



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE  
Facoltà di Ingegneria

---

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccanica

Standardizzazione e progettazione di macchine avvolgitrici in base  
alle statistiche di produzione e in base alla  
configurazione richiesta

Standardization and design of wrapping machines based on statistics obtained from  
production and based on the required configuration

Relatore:  
Prof. Marco Sasso

Tesi di Laurea di:  
Tommaso Pierfederici

---

Anno Accademico 2023/2024



## INDICE

Introduzione	5
Capitolo 1: Standardizzazione	7
1.1: I vantaggi di standardizzare	8
Capitolo 2: Macchinari di fine linea	11
2.1: Macchine avvolgitrici	13
Capitolo 3: Il progetto	17
3.1: Telai	20
3.2: Mettifoglio	21
3.3: Bracci verticali	23
3.4: Pressini	25
3.5: Portabobine	27
Conclusioni	29
Ringraziamenti	31
Bibliografia	33



## INTRODUZIONE

Con questa tesi ci si è posti l'obiettivo di ottenere la completa standardizzazione di macchine di fine linea, nello specifico le macchine avvolgitrici RA300 e RA100 prodotte da Messers packaging s.r.l. . Il raggiungimento di tale obiettivo prevede una riduzione dei tempi di progettazione, dei tempi di produzione, dei costi relativi sia alle componenti destinate alla macchina sia alle due fasi citate precedentemente ed una pulizia all'interno del gestionale di tutte quelle componenti ritenute obsolete, facilitando così la ricerca delle parti considerate idonee per entrambe le macchine. Il conseguimento di tale progetto con conseguente risultato positivo permetterà di essere applicato sull'intera gamma di macchine di fine linea prodotte dall'azienda.



Figura i .1: Esempio di packaging line



## CAPITOLO 1: STANDARDIZZARE

Con il termine di Standardizzazione si intende un processo che assume significati differenti in base al contesto in cui viene applicato, a partire dal campo della chimica per passare al campo dell'economia fino a raggiungere quello tecnico, ovvero l'ingegneria.

L'applicazione di tale processo all'interno di un'azienda e nello specifico di un prodotto permette di ottenere numerosi vantaggi a sia livello di tempistiche sia economici.

Facendo un esempio automobilistico, Toyota, colosso mondiale, è stato uno dei precursori nell'applicazione di tale metodo, denominato in casa Kanban, con un sistema basato nell'andare ad unificare le unità prodotte con un focus principale di bloccare la sovrapproduzione.



Figura 1.1: Linea di produzione Toyota

## 1.1: i vantaggi di standardizzare

In primis l'applicazione della standardizzazione permette di andare ad eliminare tutti quei componenti che a catalogo possono risultare obsoleti sostituendoli con parti di nuova generazione in modo tale da andare a garantire sia una qualità del prodotto migliore e costante nel tempo sia una migliore sicurezza dello stesso riducendo la possibilità di difetti e malfunzionamenti.

L'applicazione di tale processo permette inoltre di andare ad eliminare quelle possibili varianti di un determinato prodotto, considerate inutili, mettendo in risalto quelle versioni considerate standard/unificate in modo tale da andare a ridurre i tempi di progettazione e produzione, piuttosto che, ogni qual volta si riceve un ordine, andare a progettare e produrre, come in questo caso, una macchina su misura per quel determinato cliente, allungando notevolmente i tempi.

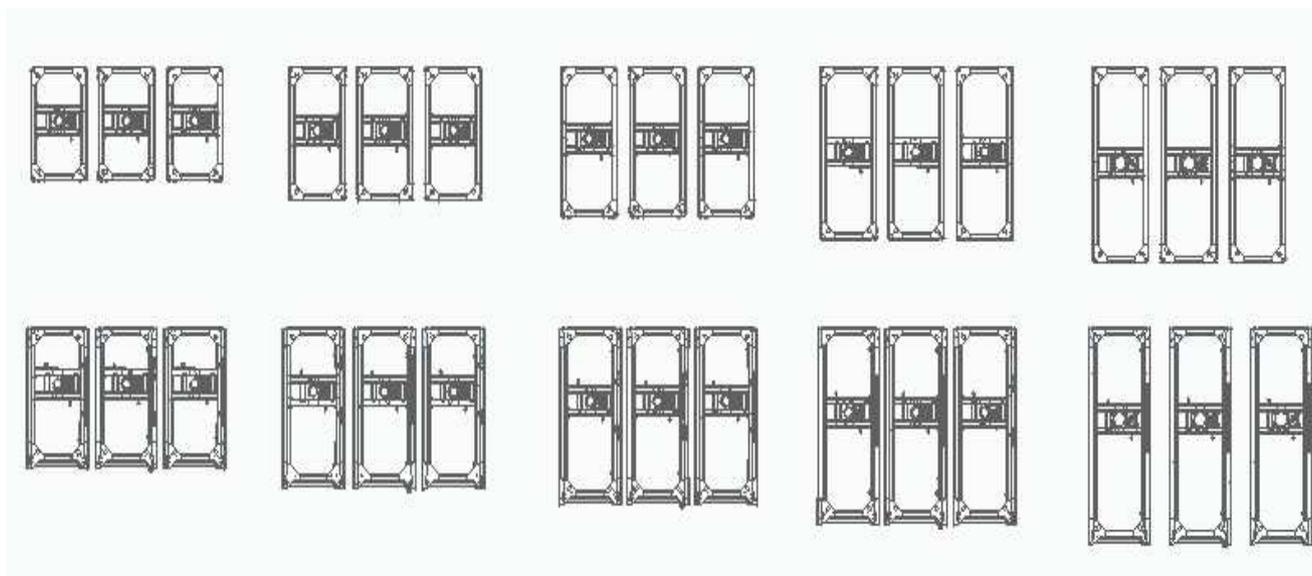


Figura 1.2: Le versioni disponibili a listino di RA300 normalizzate

E' necessario sottolineare ciò che comporta dal punto di vista economico, di servizio clienti e di innovazione per l'azienda oltre che dal punto di vista tecnico.

