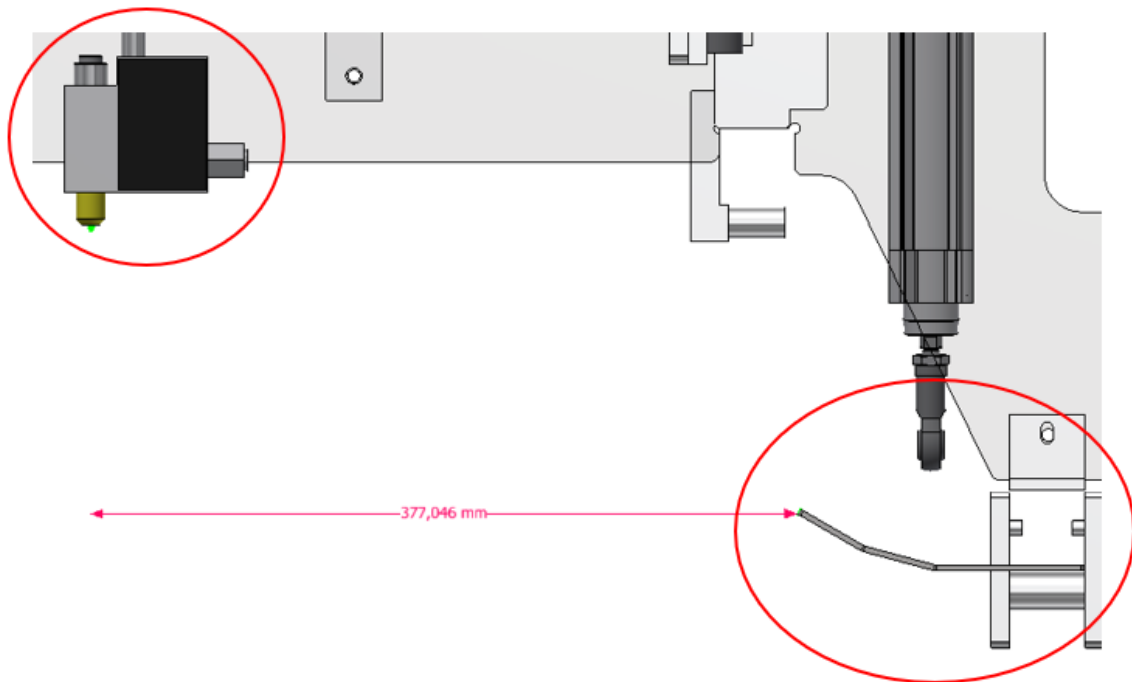
Di seguito si riportano le misure complessive della nuova scatola con chiusura americana da produrre (fig. 6.3):



**Figure 6.3:** Nuovo formato di cartone americano introdotto all'interno della produzione

La prima cosa da verificare sulla struttura della nastratrice è la misura della quota tra ugelli della colla e la lamierina sotto la quale si inserisce il cartone a fine lavorazione. Questa quota deve essere superiore a 420 [mm], in modo da permettere alla scatola di cartone di poter essere incollata per tutta la sua lunghezza (esclusi 5 [mm] all'inizio e alla fine).

Si riporta di seguito la misura rilevata (fig. 6.4):



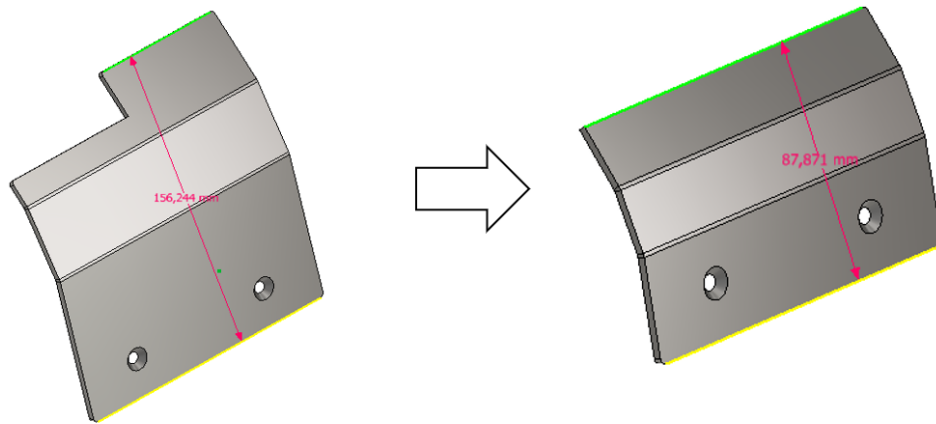
**Figure 6.4:** Quota tra ugelli pistola e lamierina di fine lavorazione

Attualmente, con questa distanza non siamo in grado di chiudere l'ultimo cartone preso in esame, dobbiamo aumentare questa distanza, come detto prima, di una quota almeno pari a 420 [mm]. Per rendere possibile questo, si ha il bisogno di modificare il lamierino andando a ridurne le dimensioni, di conseguenza modificare la lamiera posteriore, in modo da colmare lo spazio vuoto che si viene a creare.

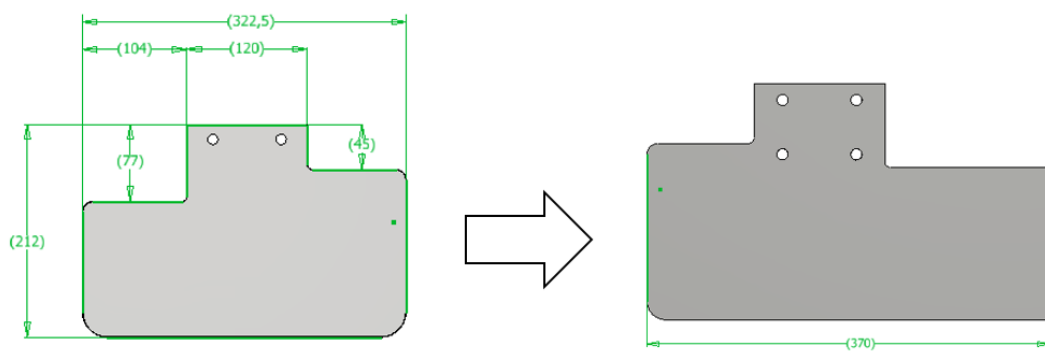
Per ottenere la maggior distanza utile possibile, bisogna anche riposizionare la pistola spruzza colla, abbassandola e infilando la parte degli ugelli al di sotto del profilo KANIA appartenente alla movimentazione della parte in ingresso cartoni.

Mostriamo le modifiche apportate e le quote risultanti (fig. 6.5):

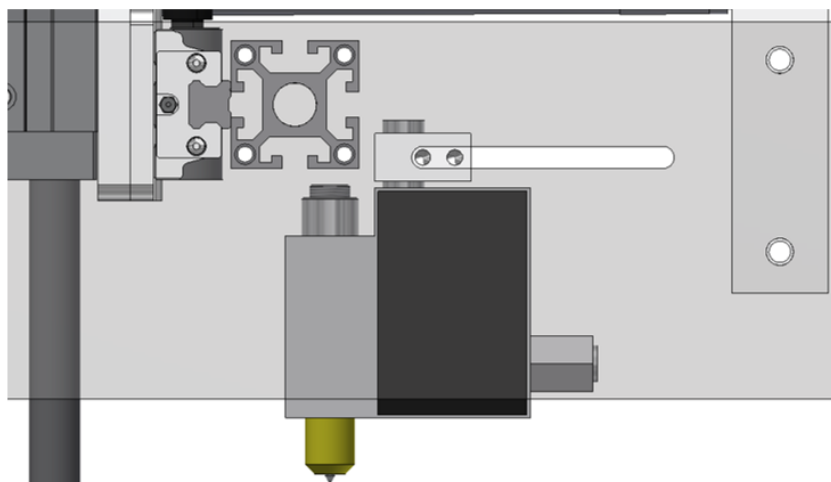
**LAMIERINO INFERIORE (POSIZIONATO A FINE PROCESSO)**



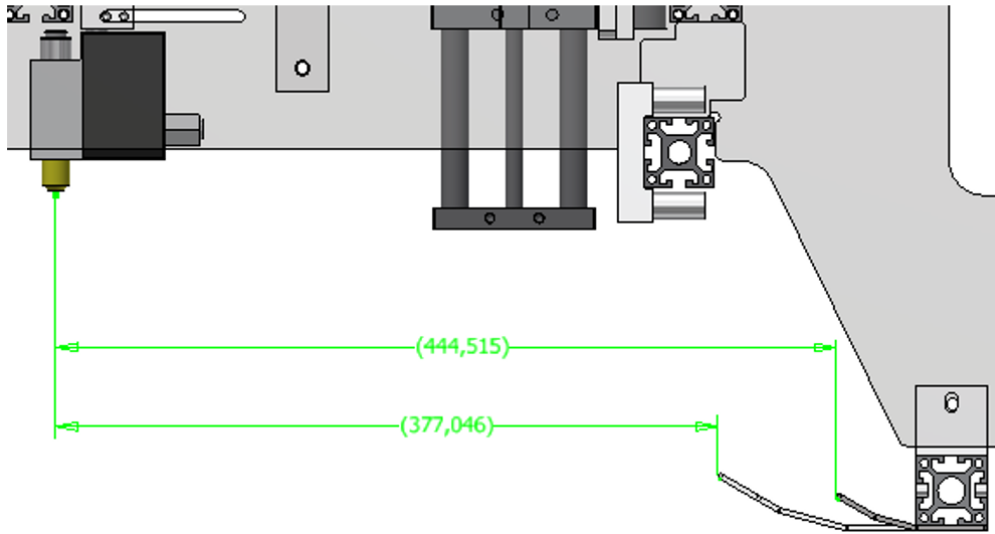
**PIASTRA DEL SISTEMA ANGOLARE (LATO USCITA CARTONI)**



**NUOVO POSIZIONAMENTO PISTOLA COLLA**



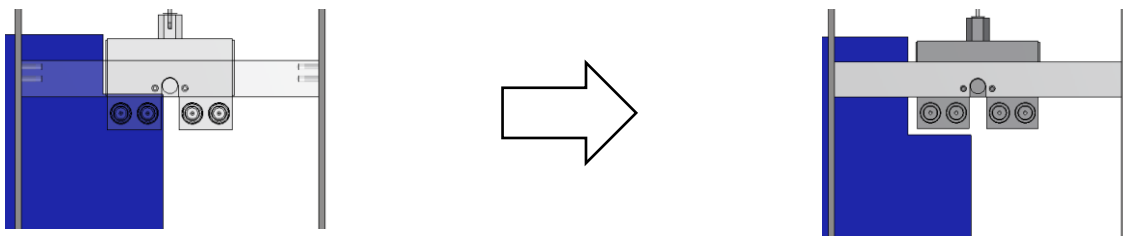
#### MISURAZIONE DISTANZA TRA PISTOLA E LAMIERINO DI FINE PROCESSO



**Figure 6.5:** Modifiche e misurazione della quota finale tra pistola e lamierino

Con queste modifiche abbiamo ottenuto una distanza di 444,5 [mm], che è maggiore di 420 [mm] minimi necessari, ciò vuol dire che siamo in grado di produrre anche questo nuovo formato di scatola di cartone, ovviamente, quando si effettuano delle modifiche, bisogna controllare con molta attenzione che non si creino collisioni o malfunzionamenti.

Dopo un'attenta analisi al modello in 3D della nastratrice, ci si è accorti che avendo spostato la pistola verso l'ingresso dei cartoni, il flap sottostante si interpone tra il getto della pistola e cartone, per ovviare a questa problematica si va ad ampliare lo scanso già presente sul flap, così facendo permettiamo alla colla di posarsi sul cartone senza impedimenti (fig. 6.6):



**Figure 6.6:** Modifica al flap per liberare il passaggio del getto colla sul cartone

### 6.3 - Possibilità di movimentare la pistola spruzza colla

Nel caso vi sia la necessità di muovere la pistola, in modo da variare il punto di applicazione della colla sul cartone, è stato deciso di modificare il sistema di supporto della stessa, in modo da consentire una traslazione in direzione orizzontale, questa movimentazione verrà eseguita manualmente e per questo motivo si è andati a creare un sistema semplice, che permette di serrare in posizione la pistola mediante vite e contropiastra.

