



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccanica

**Studio per l'automatizzazione di un processo di imballaggio
per una postazione di lavoro in ottica HCM**

*Study for the automation of a packaging process for a workstation
in HCM*

Relatore: Chiar.mo
Prof. Ing. **Michele Germani**

Tesi di laurea di:
Matteo Tarini

Anno accademico 2019/2020

Studio per l'automatizzazione di un processo di imballaggio per una postazione di lavoro in ottica HCM



Study for the automation of a packaging process
for a workstation in HCM

Indice figure e tabelle

Figura 1	9
Figura 2	10
Figura 3	11
Figura 4	14
Figura 5	15
Figura 6	16
Figura 7	16

Figura 8	24
Figura 9	27
Figura 10	28
Figura 11	29
Figura 12	29
Figura 13	30
Figura 14	30
Figura 15	31
Figura 16	31
Figura 17	32
Figura 18	32
Figura 19	34
Figura 20	35
Figura 21	35
Figura 22	36

Figura 23	45
Figura 24	47
Figura 25	50
Figura 26	51
Figura 27	52
Figura 28	53
Figura 29	54
Figura 30	54
Figura 31	55
Figura 32	56

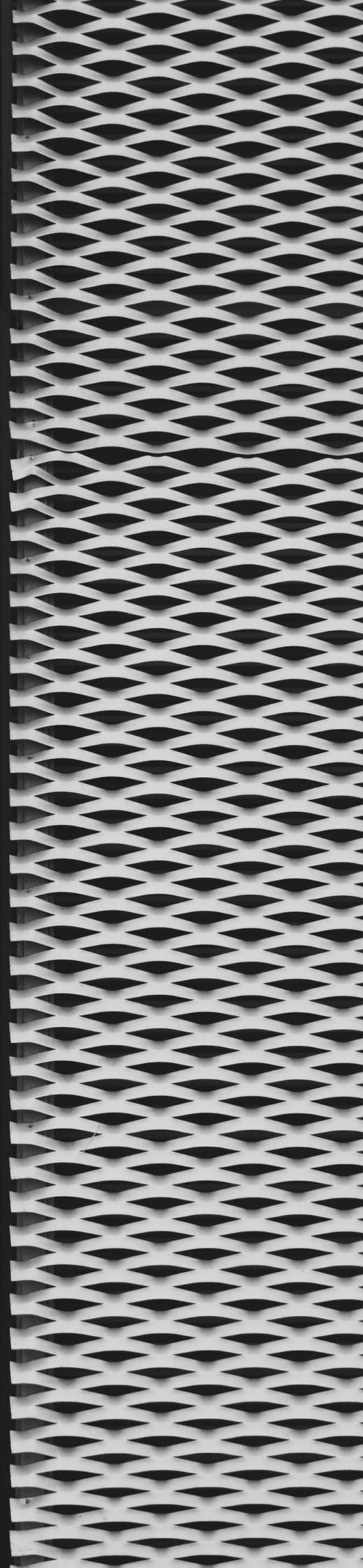
Figura 33	57
Figura 34	58
Figura 35	59
Figura 36	59
Figura 37	60
Figura 38	62
Figura 39	64
Figura 40	65
Figura 41	65
Figura 42	66
Figura 43	67
Figura 44	67
Figura 45	68
Figura 46	69
Figura 47	71
Figura 48	72

Tabella 1	14
------------------	----

Tabella 2	19
Tabella 3	20
Tabella 4	24
Tabella 5	25
Tabella 6	28
Tabella 7	33
Tabella 8	39
Tabella 9	42

Tabella 10	63
-------------------	----

Indice



1 LUBE industries

1.1	L'azienda	9
1.2	Il processo produttivo	11
1.3	La postazione di imballaggio	13
1.4	Obiettivo	17

2 Studio preliminare della postazione robotica

2.1	Analisi della variabilità dei prodotti	19
2.2	Analisi delle operazioni eseguite	27
2.3	Ipotesi e requisiti.....	33
2.4	Algoritmo per la definizione della posizione del prodotto... 36	
	2.4.1. Scelta della scatola	
	2.4.2. Coefficiente di stabilità	
2.5	Algoritmo per la scelta e il posizionamento dell'angolare....	41

3 Progettazione della postazione robotica

3.1	I sistemi CAD	45
	3.1.1 Solid Edge (in breve)	
	3.1.2 NX (in breve)	
3.2	I componenti.....	48
	3.2.1 Robot	
	3.2.2 Nastri trasportatori	
	3.2.3 Dispenser di angolari	
3.3	Soluzione 1.....	54
	3.3.1 Realizzazione, layout e problematiche	
	3.3.2 Vantaggi e svantaggi	
3.4	Soluzione 2.....	62
	3.4.1 Realizzazione, layout e problematiche	
	3.4.2 Vantaggi e svantaggi	
3.5	Altre soluzioni	71
	3.5.1 Robot affiancato con doppio step di carico	
	3.5.2 Considerazioni finali	

4 Conclusioni

4.1	Conclusioni finali.....	75
	Bibliografia.....	78



1

LUBE
industries

1.1 L'azienda

La LUBE INDUSTRIES SRL è un'azienda marchigiana con sede a Passo di Treia (MC) operante nel settore del mobile. La produzione, tra le più importanti e influenti del territorio nazionale, comprende principalmente cucine componibili ed è destinata anche al mercato estero.