Infatti applicare tale metodo permette di ottenere una significativa riduzione dei costi attraverso la riduzione degli sprechi, il miglioramento della gestione delle scorte e l'ottimizzazione di tutti quei reparti che accompagnano ufficio tecnico e officina, quali ufficio acquisti, magazzino e back office.

Tutto questo favorisce la collaborazione tra le persone all'interno dei luoghi di lavoro, che non debbono ogni volta partire da zero ma si possono basare su un insieme di conoscenze e di competenze che si è stratificato nel tempo. La curva di apprendimento diviene più breve man mano che si sedimentano informazioni comuni che vengono metabolizzate col tempo garantendo così un processo di innovazione più rapido.

Viene infine, ma non meno importante, quella che è definita come la customer satisfaction. L'insieme dei vantaggi citati precedentemente permette così di andare a fornire un'esperienza completa al cliente garantendo una qualità del prodotto più alta, minor manutenzione della macchina e tempistiche di consegna migliori.



## CAPITOLO 2: MACCHINARI DI FINE LINEA

Una macchina o un impianto di fine linea è lo step finale di una linea di produzione: il loro lavoro consiste nel movimentare prodotti di svariata natura quali scatole, sacchi, bottiglie e bobine. Molto spesso è la parte finale del ciclo produttivo e può essere definito come un vero e proprio biglietto da visita per l'azienda poiché un corretto imballaggio del prodotto garantisce una sua protezione da tutto ciò che può intaccarlo durante il trasporto come agenti atmosferici o urti.

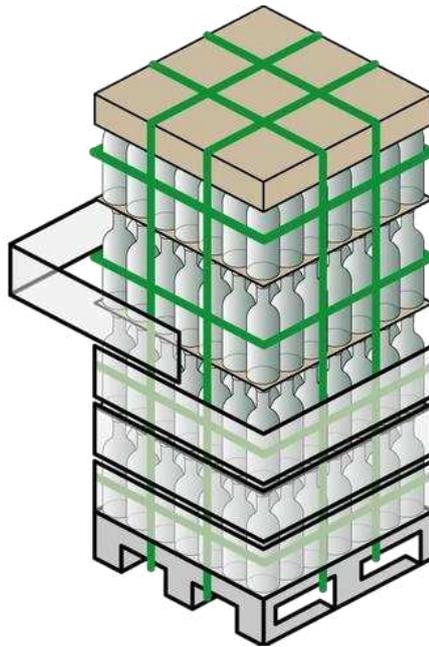


Figura 2.1: Esempio di un corretto imballaggio

In base al prodotto e alla tipologia di imballaggio richiesto sono progettate quattro tipologie di macchine differenti:

- reggiatrici
- incappucciatrici
- per termoretrazione
- avvolgitrici

Le macchine reggiatrici, che si dividono in automatiche, semiautomatiche e per linea di confezionamento, orizzontali, verticali, laterali e a compressione, esegue la compattazione di carichi palettizzati ed è in grado di effettuare automaticamente più reggiature ad una distanza prefissata.

Le macchine incappuciatrici si presentano come il sistema ideale per pacchi esposti che richiedono protezione igienica e funzionale. La loro stabilità è assicurata dall'elasticità del film che rende questa tipologia di macchina la soluzione migliore per stabilizzare e gestire carichi molto instabili.

Le macchine per termoretrazione sono adatte a confezionare prodotti pallettizzati, conferiscono stabilità all'imballaggio e buona protezione dagli agenti atmosferici. L'imballaggio avviene in tre fasi: il film retraibile viene preparato e tagliato su misura; la macchina lo posiziona intorno al materiale da imballare; il forno combinato ( elettrico o a gas ) agisce sul film che si ritrae, si fissa e così aderisce perfettamente al prodotto e al pallet.

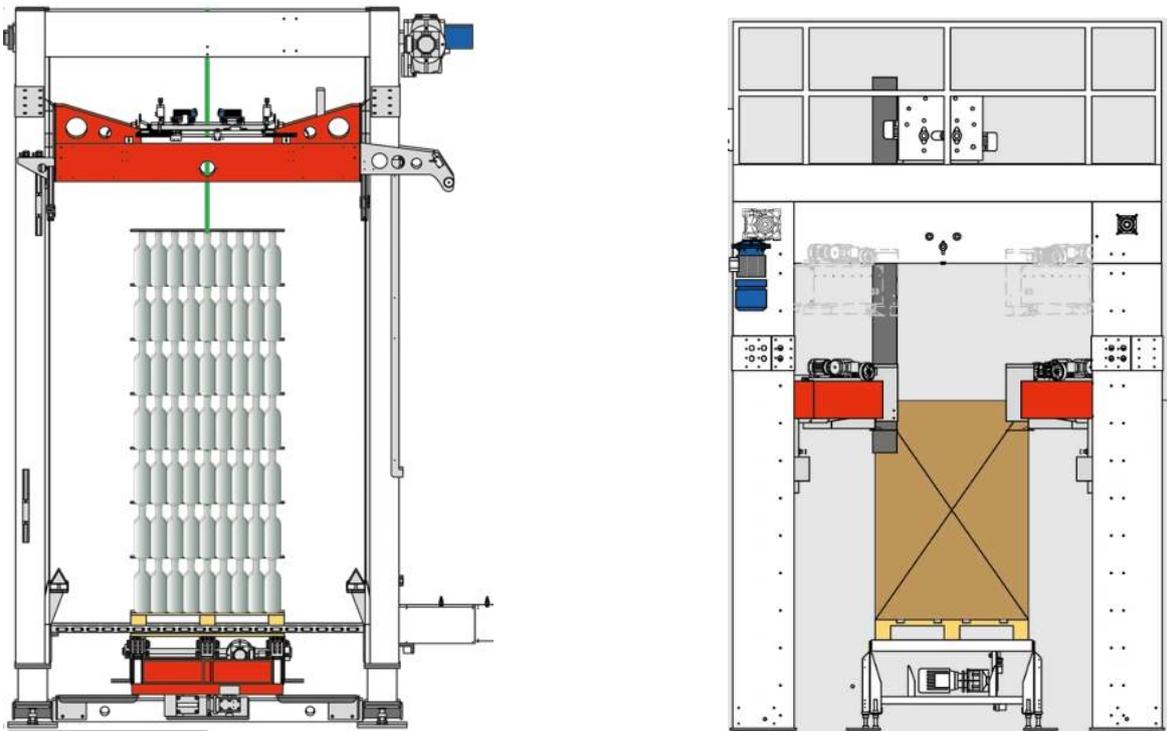


Figura 2.2 e 2.3: da sinistra verso destra, macchina reggiatrice e macchina incappuciatrice