Di seguito si riporta il vecchio sistema e quello nuovo con possibilità di regolazione orizzontale (fig. 6.7):

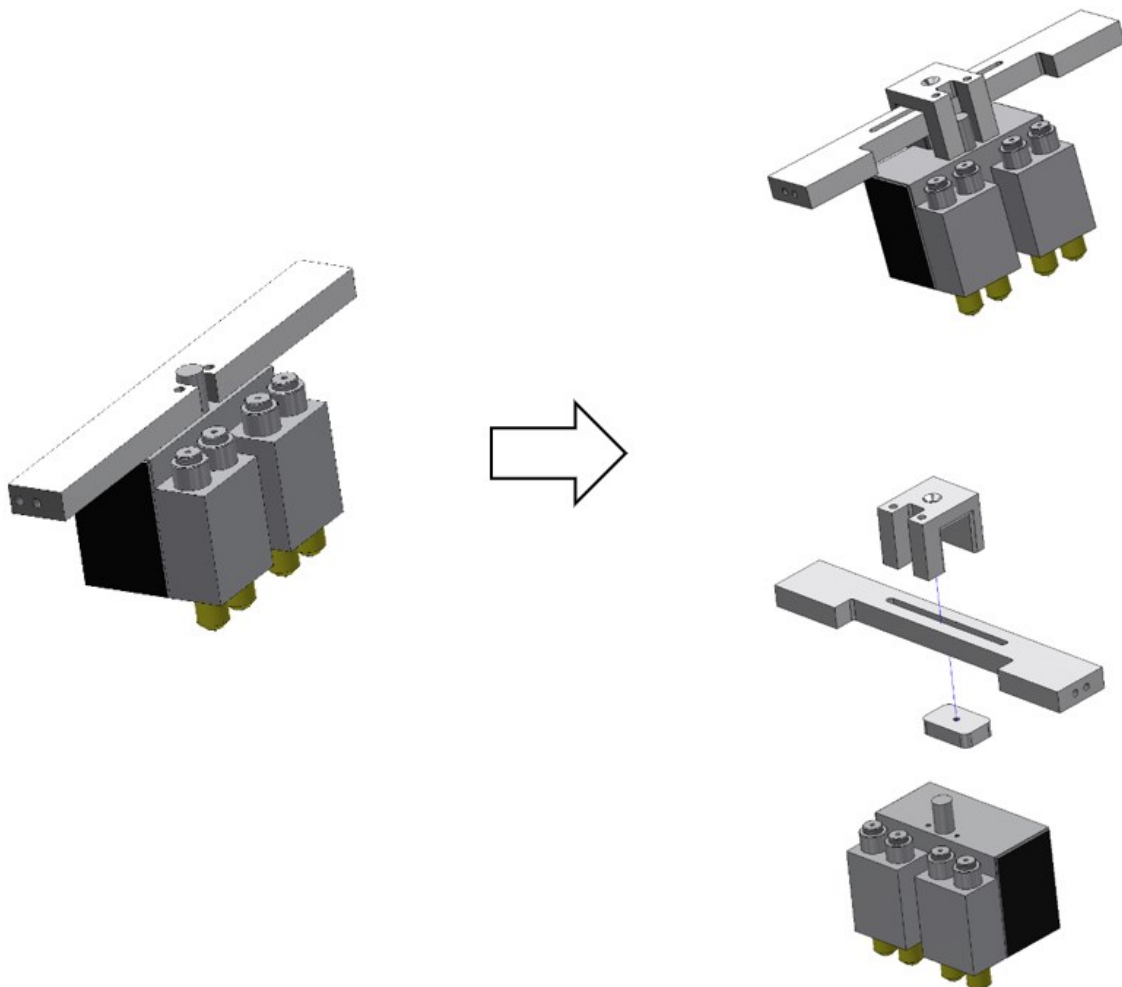
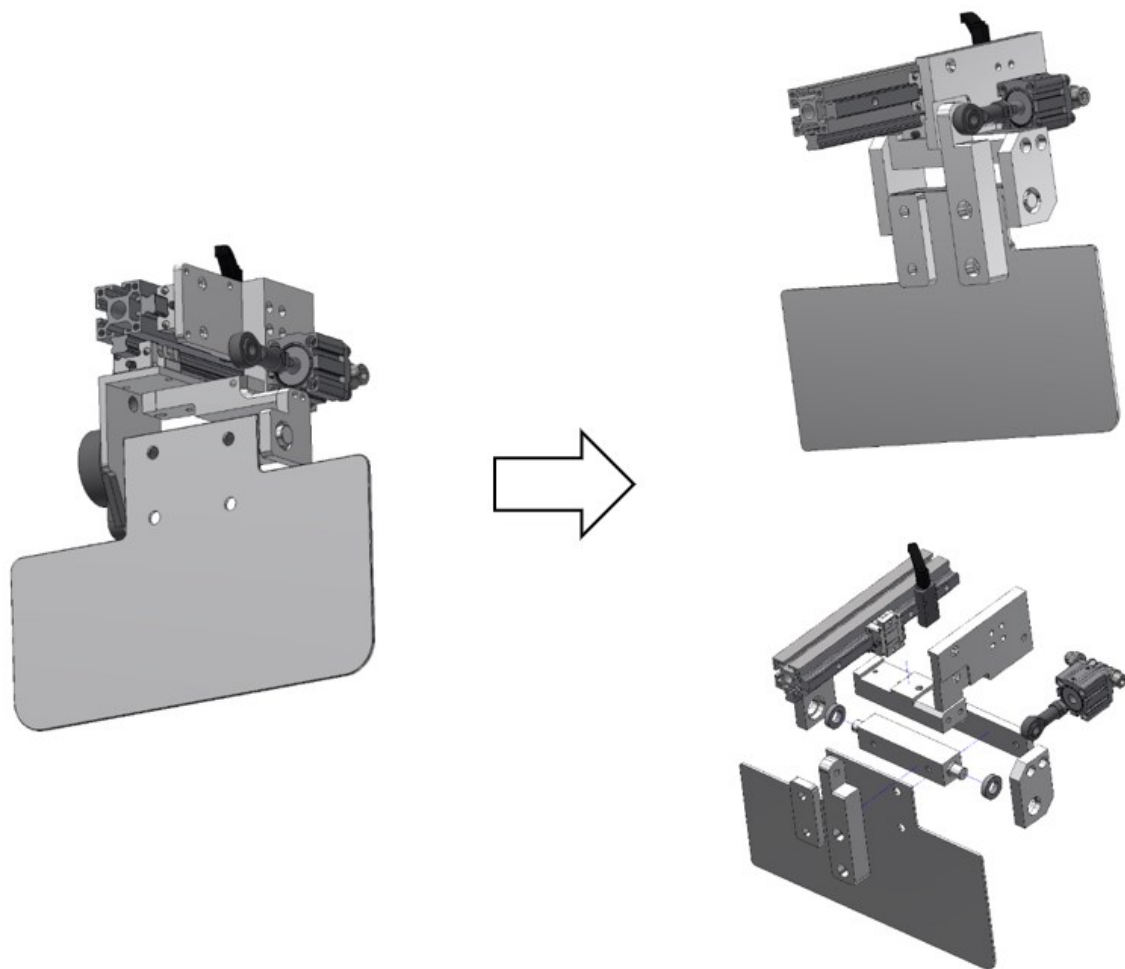


Figure 6.7: Movimentazione orizzontale pistola spruzza colla

## 6.4 - Aggiornamento del sistema anteriore e posteriore di chiusura falde

Per quanto riguarda il lato posteriore della macchina (lato in cui escono i cartoni sigillati), il sistema che effettua il movimento angolare della lamiera è formato da molti componenti. Questo rende il tutto troppo articolato e visivamente impattante; quindi si è deciso di rivedere la costruzione, ridurre la complessità e il numero di componenti da cui è costituito, il tutto lasciando invariate le quote principali di funzionamento.

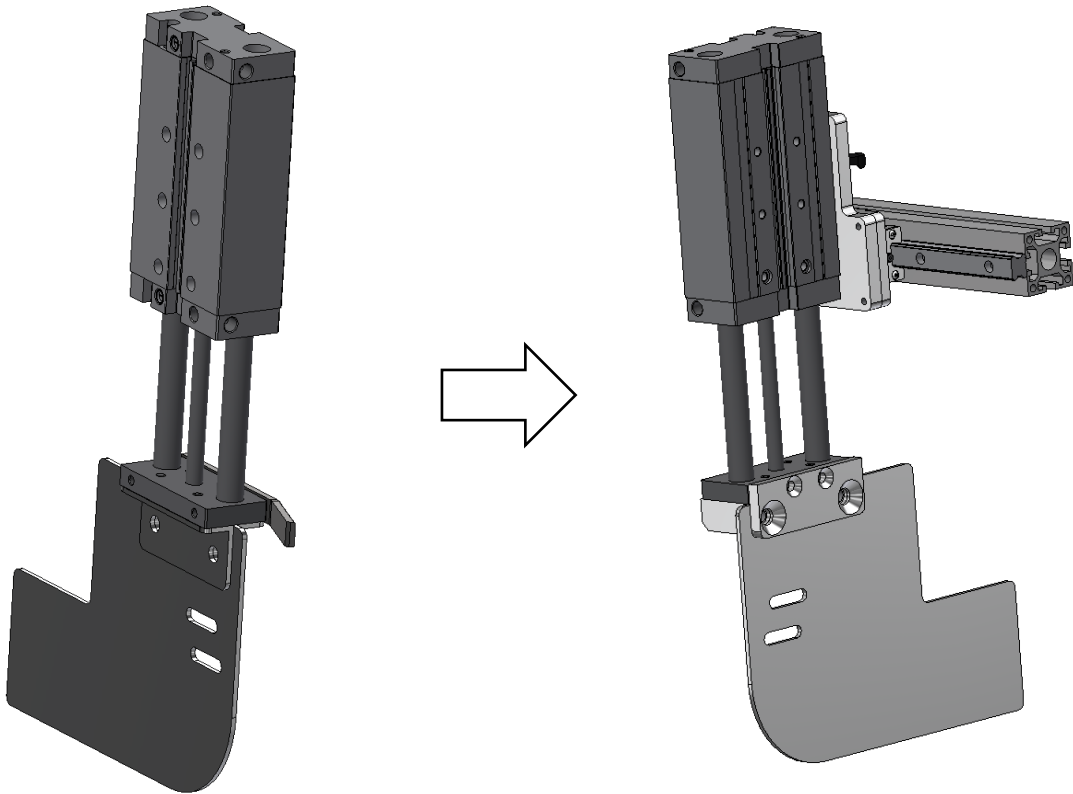
Di seguito si riportano la nuova versione (fig. 6.8):



**Figure 6.8:** Nuovo sistema di movimentazione angolare della lamiera centrale



Passando ora alla parte anteriore di movimentazione lineare verticale della lamiera centrale (parte di ingresso della scatola di cartone), è stata apportata una modifica solo al posizionamento di essa rispetto alla base del cilindro, questo cambiamento ha lo scopo di agevolare l'ingresso del cartone, siccome a inizio processo, siamo nella condizione in cui le due falde lunghe sono ancora aperte, durante l'avanzamento l'ultima falda ad essere chiusa corre un elevato rischio di contatto con la base del cilindro, per ovviare al problema era stato creato un elemento apposito che aveva il compito di guidare la falda fuori dalla zona rischiosa nel caso in cui tentasse di impattare con la base nell'attuatore pneumatico. Per non correre alcun rischio si è preferito cambiare la posizione relativa tra lamiera e cilindro, di seguito viene rappresentata questa modifica (fig. 6.9)



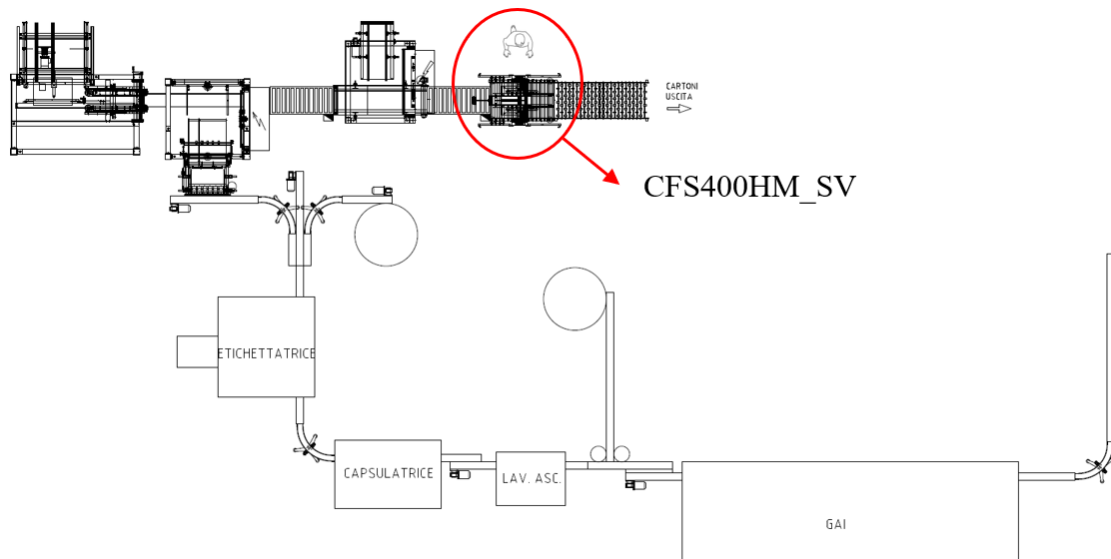
**Figure 6.9:** Nuovo sistema di movimentazione angolare della lamiera centrale

## 7 - Lancio in produzione e assemblaggio del prototipo

### 7.1 - Layout di riferimento

In questa fase è stato preso in esame un layout di una linea riferita a un cliente che ha richiesto diverse macchine di creazione cartoni ad OMA1971 (fig.7.1), tra queste è presente la CFS400 con chiusura cartone a falde sovrapposte.

Si intende utilizzare questa commessa per sviluppare e testare anche sul campo operativo il prototipo del gruppo nastrante sviluppato.



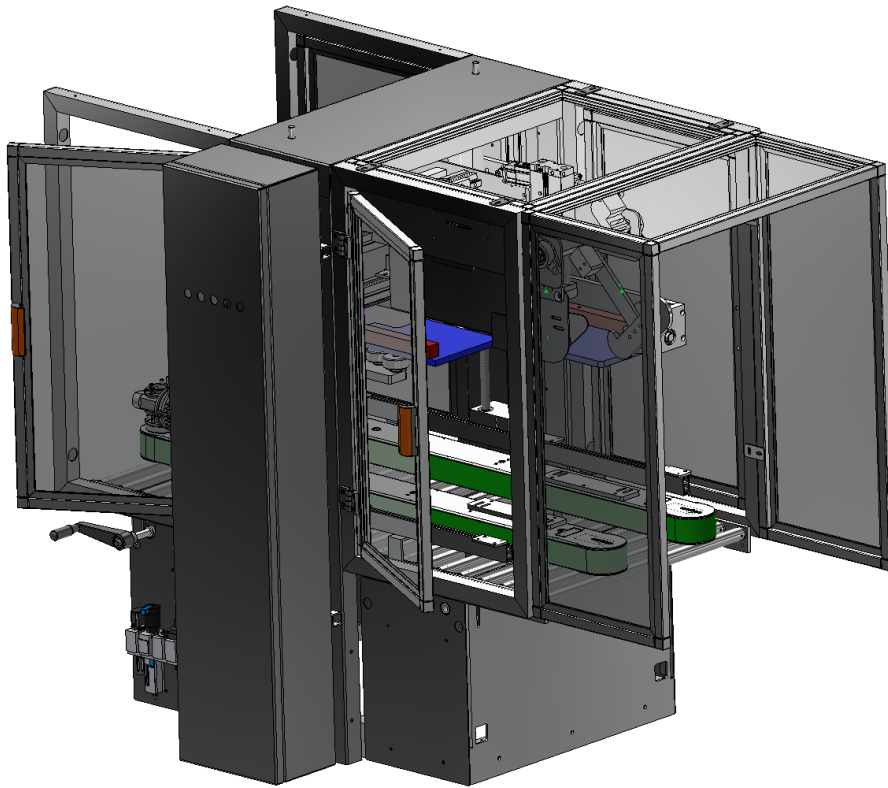
**Figure 7.1:** layout di riferimento per la creazione della nastratrice della CFS400

Questo layout consente di realizzare il prototipo fisico seguendo la specifica richiesta del cliente (macchina sinistra con prima falda da chiudere a destra).

Una volta che la macchina è stata completata mediante le eventuali modifiche di ottimizzazione, verrà consegnata al cliente.

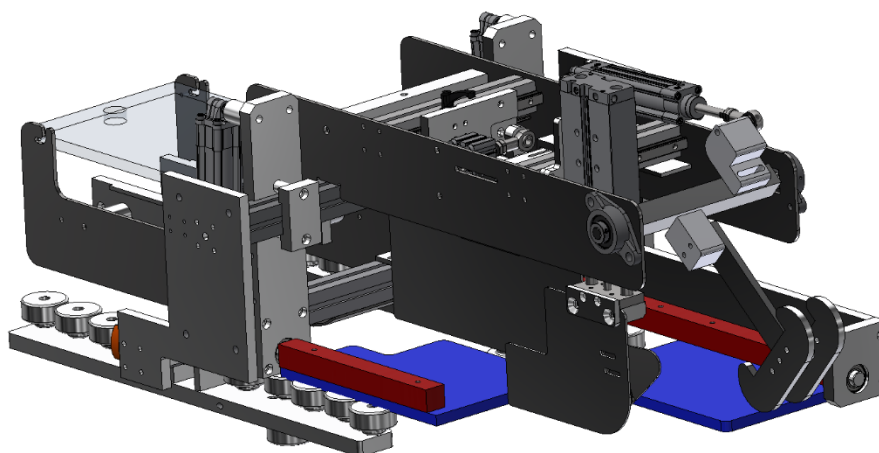
Questa macchina diventerà poi la versione definitiva per l'operazione di chiusura dei cartoni con falde sovrapposte.

Si riporta di seguito la configurazione della macchina automatica CFS400 da realizzare (fig. 7.2):



**Figure 7.2:** Configurazione CSF400 da realizzare

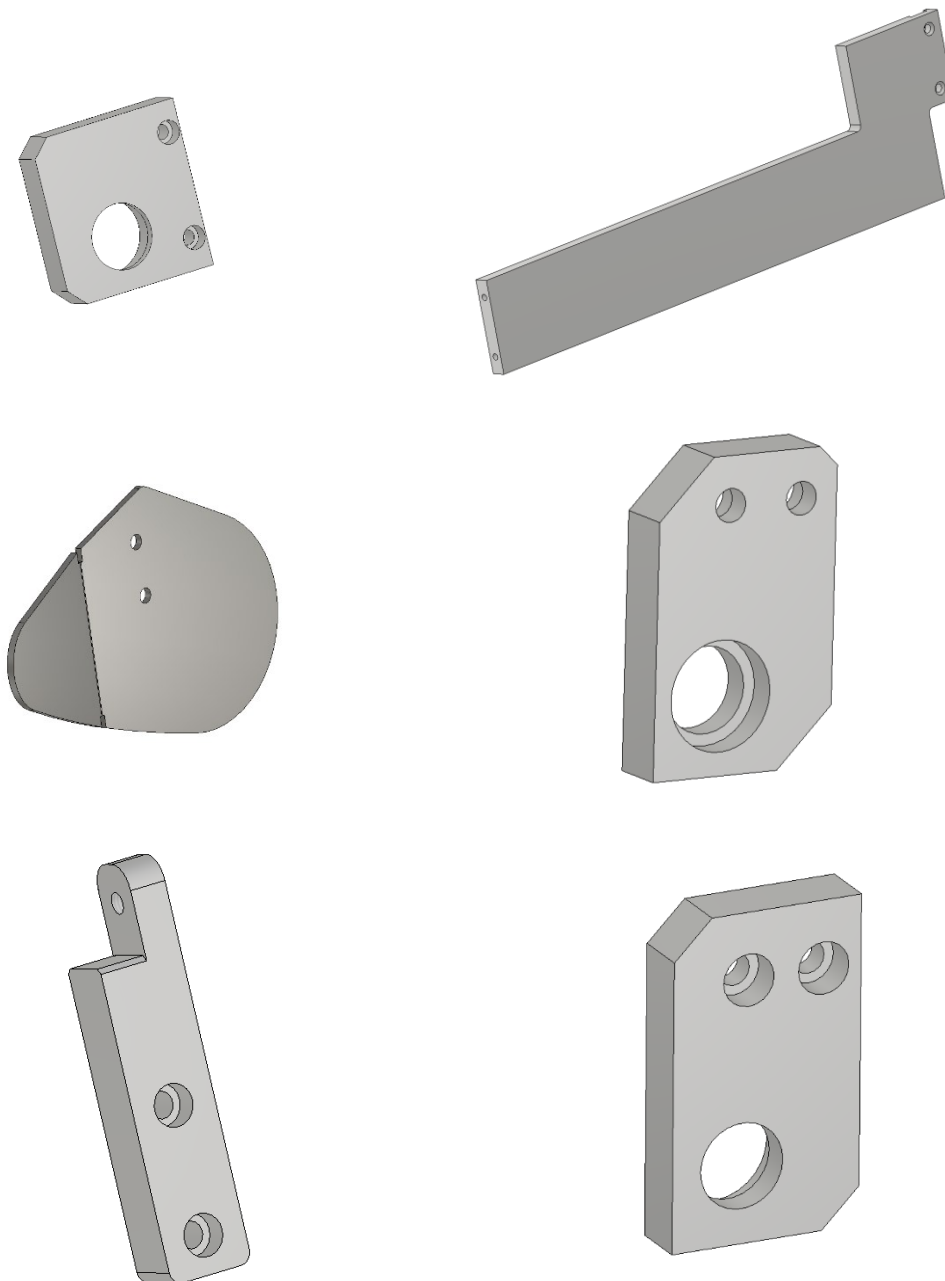
La nastratrice che abbiamo considerato fino ad ora ha la chiusura della prima falda appartenente al lato lungo della scatola di cartone a sinistra, mentre il cliente ha richiesto una chiusura della prima falda a destra (fig. 7.3):



**Figure 7.3:** nastratrice con chiusura della prima falda lato lungo a destra

Nel progetto è stata tenuta in considerazione la possibilità di una doppia configurazione, quindi, la progettazione è stata eseguita in modo tale da avere il minor numero di componenti specifici in base al senso di chiusura del cartone.