## 2.1: macchine avvolgitrici

Il fulcro di tale progetto sono le macchine avvolgitrici, nello specifico i modelli RA300 e RA100. Tali macchine si dividono in modelli ad anello, a braccio, verticali e orbitali. Imballano con il film estensibile, mantenendo alta la qualità e la protezione del prodotto e i ritmi di produzione.

Il livello di personalizzazione è pressoché totale, e i vari optional rendono le avvolgitrici un macchinario per imballaggio indispensabile per il trasporto e la movimentazione del materiale.

Ma tale personalizzazione nel tempo si è presentata come un arma a doppio taglio poiché ha portato ad un rallentamento nelle fasi di progettazione e produzione, visto il numero eccessivo e quasi inutile di optional e componenti disponibili a listino. Andare ad unificare tali macchine è sembrata sin da subito la soluzione migliore per ovviare a tale problema, applicabile in futuro nelle restanti macchine della gamma.



Figura 2.4: Saturno, macchina avvolgitrice automatica ad anello rotante

## 2.2: macchine RA300 e RA100

Le macchine avvolgitrici a braccio rotante RA300 consentono il rapido avvolgimento di carichi pallettizzati con film estensibile. Sono costituite da una solida struttura che sostiene tutti i componenti. La rotazione del braccio rotante è controllata da inverter digitale regolabile. La rotazione avviene tramite motore coassiale che trasmette il moto, attraverso un ingranaggio, alla ralla dentata di rotazione braccio, che a sua volta è supportata da un cuscinetto assiale. Il movimento e la velocità di salita e discesa del carrello portabobina avviene anche essa tramite inverter al fine di rendere più agevole le operazioni di installazione e le successive necessità di normale manutenzione dell'impianto. Nella parte superiore del braccio, opposta al portabobina, alloggiavano i contrappesi necessari per migliorare il bilanciamento statico e creare forze centrifughe minime.



Figura 2.5: macchina avvolgitrice automatica a braccio rotante

Il principio di funzionamento si articola nelle seguenti fasi:

- 1) Il prodotto arriva sul trasporto di servizio della macchina.
- 2) Il braccio della macchina inizia ad effettuare alcuni giri di avvolgitura.
- 3) Dopo un certo numero di giri prestabiliti dal software, la pinza del gruppo-pinza si apre e rilascia il lembo iniziale del film; il ciclo di avvolgimento del film continua attorno al pacco ed avviene secondo i parametri configurati sul pannello operatore;
- 4) Terminata la fase di avvolgimento, entra in funzione il gruppo pinza che effettua la saldatura del film attraverso l'utilizzo dei tamponi di saldatura e il successivo taglio del film attraverso il filo di taglio ad incandescenza, quindi il gruppo pinza ritorna nella posizione iniziale.
- 5) Il prodotto può uscire dalla macchina e continuare lungo la linea di imballo dell'utilizzatore.

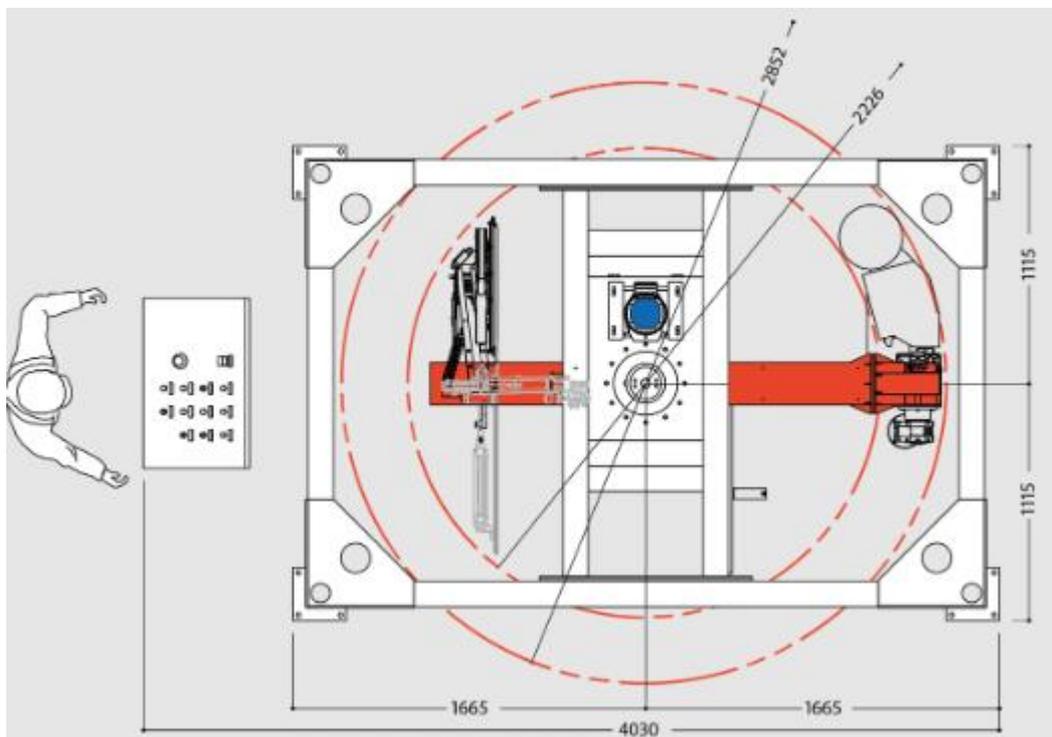


Figura 2.6: area di utilizzo della macchina avvolgitrice RA300



## CAPITOLO 3: IL PROGETTO

Il lavoro di standardizzazione è iniziato basandoci sulle statistiche ottenute dalla produzione delle macchine RA300 e RA100 negli intervalli di tempo tra il 2014-2022 e 2019-2022, in base anche al tipo di configurazione ( standard, speciale, accessori) e la diagonale (1700, 2300, 2800...). Dai dati ottenuti abbiamo potuto osservare che la produzione delle RA300 è rimasta più o meno costante negli anni a differenza della RA100 che hanno avuto un picco negli ultimi.

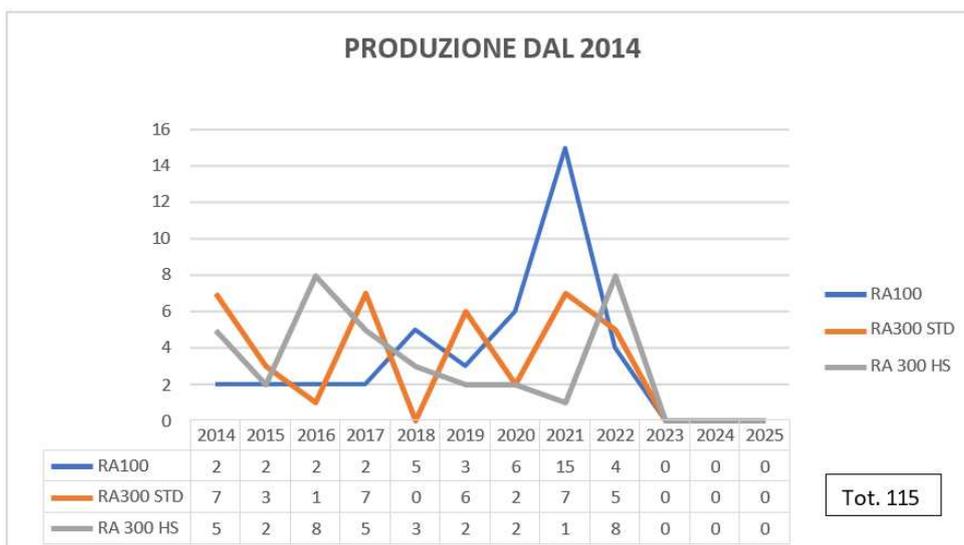


Figura 3.1: Dati di produzione dal 2014



Figura 3.2: Dati di produzione dal 2019 al 2022

Andando più nel dettaglio possiamo osservare che il tipo di macchina acquistata in base alla configurazione risulta equilibrato nel tempo fatta eccezione per le RA300 ad alta velocità in cui prevalgono le macchine speciali.



Figura 3.2: dati di produzione relativi alla versione della macchina

La questione è differente parlando delle diagonali, in questo caso per entrambe le macchine ciò che prevale sono le piccole taglie, 1700-2300 e 2800, rispetto a quelle più grandi.