Di seguito vengono rappresentati i sei componenti dedicati alla nuova versione della nastratrice (fig. 7.4):

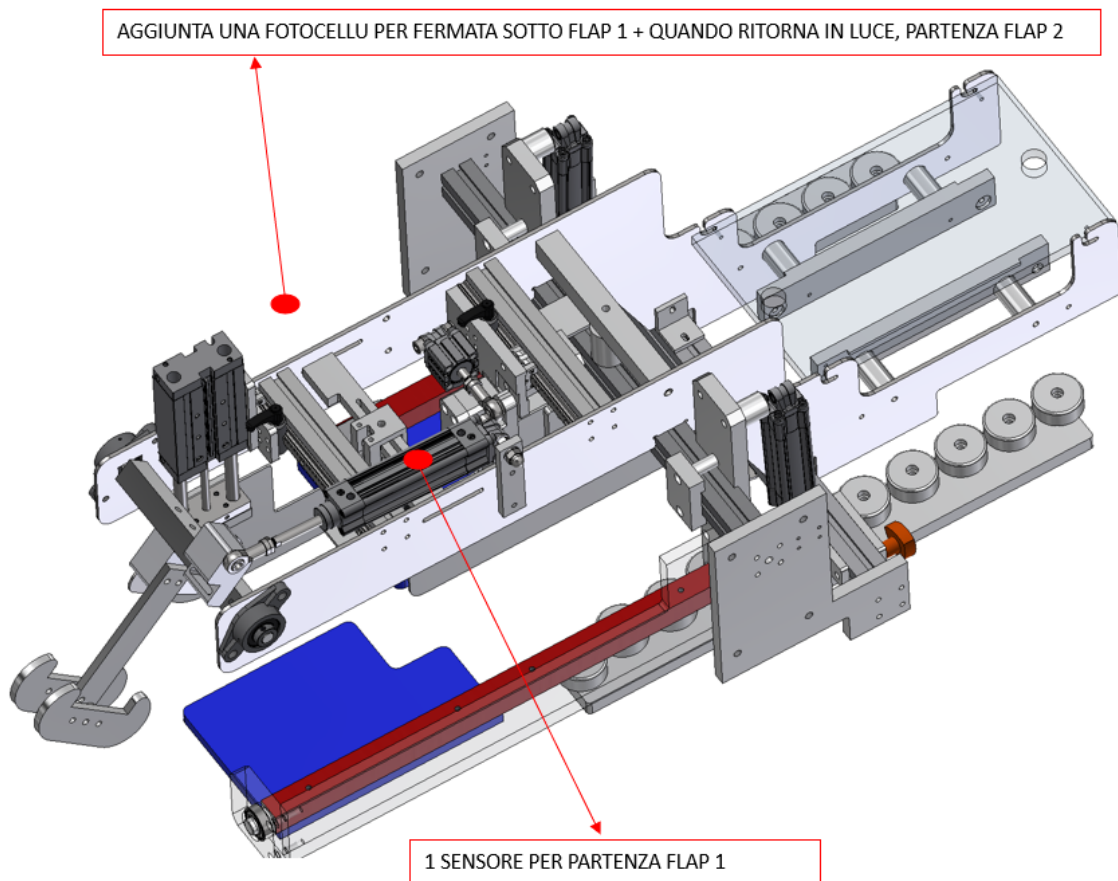


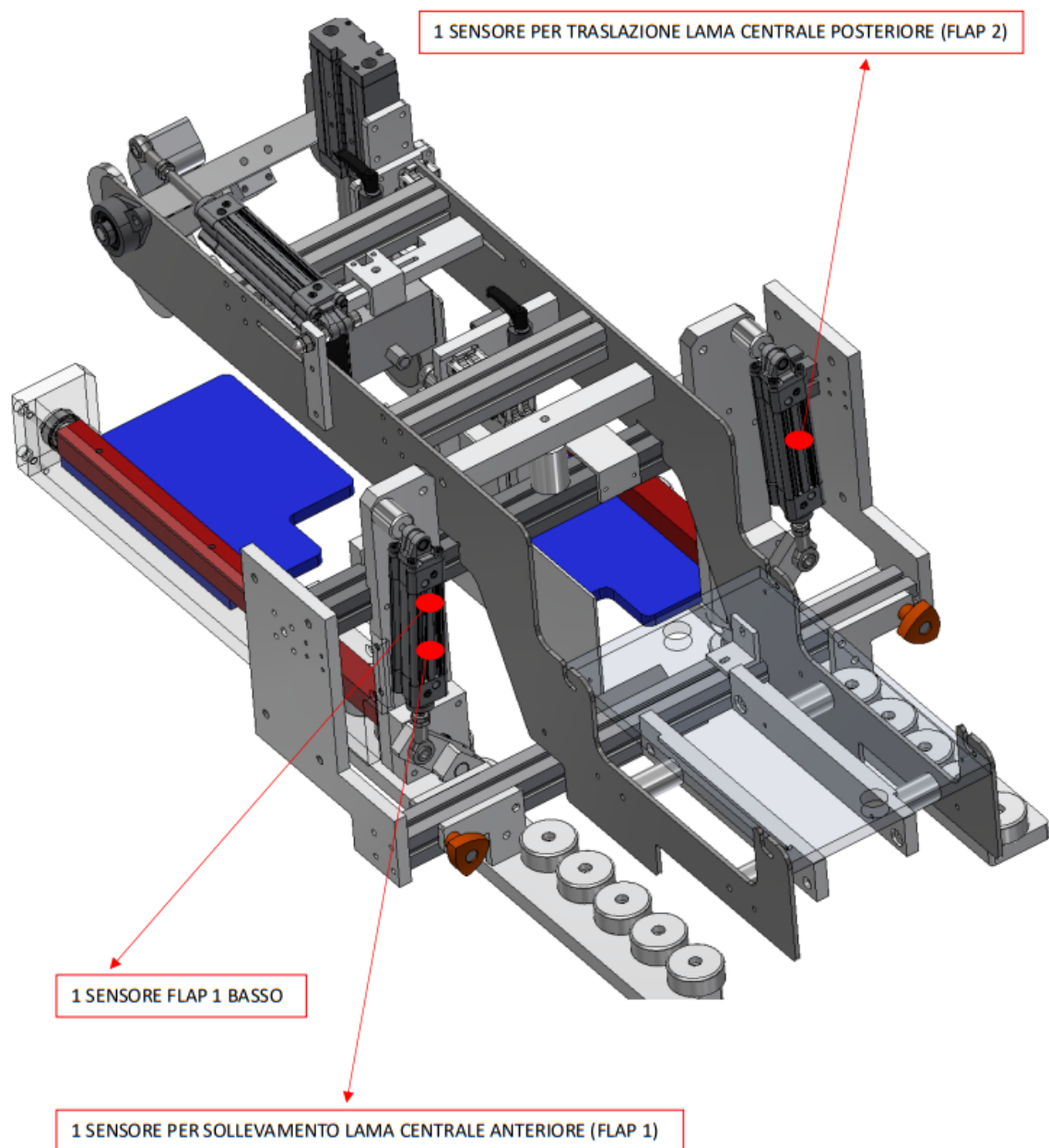
**Figure 7.4:** Componenti dedicati alla nastratrice in versione DX

## 7.2 - Sensori per l'automazione

A questo punto, definita la configurazione della macchina, andiamo a considerare i sensori di finecorsa e di passaggio da montare sui vari attuatori pneumatici, essi vengono definiti in base ai movimenti richiesti dalla nastratrice durante la chiusura del cartone a falde sovrapposte. Questi sensori sono fondamentali per garantire un controllo preciso del processo e assicurare il funzionamento corretto tramite PLC.

Di seguito riportiamo un'immagine ne rappresenta il posizionamento (fig.7.5):





**Figure 7.5:** Trasporto dei componenti lavorati per il montaggio del prototipo della nastratrice

Dato il limitato spazio disponibile, abbiamo installato una fotocellula vicino all'estremità del flap 1. Questa fotocellula consente di eseguire una breve pausa del cartone, consentendo così la corretta chiusura della prima falda sovrapposta. Questo impedisce che durante l'avanzamento, il cartone si sovrapponga alla zona di chiusura della falda 2. In caso di sovrapposizione, si verificherebbe una collisione con la lamiera posizionata in modo sfalsato verso il lato di uscita dei cartoni.

### 7.3 - Creazione dei componenti e assemblaggio della nastratrice

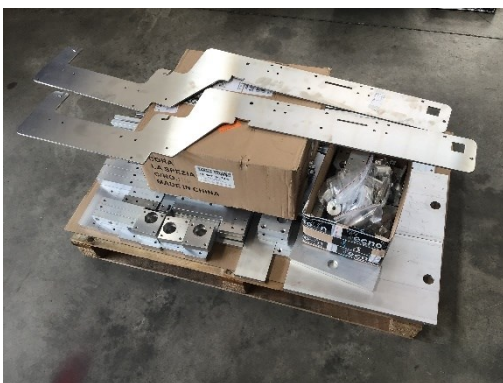
Una volta modellata completamente la struttura all'interno di inventor, si passa alla creazione della distinta componente, questa servirà a tenere traccia di tutte le parti di cui è composta questo gruppo della macchina, successivamente si andranno a creare tutti i codici aziendali che permettono l'identificazione e l'archiviazione del singolo componente all'interno del server aziendale.

Fatto questo si passa alla creazione delle messe in tavola e alla successiva divisione degli elementi in 4 famiglie:

- Elementi creati in azienda
- Elementi creati esternamente in torneria
- Elementi creati esternamente al taglio laser (lamiera)
- Elementi di commercio

Una volta effettuata la divisione, si utilizza il software TESEO per effettuare gli ordini (esclusi i componenti che verranno creati all'interno dell'azienda). Inizialmente si invia una richiesta d'offerta al fornitore, il quale fornirà un preventivo con i costi di ogni componente lavorato e quello totale di tutta la commessa, compreso di IVA, se questo soddisfa le nostre aspettative ed esigenze, allora, si passa alla voce ordini fornitore e si esegue l'ordine di produzione vero e proprio.

Dopo che i componenti lavorati e pronti per l'assemblaggio sono arrivati in magazzino, vengono trasportati ai montatori nell'area designata mediante l'utilizzando un muletto. (fig. 7.6):

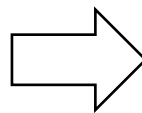
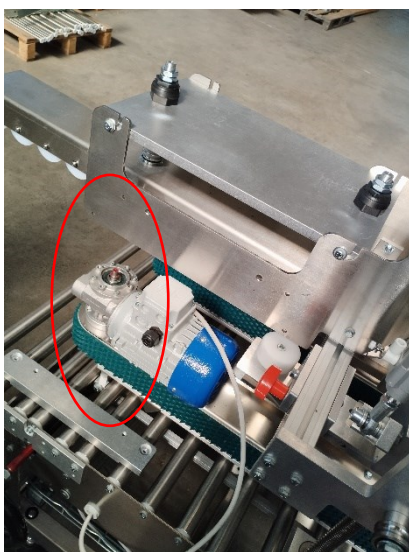
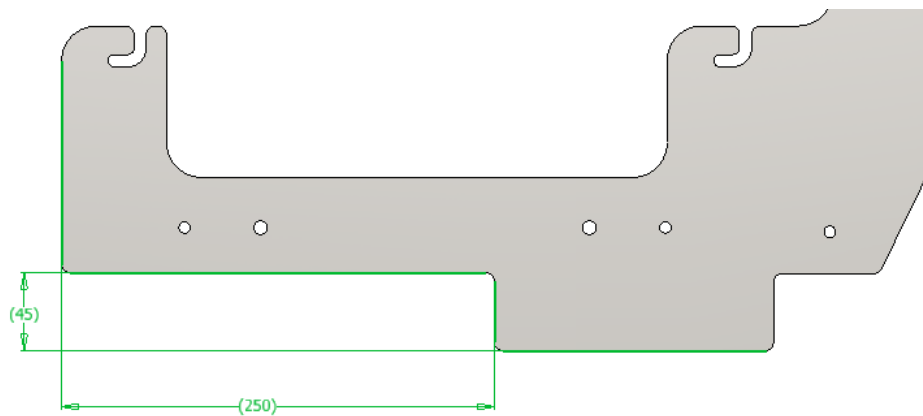


**Figure 7.6:** Trasporto dei componenti lavorati per il montaggio del prototipo della nastratrice



A questo punto gli operatori iniziano la fase di montaggio della nastratrice, mentre la struttura sulla quale verrà montata (CFS400) era già stata preparata in precedenza.