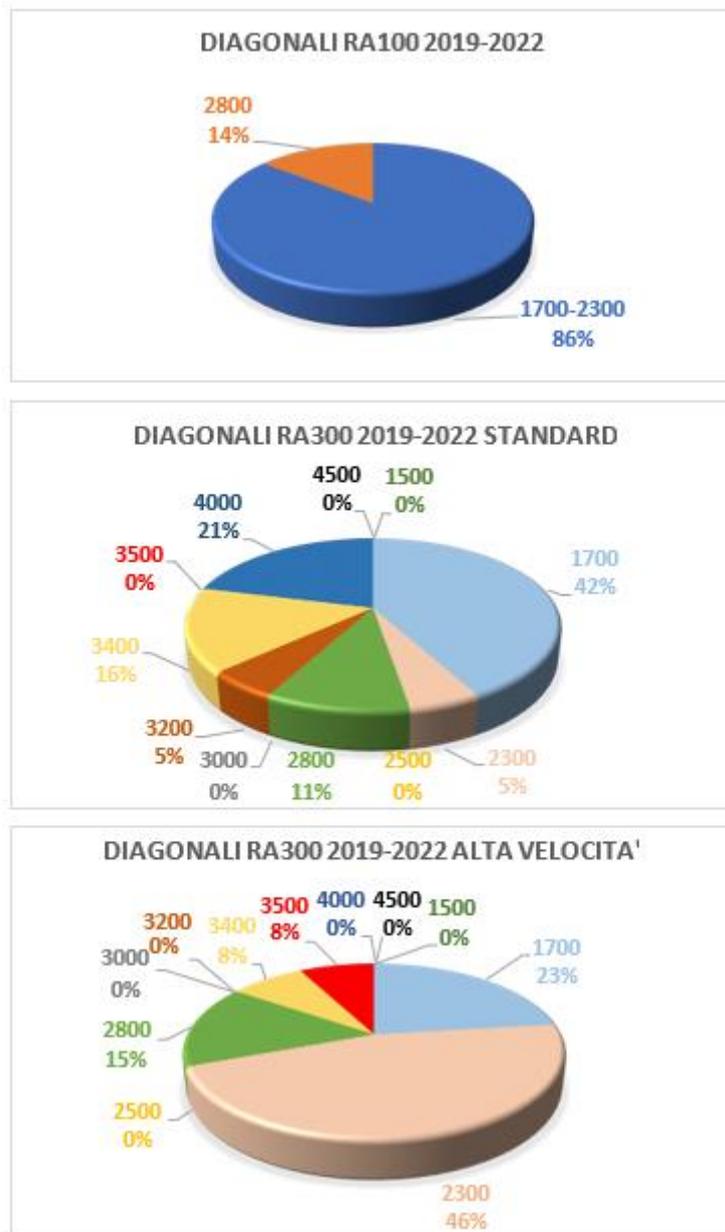


Figura 3.3: dati di produzione relativi alla diagonale del telaio

### 3.1: telai

Il grosso del lavoro ruota attorno ai telai, suddivisi in macro gruppi in base a tipo di velocità, tipo di motorizzazione, diagonale e se con o senza mettifoglio. Questa configurazione vale per l'RA300, sia standard che alta velocità, e l'RA100, permettendo così di avere una soluzione per ogni situazione. Come osservato dai dati precedenti, in passato sono state create delle diagonali di telai su misura per determinati clienti ma "inutili" in altri contesti, per cui risultanti di intoppo durante la progettazione e nella gestione dei componenti associati alla macchina. Dai dati di produzione ed in base all'adattabilità dei componenti alle varie taglie, si è deciso di utilizzare 5 tipologie di telai differenti a partire dal più piccolo 1700 mm fino ad una taglia di 4000 mm.

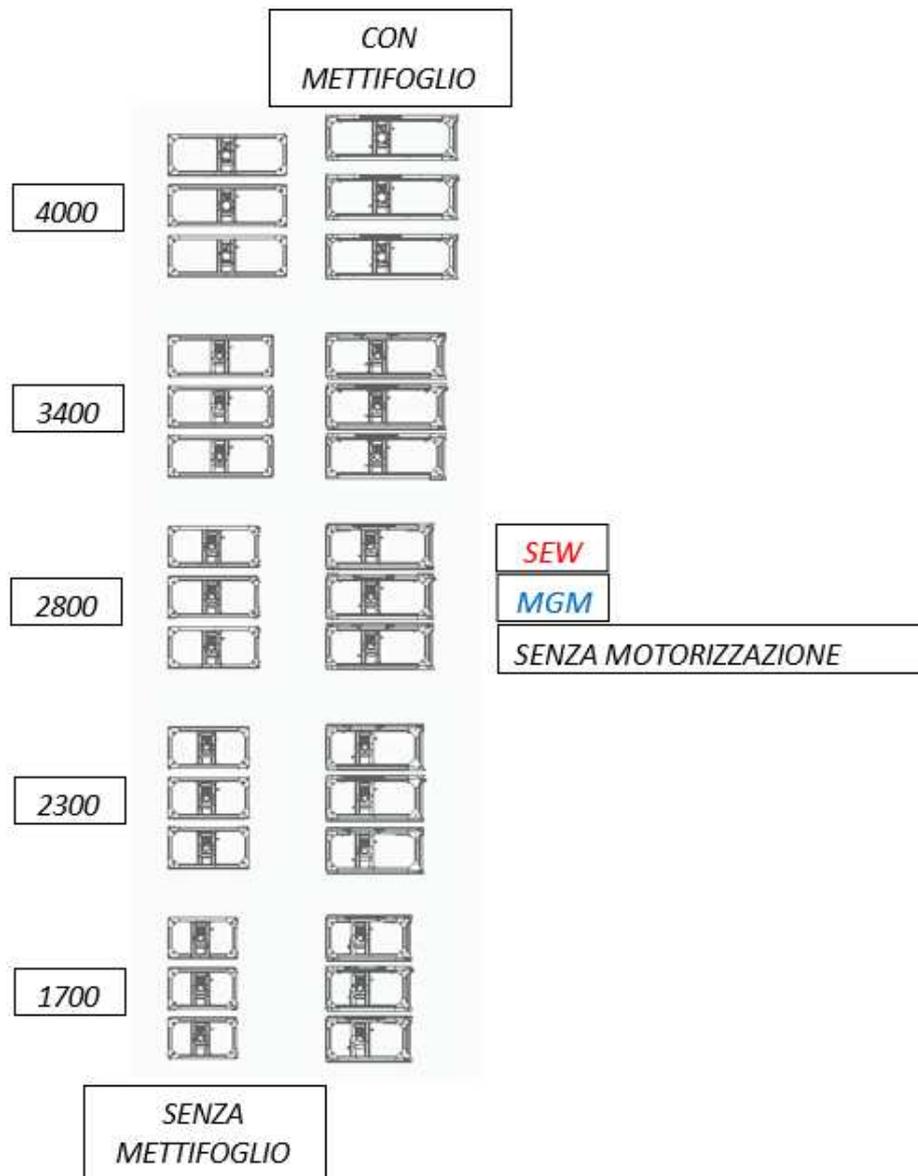


Figura 3.4: varianti disponibili di telai divisi per diagonale e motorizzazione

### 3.2: mettifoglio

Riguardo ai mettifoglio per ogni diagonale è stato realizzato un apposito gruppo di traslazione mantenendo i componenti uguali tra l'uno e l'altro e ricodificando quelli di dimensioni diverse (cinghie, carter e guide). A seguito della realizzazione di tali gruppi per ogni telaio è stata eseguita la foratura associata ad essi. Per concludere la fase di lavoro relativa ai telai, a causa della mancanza dei motori SEW, per la traslazione è stata fatta una ricerca seguendo la scheda tecnica del rispettivo motore MGM e in aggiunta per via delle dimensioni del SEW, è stato realizzato un distanziale su misura.

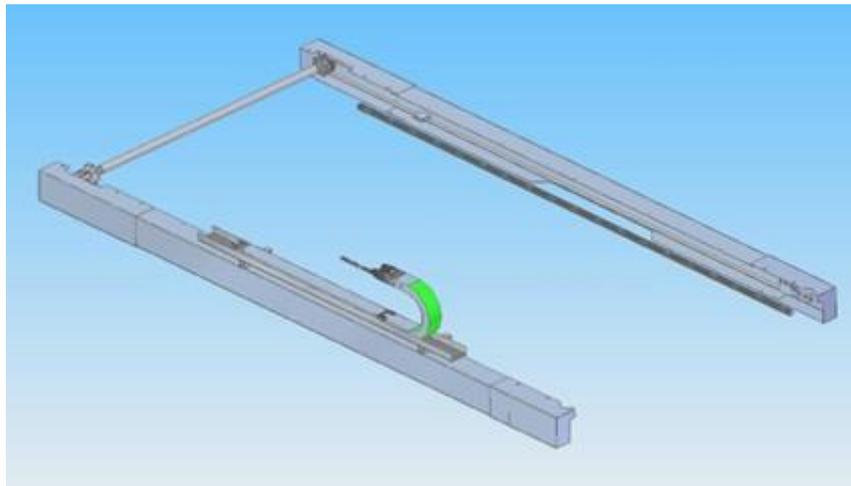


Figura 3.6: mettifoglio, componente in grado di posizionare un cappello stabilizzatore sul pacco

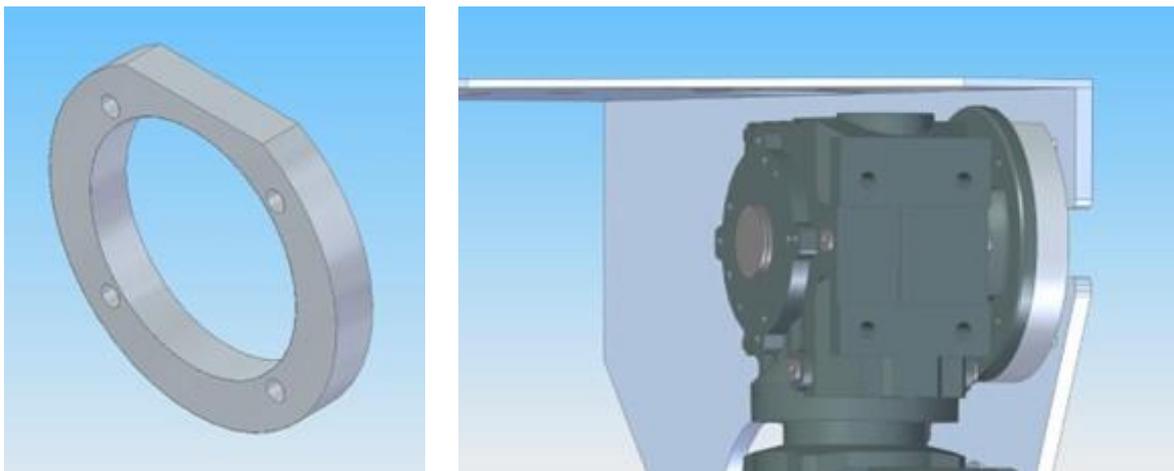


Figura 3.7: distanziale necessario per il montaggio del motore relativo al mettifoglio

In seguito sono stati sostituiti gli obsoleti profili C MFL020600 con i nuovi MCC0300054 e MCC0300053, dato che si era presentato un problema di alloggiamento dei nuovi sensori di prossimità del braccio rotante della macchina e problemi relativi al passaggio dei cavi di quest'ultimi.

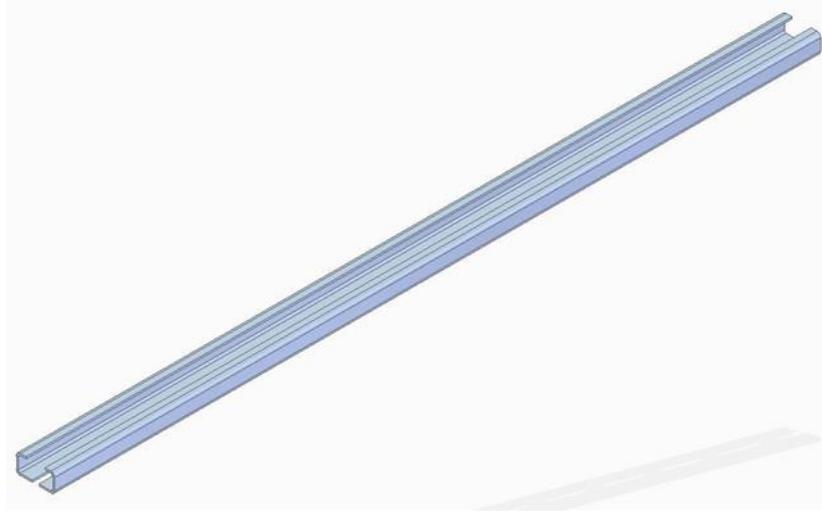


Figura 3.8: profilo a C standard

Sistemata tale questione abbiamo proseguito con la sostituzione della giunzione gamba MCC096900 con MCCB69516 per via dei nuovi standard e regolamenti relativi ai piedini di stabilizzazione a terra della macchina in collegamento con il telaio della macchina.

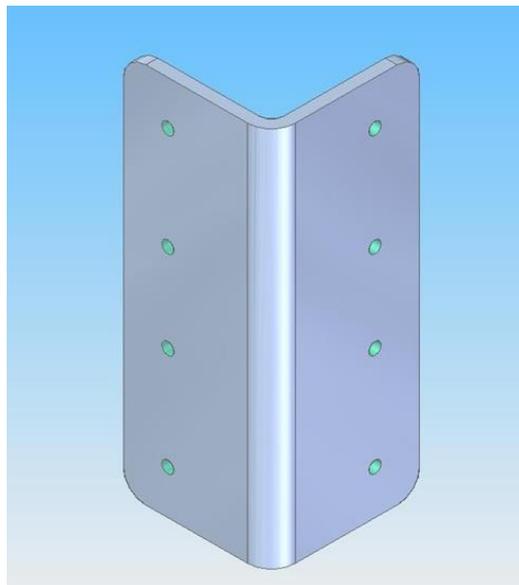


Figura 3.9: giunzione gamba adattata ai nuovi standard

### 3.3: bracci verticali

Lo step seguente riguarda i bracci verticali sia velocità standard che alta velocità. Si mantiene lo stesso metodo utilizzato per i telai. In questo caso i componenti risultavano già standardizzati per cui non è stato eseguito alcun' lavoro di come quelli visti precedentemente, il focus per i bracci verticali è limitato ad un controllo delle tavole, dove il problema principale era la disorganizzazione, come la presenza di tavole doppie, tavole con quote errate o mancanti. Come per i telai anche i bracci sono stati divisi per sotto gruppi in base altezza e motorizzazione.