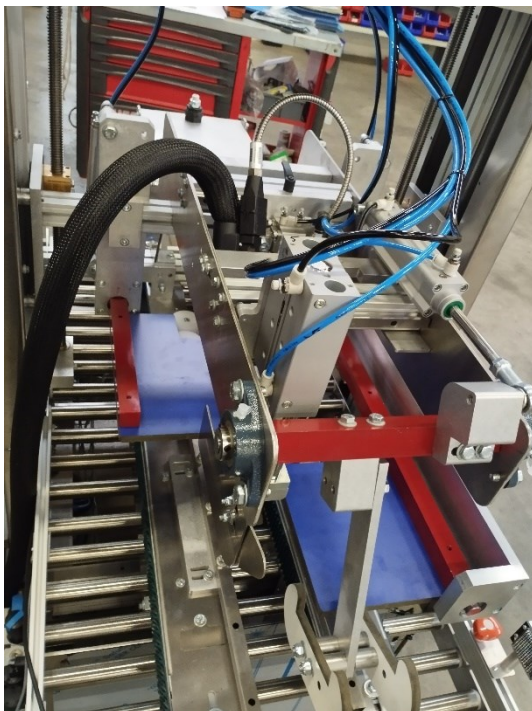
Durante il montaggio è stato necessario effettuare subito una modifica, solitamente questo macchina funziona tramite sensori, da poco si è iniziato ad usare l'encoder per la gestione dei nastri di trascinamento cartone. Non avendo considerato gli ingombri dell'encoder è stata necessaria una modifica alle lamiere centrali che sorreggono parte del sistema di chiusura falde, si è andati a rimuovere del materiale nella parte posteriore per permettere al gruppo nastrante di raggiungere la quota di chiusura verticale della scatola più piccola, si tratta del cartone americano con un'altezza di 185 [mm] (7.7):

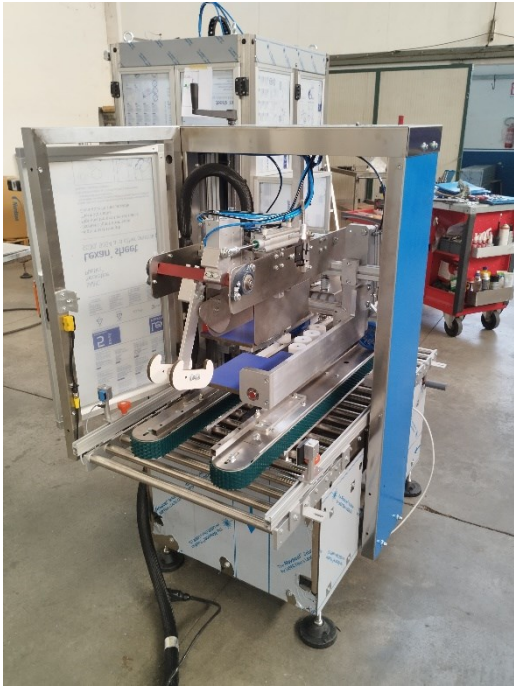


**Figure 7.7:** Modifica della parte posteriore delle lamiere di supporto di parte del meccanismo di chiusura falde



Di seguito si riporta la macchina assemblata con montato il gruppo della nastratrice nella versione sovrapposta (fig. 7.8):





**Figure 7.8:** Macchina CFS400 assemblata con il gruppo nastrante sovrapposto

Per movimentare la nastratrice mediante pneumatica è stata inserita una unità di manutenzione (MSB4) e 5 valvole 5/2 bistabili con azionamento elettrico e collegamento pneumatico da 1/8 (VUVG-L14-B52-T-G18-1P3).

Di seguito riportiamo questa componentistica montata sulla macchina (fig. 7.9):

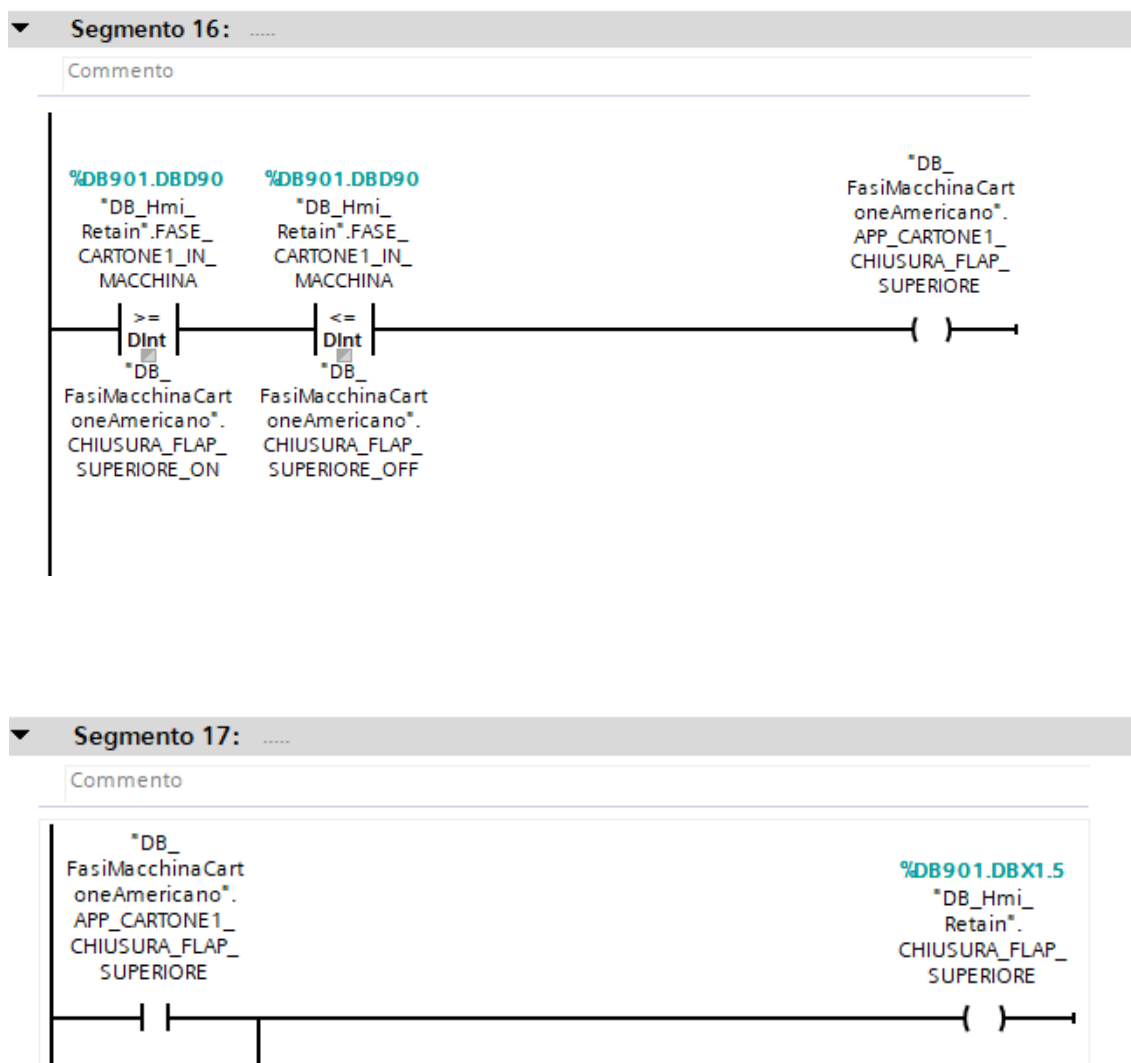


**Figure 7.9:** Componenti per la movimentazione pneumatica



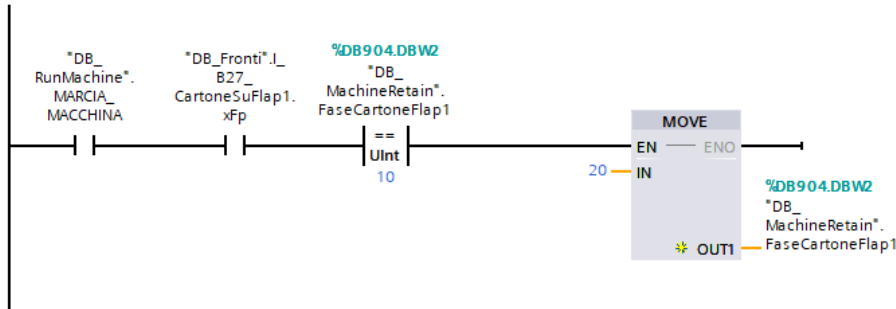
A questo punto sarà necessario scrivere il programma da inserire all'interno del PLC per il controllo e il processo di tutte le fasi che la macchina deve compiere durante il suo ciclo di funzionamento, dalla fase iniziale (ingresso cartone) alla fase finale (uscita del cartone sigillato).

Riportiamo di seguito una piccola parte del programma, a titolo di esempio, che fa riferimento alla chiusura del flap 1 (fig. 7.10):



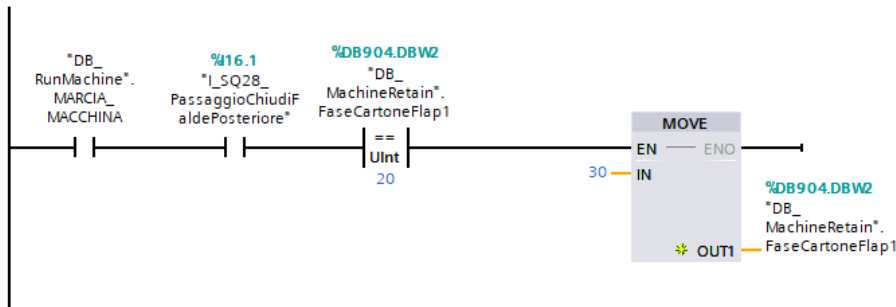
**Segmento 7:** Ciclo automatico: F1005: apro le pinzette trattieni falda

Commento



**Segmento 8:** Ciclo automatico: F1005: apro le pinzette trattieni falda

Commento



**Segmento 27:** CMD. EV. CHIUSURA FLAP A

Commento

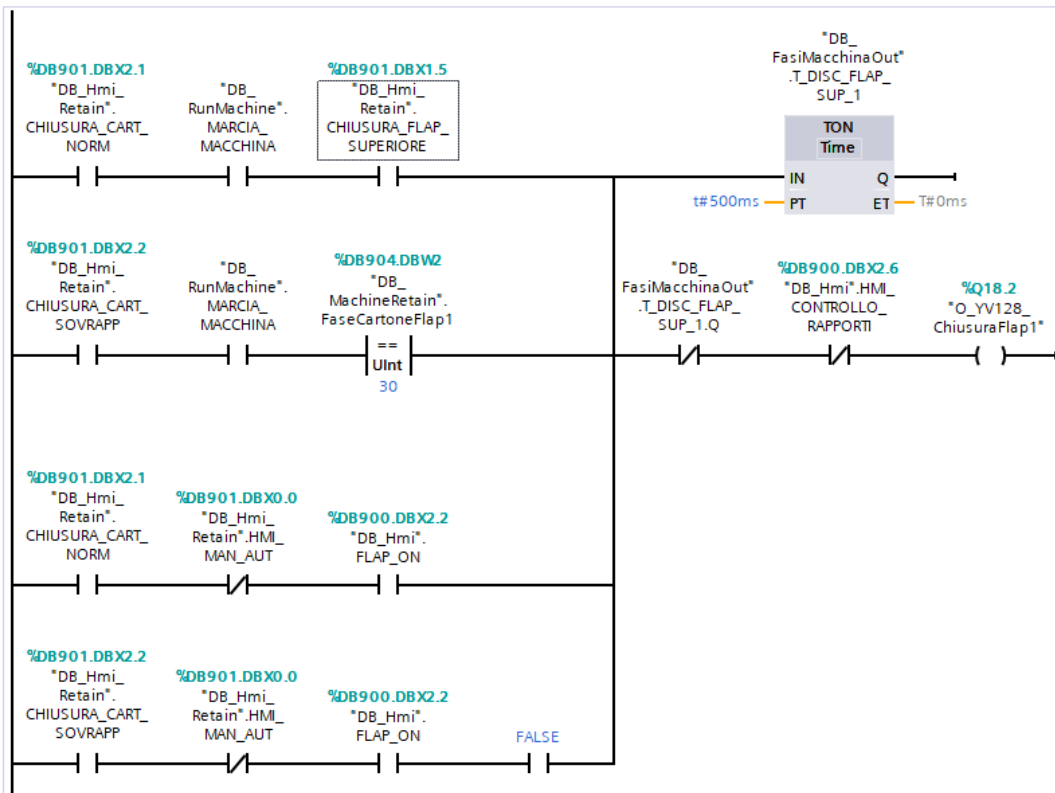
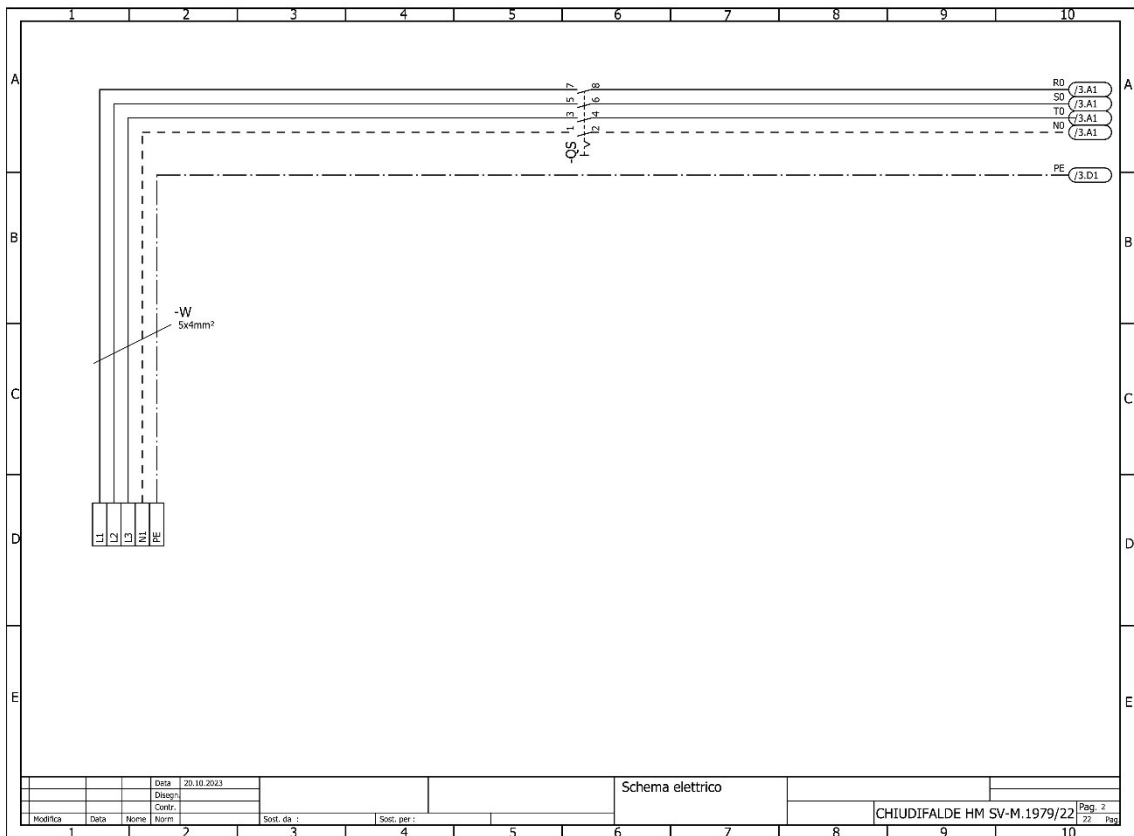
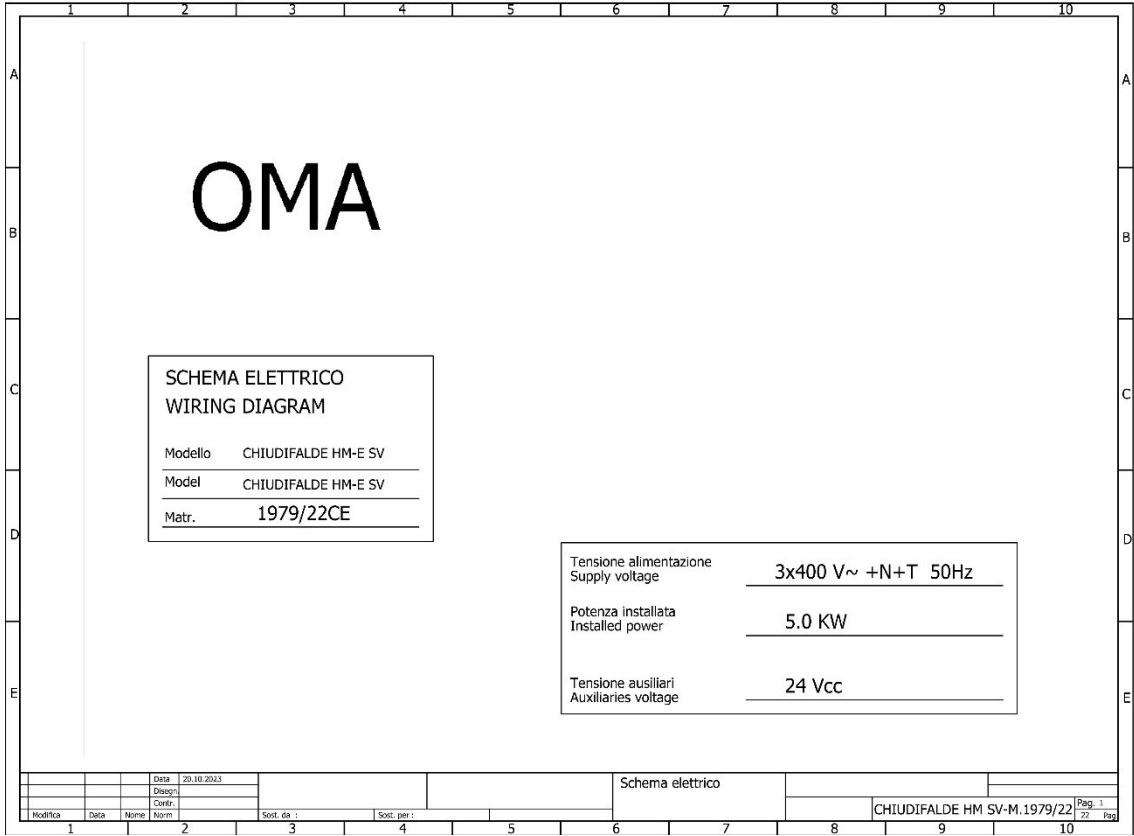


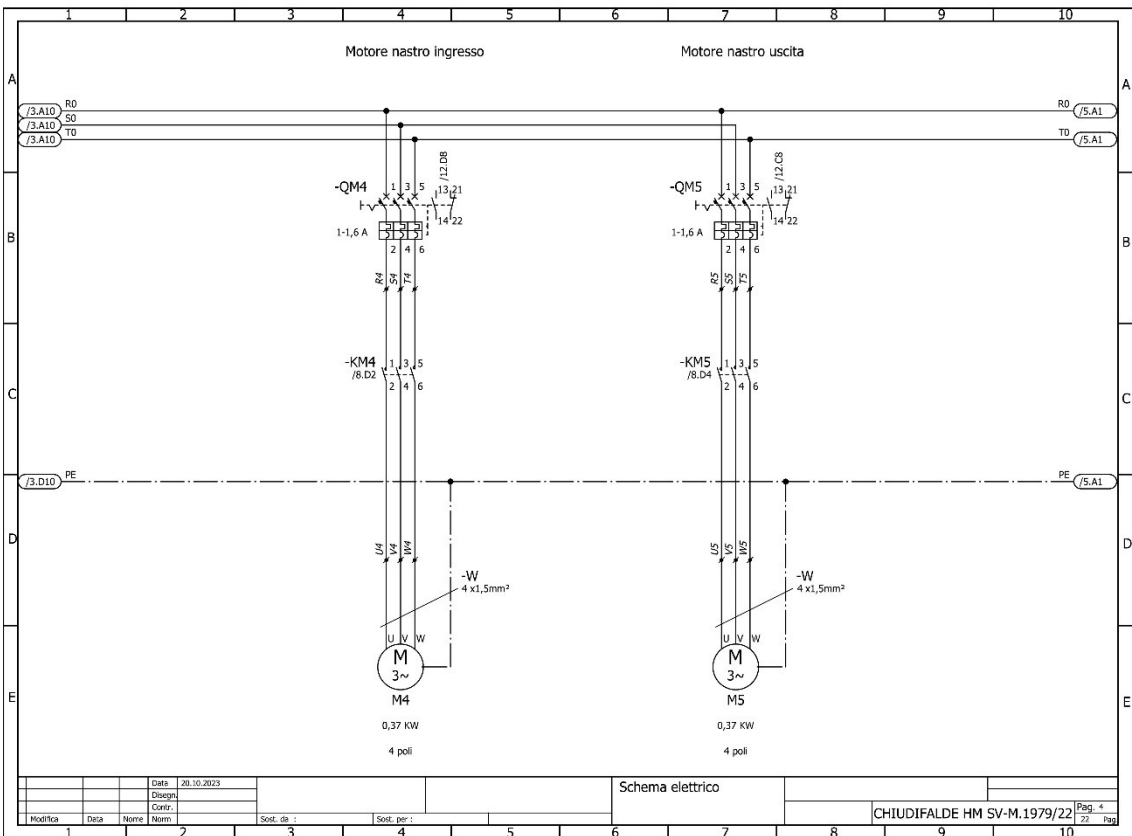
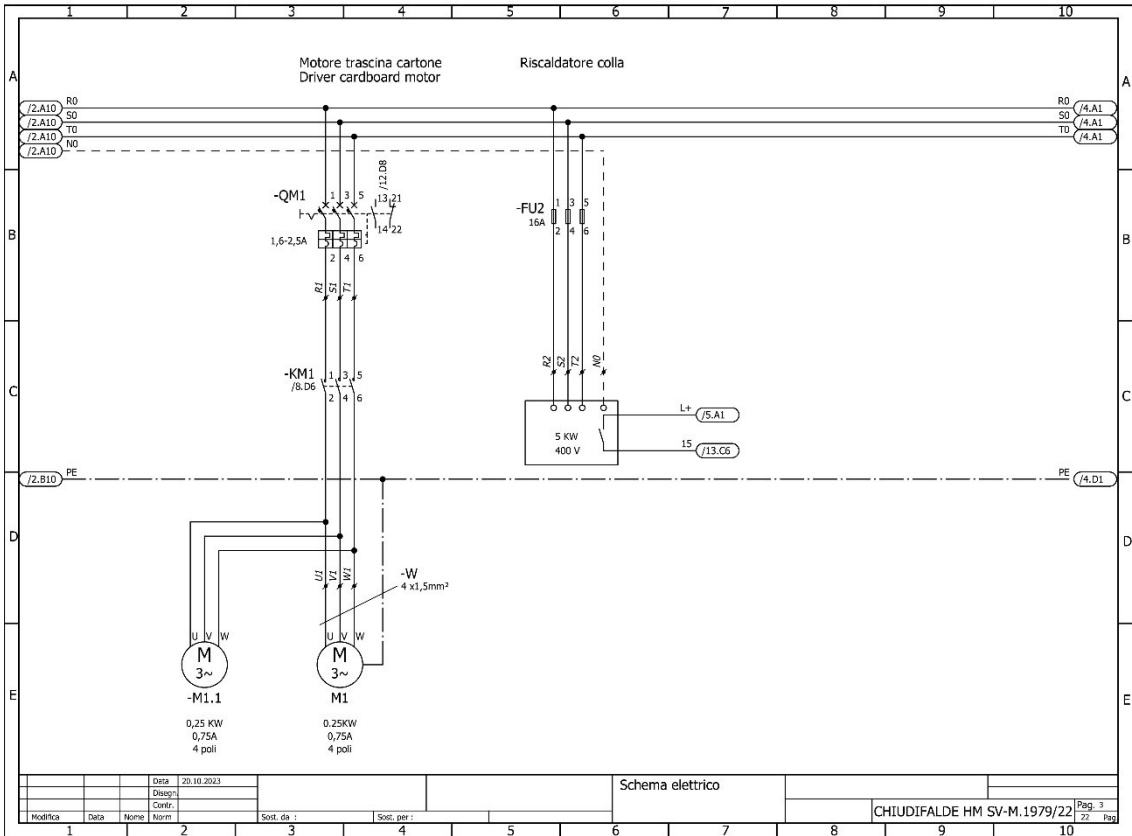
Figure 7.10: Parte di programma PLC per il controllo del flap 1

A questo punto per concludere l'assemblaggio della macchina ci si affida alla squadra di elettricisti, hanno il compito di costruire il quadro elettrico, cablare la macchina e programmare la cabina di controllo dello spruzzo colla.