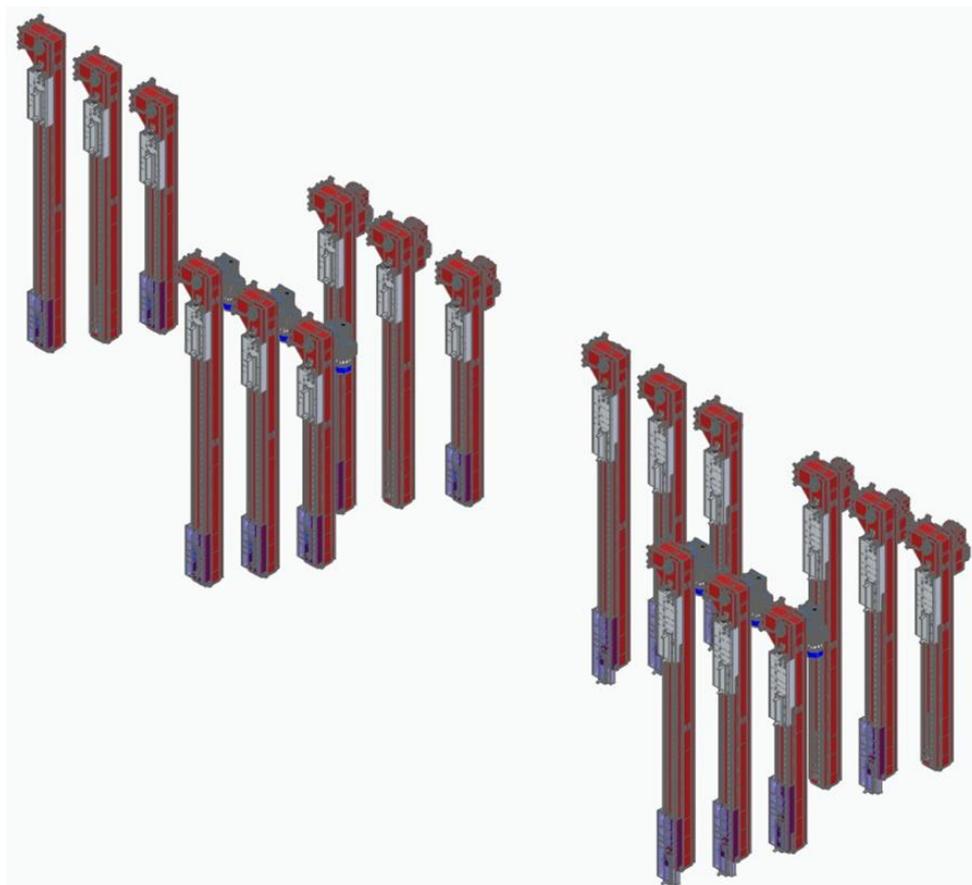


Figura 3.10: bracci verticali riorganizzati e suddivisi per specifiche

In parallelo allo sviluppo di tali telai e bracci è stato eseguito un lavoro di calcolo dei motori, seguendo i valori dati dal listino, in modo da ottenere le condizioni migliori di lavoro da parte della macchina. Questo ci ha permesso di scegliere i componenti più adatti per ogni tipo di macchina, che sia RA300 o RA100. L'obiettivo in questo caso era verificare che i motori disponibili fossero adatti a mantenere le condizioni di lavoro in cui la macchina si potesse trovare e se fossero in grado di mantenere il sincronismo tra la traslazione del braccio verticale e la rotazione del braccio orizzontale in modo da garantire il corretto avvolgimento del film protettivo intorno al pacco.

<b>DIAGONALE 2300 STANDARD (DA VERIFICARE)</b>			
MOTORE	MGM	RIDUTT.	MOTOVARIO
KW	0,37	i	60
Nm	2,62	rpm in uscita	29,79
GIRI/MIN 65Hz	1787,5		
giri/min braccio orizzontale rpm 65Hz	<b>21,1</b>		
Primitiva pignone (r)	39,80		
Velocità Primitiva	7450,03	<b>sec/giro</b>	<b>2,84</b>
mm/sec verticale	124,17	<b>mm vert./giro braccio</b>	<b>353,08</b>

Carico pallettizzato con Diagonale max sino a 2300 mm MAX velocità di rotazione 21 giri'						
CARICO ALL'ESTREMITA'	CODICE	KG	<b>2300 VELOCITA' STANDARD (LISTINO 21 giri/min)</b>			
BRACCIO VERTICALE	M15BC1641	160	MOTORE	MGM	RIDUTT.	MOTOVARIO
CARRELLO	M27111112	180	KW	1,1	TIPO	H052U
	TOTALE	340	Nm	7,37	i	28,44
	N	3335,4	Coppia in uscita rend.	0,96	Nm	201,2
PIGNONE	Z	32	Rotazione teorica rpm a 50Hz	1428	rpm	<b>16,2</b>
	Primitiva	160	Rotazione teorica rpm a 65Hz	1856,4	rpm	<b>21,1</b>
RALLA	Z	99	Riduzione su ralla		Nm	622,5
	Primitiva	495	Braccio su diagonale 2300	M15D11111	m	1,54
	i	3,1	Forza tangenziale		N	404,2

Figura 3.11 e 3.12: calcoli motore braccio orizzontale e braccio verticale per telaio di diagonale 2300 mm con obiettivo di 21 giri/min necessari



A questo punto il lavoro si è concentrato sui singoli tipi di pressini in modo da andare più nel dettaglio. I pressini pneumatici sono stati divisi in 2 gruppi in base alla tipologia di componente pneumatica, CAMOZZI o FESTO, ed alla velocità, STANDARD o ALTA, al numero di contatti del collettore rotante, 24 o 33.