Di seguito riportiamo le immagini del componente montato e di una parte dello schema elettrico della macchina (fig. 7.11):







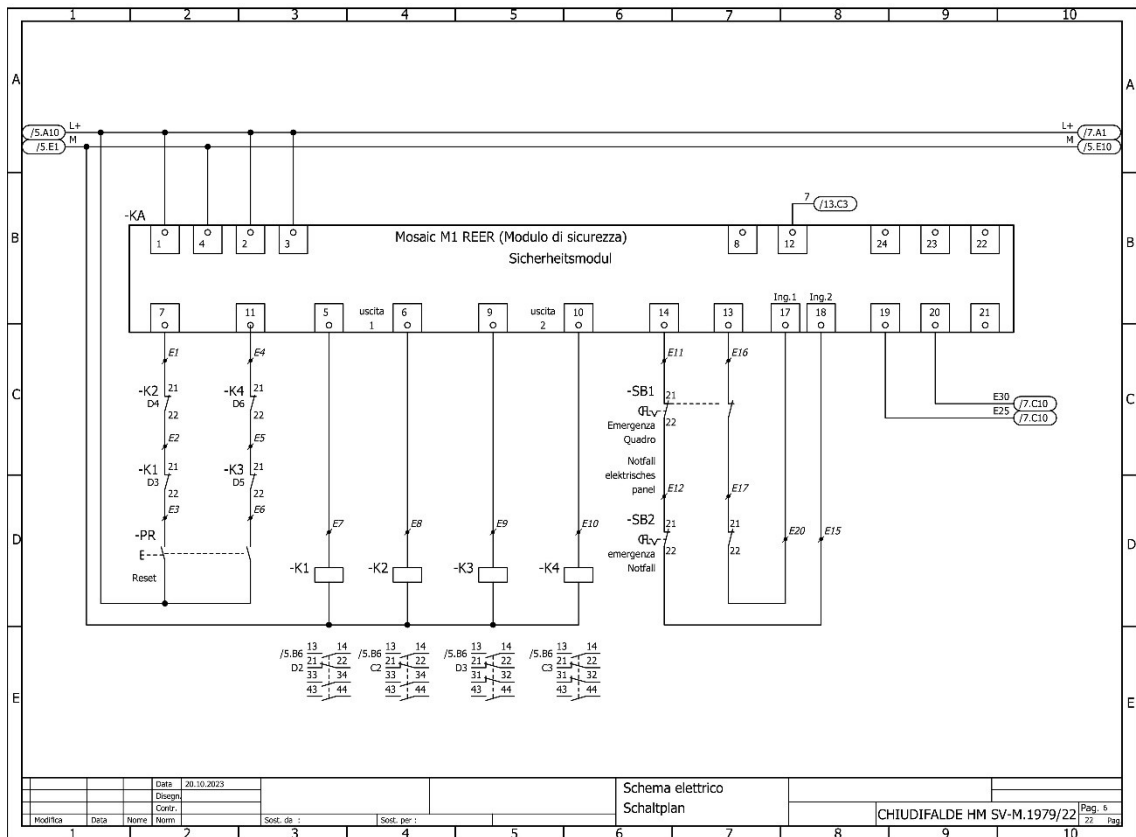
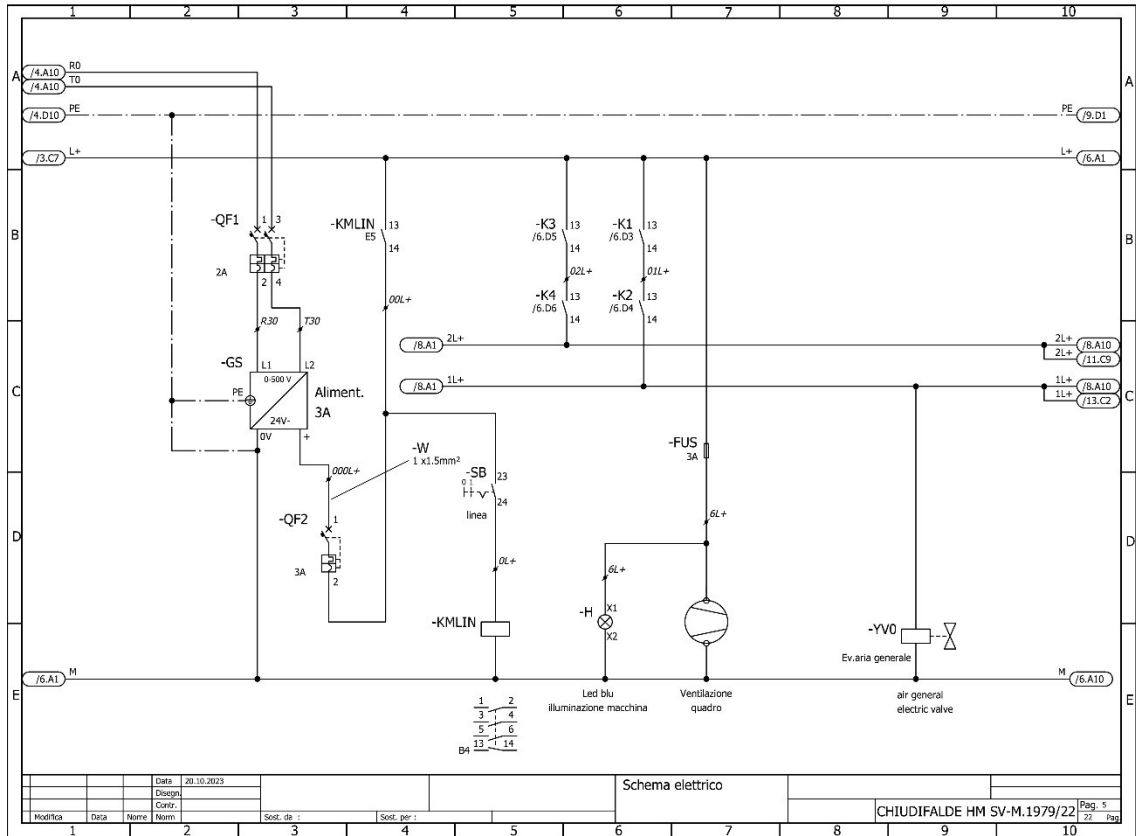


Figure 7.11: Cabina di controllo spruzzo colla e parte dello schema elettrico della macchina



## 7.4 - Testing di funzionamento della incartonatrice CFS400\_SV

Si è arrivati alla parte finale del processo di sviluppo e creazione della macchina automatica incartonatrice, in questa fase si va a testare il corretto funzionamento del macchinario nella sua interezza (cablaggi, pneumatica, scrittura del programma PLC, meccanica di funzionamento, esecuzione, tempistiche ecc..).

Per prima cosa si connette la macchina alla rete elettrica (corrente trifase a 400V) e si verifica che il quadro elettrico sia stato cablato correttamente, successivamente si va a collegare l'aria compressa e mediante azionamento manuale, agendo direttamente sulle valvole bistabili, si verifica che tutti gli azionamenti vengano compiuti correttamente e si registrano i regolatori di flusso in modo da non avere movimenti eccessivamente rapidi e bruschi.

Una volta effettuate tutte le verifiche iniziali, si inserisce il programma all'interno del PLC, iniziando dal formato americano, questo permette l'inizio dei test veri e propri. Mediante uno schermo touchscreen vi è la possibilità di settare alcuni importanti parametri della macchina (fig. 7.12):



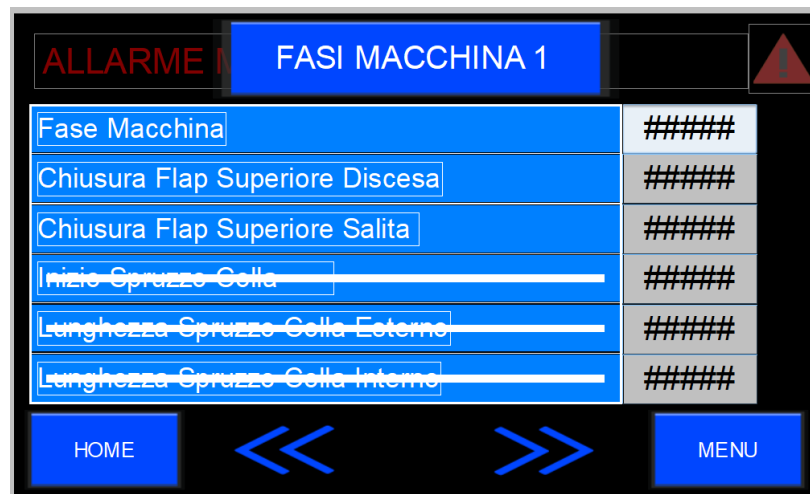
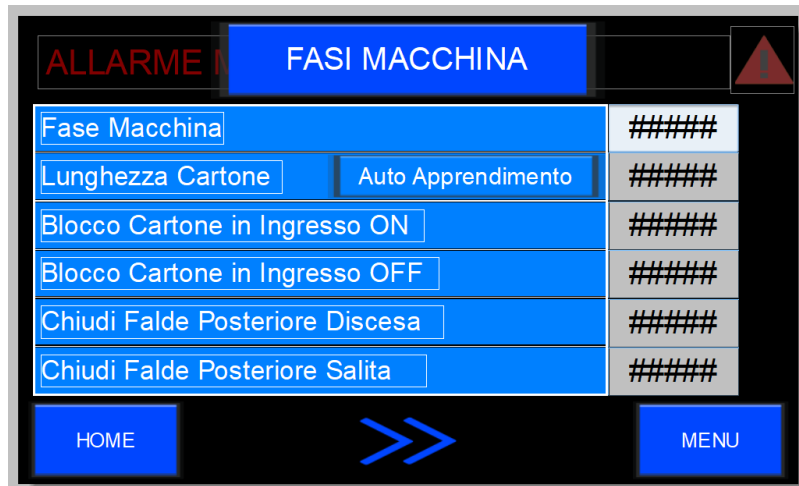


Figure 7.12: Regolazione macchina mediante touch screen

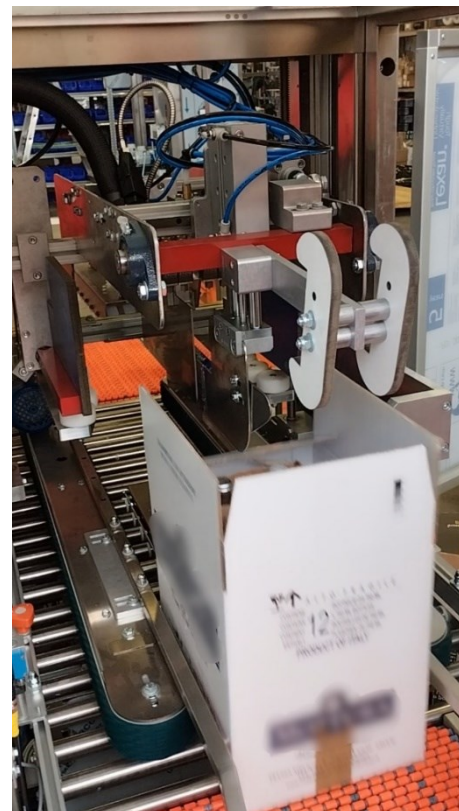
Le linee bianche fanno riferimento alla nastratrice con il sistema di chiusura a nastro, le voci disattivate diventano visibili solamente nella versione con chiusura a colla.

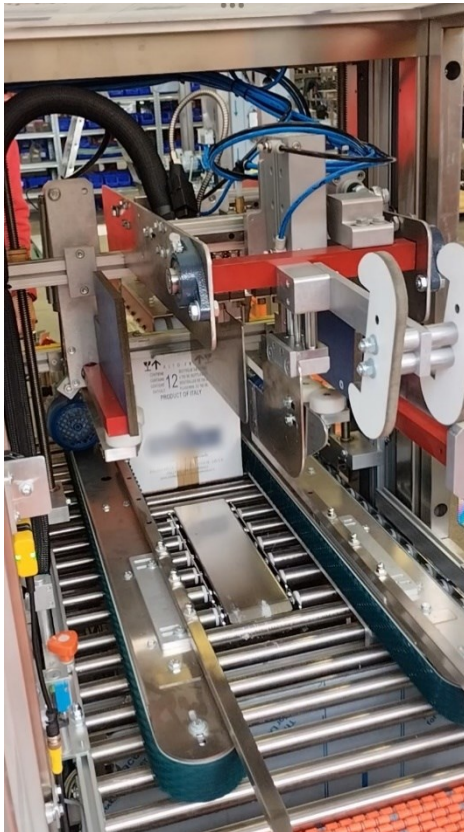
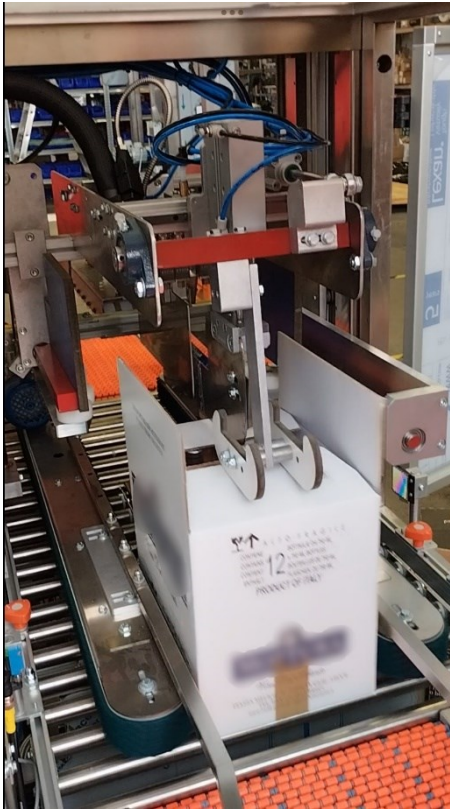
Dopo aver condotto diverse prove e regolazioni di sensori, registrato ulteriormente il flusso degli ingressi e delle uscite dell'aria dei pistoni pneumatici, parametri dello spruzzo colla, regolazioni meccaniche e testato diversi formati di scatole di cartone (comprese la più grande e la più piccola da produrre), abbiamo ottenuto un ottimo risultato per quanto riguarda la chiusura del cartone americano.

Il serraggio della scatola viene effettuata in maniera fluida, armoniosa e senza collisioni, inoltre, abbiamo ottenuto un'adesione di incollaggio ottimale delle falde superiori (le due appartenenti al lato lungo) sopra a quelle inferiori (le due appartenenti al lato corto).

L'intero processo di chiusura avviene in un tempo di 2.50 [s], questa tempistica equivale ad una velocità di produzione oraria pari a 1440 [cartoni/ora], un risultato ottimo siccome avevamo imposto una produzione oraria minima di progetto pari a 1000 [cartoni /ora].

Di seguito riportiamo le immagini dell'intero processo di chiusura del cartone americano (fig. 7.13):





**Figure 7.13:** Processo di chiusura del cartone americano



Una volta concluso i test del formato americano, viene inserito all'interno del PLC il programma per effettuare il cartone a falde sovrapposte.

Dopo numerosi test e regolazioni si è riscontrato un problema con la dimensione più grande del cartone da produrre, durante la chiusura dell'ultima falda appartenente al lato lungo della scatola si impatta contro la lamiera centrale anteriore nella parte posteriore (fig. 7.14):



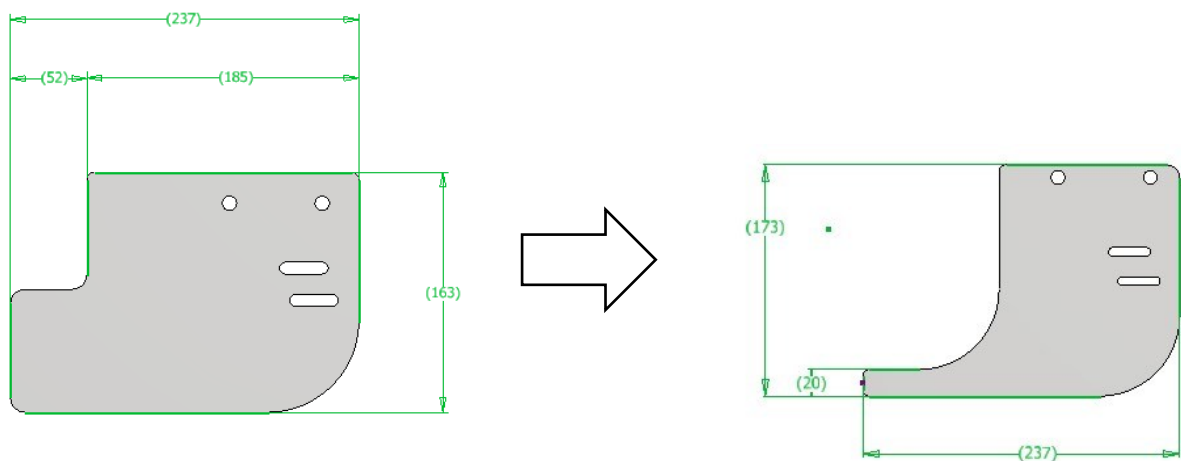
**Figure 7.14:** Collisione ultima falda contro lamiera anteriore

Per risolvere questo problema basterebbe posticipare la chiusura del flap, questo però non è possibile perché viene a crearsi una collisione con la lamiera che invita il cartone ad entrare sotto il pressino (fig. 7.15):



**Figure 7.15:** Collisione ultima falda contro lamiera di invito sotto al pressino

Siccome non è possibile trovare una regolazione ottimale per la produzione della scatola di cartone più grande, si è deciso di adottare una soluzione tecnica basata sulla modifica della movimentazione di chiusura del catone che consiste nel bassare la lamiera anteriore quando viene chiusa l'ultima falda della scatola di cartone, inoltre viene sagomata la lamiera anteriore nella parte posteriore (fig. 7.16), in modo da aumentare lo spazio sfruttabile per la chiusura della falda.



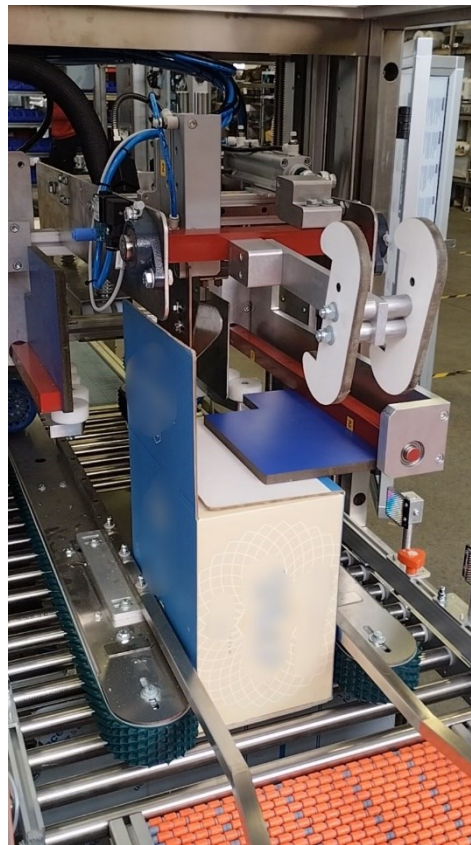
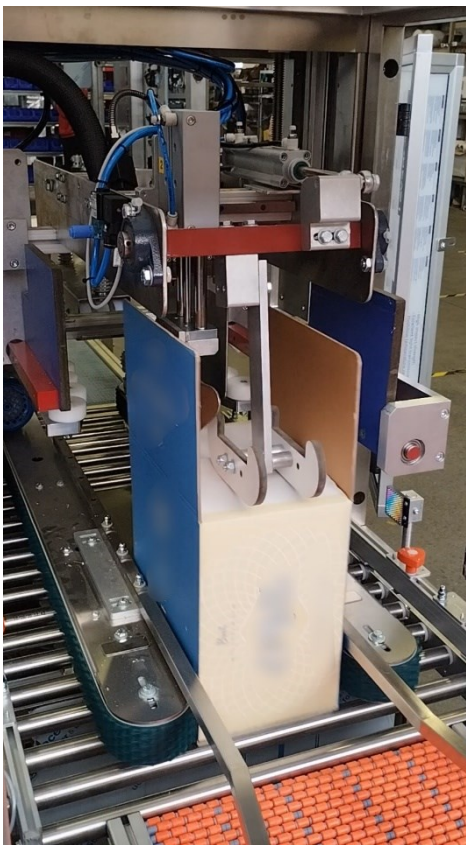
**Figure 7.16:** Sagomatura della lamiera anteriore

Grazie a questa soluzione tecnica, abbiamo la possibilità di anticipare notevolmente la chiusura dell'ultimo flap, Grazie a questa soluzione tecnica, abbiamo la possibilità di anticipare notevolmente la chiusura dell'ultimo flap, assicurandoci un'ampia regolazione nell'ultima fase di serraggio della scatola.

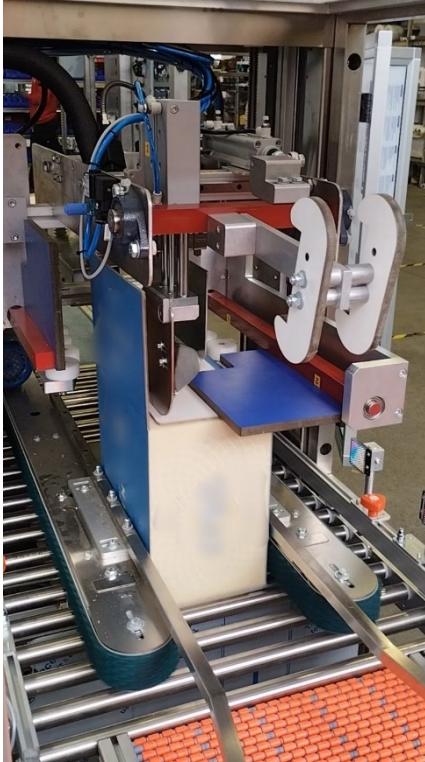
Arrivati a questo punto, sono bastate alcune regolazioni per far serrare in modo ottimale e preciso la scatola di cartone in tutti i formati da produrre. inoltre, l'adesione della colla tra le due falde lunghe della scatola di cartone risulta essere ottima.

La macchina compie l'intero ciclo di chiusura del cartone a falde sovrapposte in un tempo di 3,10 [s] che equivale ad una produzione oraria di 1161 [cartoni/ora], anche per questa categoria di scatole, abbiamo superato la soglia minima di 1000 [cartoni/ora] imposti come quantità da produrre.

Di seguito riportiamo le immagini dell'intero processo di chiusura del cartone a falde sovrapposte (fig. 7.17):







**Figure 7.17:** Processo di chiusura del cartone a falde sovrapposte



## 8 - Conclusioni

La presente tesi si è focalizzata sulla riprogettazione di un gruppo nastrante facente parte di una macchina automatica incartonatrice. Il lavoro, svolto nell'ambito di una collaborazione con l'Azienda OMA 1971, ha raggiunto pienamente l'obiettivo prefissato,

Il cuore del lavoro di tesi è stato la riprogettazione del gruppo nastrante della macchina, focalizzata sulla nuova capacità di chiudere i cartoni a falde sovrapposte, mantenendo al contempo la funzionalità originale di chiusura per i cartoni nel formato americano.

Grazie alle modifiche apportate, la macchina è ora in grado di gestire con successo la produzione di cartoni americani a falde sovrapposte, per tutti i formati pianificati. Questo risultato attesta la completa realizzazione del progetto, rendendo la macchina pronta per essere introdotto sul mercato.

Il lavoro svolto ha portato ad un notevole miglioramento dell'efficienza e della versatilità della macchina, consentendo una maggiore flessibilità nella linea di produzione, per rispondere in modo ottimale alle varie configurazioni di falde richieste dalle esigenze di imballaggio.

L'analisi dettagliata dei movimenti che guidano il processo di chiusura del cartone è stata cruciale per la concezione e l'implementazione di questa soluzione tecnica. L'esame approfondito del meccanismo di regolazione e movimentazione della macchina ha contribuito al successo dell'intero progetto. Inoltre, si è prestata attenta considerazione agli ingombri e alle potenziali collisioni durante l'operazione di chiusura del cartone, pervenendo il progetto ad una soluzione robusta e sicura. Tutti gli obiettivi e i vincoli stabiliti nella fase iniziale, ed in particolare la produttività minima di 1000 cartoni per ora, sono stati rispettati con successo.

In sintesi, l'ottimizzazione della macchina CFS 400, ottenuta con il presente lavoro di tesi, rappresenta una significativa evoluzione nell'ambito delle soluzioni automatizzate per la chiusura di scatole di cartone, ed offre una risposta efficace alle mutevoli esigenze di imballaggio generate dagli attuali meccanismi di distribuzione del prodotto.