Lo stesso lavoro è stato svolto per i pressori a pantografo suddividendoli in base alle loro caratteristiche, tenendo in considerazione invece che la pneumatica i motori, che si dividono tra MGM e SEW. Anche in questo caso è stato eseguito un “gioco di differenze” in modo tale da stabilire quali siano i componenti adattabili a tutti i pressori. Come risultato abbiamo stabilito che ci sarà un pressore standard di partenza a cui aggiungere in base alla richiesta il tipo di motore, la velocità e il numero di contatti.



Figura 3.14 e 3.15: Esempi di collettore rotante e pneumatica utilizzati

### 3.5: portabobine

Nell'ultimo step si è affrontato l'argomento dei portabobine. Tale semi-macchina permette di:

RIDURRE gli scarti di materiali perchè si utilizzano meno tubi in cartone, gli scarti di reggia perchè questa viene infilata nella macchina un numero inferiore di volte.

OTTIMIZZARE il trasporto e di conseguenza lo stoccaggio, la produzione perchè la macchina viene fermata un numero inferiore di volte.

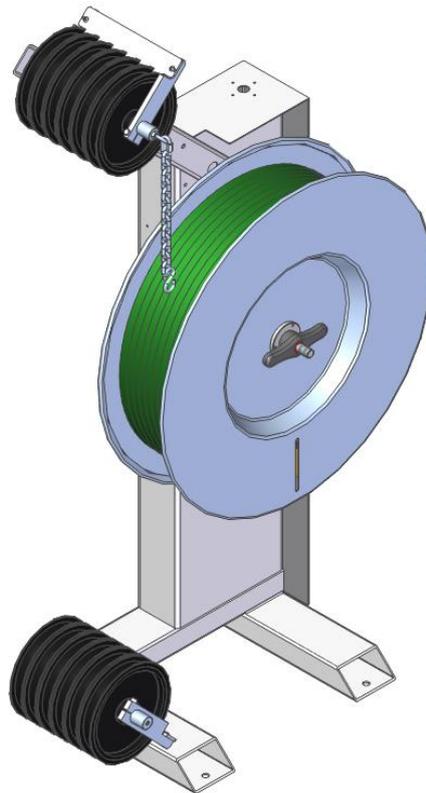


Figura 3.16: Portabobina a braccio

Si è stabilito che è possibile utilizzare un gruppo unico sia per RA100 che RA300 mediante la sola modifica delle strutture di sostegno e l'aggiunta di un nottolino, apposito per il montaggio della gambe RA100.



## CONCLUSIONI

La presente tesi ha analizzato in modo approfondito il processo di standardizzazione e progettazione delle macchine avvolgitrici, evidenziando come tali pratiche possano migliorare l'efficienza produttiva e ridurre i costi operativi. La standardizzazione dei componenti e dei processi non solo semplifica la produzione, ma facilita anche la manutenzione e la gestione del ciclo di vita delle macchine.

È emerso che l'adozione di standard comuni permette una maggiore interoperabilità tra diversi modelli e produttori, aumentando la flessibilità nelle operazioni e riducendo i tempi di fermo macchina. Inoltre, l'analisi delle best practices nel settore ha rivelato che le aziende che implementano un approccio sistematico alla progettazione tendono a ottenere un vantaggio competitivo significativo.

In conclusione, la standardizzazione e la progettazione delle macchine di fine linea rappresentano un passo fondamentale per l'innovazione nel settore della metalmeccanica. Investire in queste aree non solo migliora le performance tecniche delle macchine, ma contribuisce anche a un ambiente di lavoro più sostenibile e orientato al futuro. È certo che le aziende continuino a esplorare e integrare strategie di standardizzazione, per rimanere competitive in un mercato in continua evoluzione. Infatti i risultati positivi derivati da questo progetto hanno fatto sì che potesse essere applicato anche nelle altre macchine della gamma



## RINGRAZIAMENTI

Per arrivare a questo punto ci sono voluti cinque anni, si un po' troppo ma ancora dentro la media di ingegneria. Sono stati anni di indecisioni, errori, bocciature e voglia di lasciare tutto ma anche anni di successi, lezioni imparate e cambiamenti. Ho imparato molti valori che mi porterò dietro per tutta la vita e che mi permetteranno di raggiungere quelli che sono i miei obiettivi. Tutto questo non sarebbe arrivato senza le persone che mi stanno intorno.

Adesso parto con i soliti ringraziamenti.

In primis ringrazio la mia famiglia, mamma per avermi dato la disciplina, babbo per avermi fatto capire che il riposo è importante ed Ani, che non bisogna mai arrendersi.

Nonno, nonna e tutta la mia famiglia che nell'inseguire sogni materiali mi ricordano che il bello sta soprattutto nelle cose semplici.

Ringrazio i miei amici, che in realtà sono molto di più. Tutte le cene, vacanze, feste e le caxxate sparse sono quelle cose che di cui hai bisogno nei momenti più difficili e quei momenti che non ti scorderai mai nella vita.

Ringrazio Franci e Massi, che come dei genitori, hanno sempre creduto in me, dandomi la possibilità di imparare questo lavoro.

Andri e Peppe, con cui ho condiviso lezioni, ore di studio, le prime bocciature, ma soprattutto, con cui condivido le mie passioni.

Ringrazio la mia fidanzata, ah no.

Che questo sia soltanto l'inizio di tante cose belle.



## BIBLIOGRAFIA

[1] <https://messersi.com/it/>

[2] <https://vitolavecchia.altervista.org/che-cose-a-cosa-serve-e-perche-standardizzare/>

[3] <https://www.mecalux.it/blog/just-in-time-jit-logistica>