L'azienda è estesa su un territorio di circa 150.000 mq di superficie e ha alle dipendenze 650 dipendenti che producono un totale di 75.000 cucine l'anno per la vendita in ben 76 paesi in tutto il mondo.

L'impresa LUBE opera in B2C (Business to Consumer), ovvero vende il proprio prodotto al consumatore finale.

L'ufficio commerciale riceve gli ordini di acquisto dei clienti e li trasmette all'ufficio di produzione.

Quest'ultimo invia la commessa al reparto produzione che si occupa di avviarla. La produzione può avvenire in due diversi modi in base alla presenza o meno dei materiali nei punti di stock:

- A Magazzino: rappresenta quella parte di ordini di cui si dispongono già dei materiali (frontali) in magazzino per iniziare la produzione.
- Just in Time: rappresenta quella parte di ordini per i quali occorre ordinare i materiali ai vari Fornitori, che inizieranno la loro produzione specificando i tempi di consegna dei singoli articoli.



Figura 1 - Panoramica dall'alto dello stabilimento LUBE di Treia

La produzione Lube parte da pannelli semilavorati prodotti da altre ditte esterne che vengono poi ulteriormente lavorati (tagliati e rifiniti) per poi essere assemblati in un modulo. I diversi moduli si distinguono in BASI o PENSILI.

Il prodotto finito cucina è composto non solo dei moduli lavorati, ma di tutte le parti presenti in una cucina arredata, come elettrodomestici, lavelli, tavoli, sedie, ecc. che non necessitano lavorazioni.

“Qualità, servizio e attenzione al cliente sono da sempre le priorità su cui è basato il marketing dell’azienda.”

Lo stabilimento è suddiviso in molti reparti, ognuno con un compito diverso e specifico, quasi tutti interconnessi tra loro:

- Reparto lavorazione pannelli semilavorati
- Reparto falegnameria
- Reparto inserimento cerniere
- Reparto lavorazione cassette
- Reparto preparazione zoccoli e cimaste
- Reparto lavorazione top/mensole cucina
- Reparto assemblaggio mobili
- Reparto magazzino prodotti finiti/spedizioni
- Reparto elettrodomestici e piani granito
- Magazzino accessori
- Magazzino seminterrato preparazione sedie lavelli, piani cottura
- Piazzali esterni

Oltre ai vari reparti produttivi l’azienda si compone anche di spazi utili alla gestione commerciale e amministrativa, uffici tecnici e marketing, locali destinati alla manutenzione, servizi per gli operai e showroom per l’esposizione dei prodotti finiti.

“Colonna portante sono gli investimenti in tecnologia e informazione”, grazie al quale è potuto partire tutto il lavoro di progetto su cui è stato possibile svolgere la seguente tesi.



1.2 Il processo produttivo

Il processo produttivo inizia nel reparto lavorazione pannelli semilavorati, dove avviene la trasformazione del pannello commerciale, che viene squadrato, bordato e forato ed infine pallettizzato.

Si passa poi nel reparto falegnameria dove gli elementi ricavati dai semilavorati vengono preparati in base alle richieste del cliente; qui si trovano numerosi macchinari quali frese, troncatrici, seghe, foratrici e bordatrici. Inoltre è presente anche una cabina destinata alla verniciatura. Successivamente il prodotto passa nel reparto di foratura-inserimento cerniere ante dove a seconda della commessa stabilita si esegue la foratura e la ferratura.

Nel reparto lavorazione cassette, vengono preparati e lavorati tali elementi prelevando i frontali in magazzino.

Nel reparto preparazione zoccoli e cimaste si realizzano questi elementi: le cimaste sono profilati in legno massello lunghi 4m la cui anima è composta da un legno a basso costo (abete o pioppo) rivestiti in tranciato verniciato o carta melaminica dello stesso colore delle ante.

Gli zoccoli sono profili in plastica o alluminio rivestiti da PVC o carta di lunghezza pari alle cimaste.

Il reparto lavorazione top/mensole da cucina predispone il piano cucina a seconda dei posizionamenti dei lavelli e piani cottura, utilizzando barre (di dimensioni 4000 x 600 x 40-60 mm). Tali barre vengono tagliate a misura bordate ed incise (pantografatura) ed infine imballate.

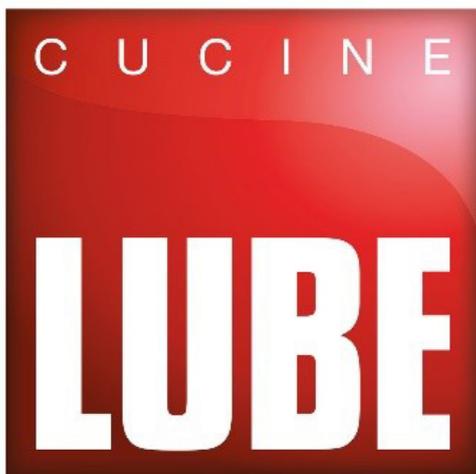


Figura 3 - Logo LUBE

Da qui si passa alla terza fase del processo produttivo.

La prima operazione che si compie in tale fase è quella dell'assemblaggio del mobile.

Il reparto di assemblaggio è composto da 5 linee di montaggio, una per tipologia di mobile, composte da un nastro di lavoro in cui vengono assemblati i cassoni utilizzando i pannelli lavorati in precedenza o immagazzinati.

Successivamente il mobile assemblato viene pressato meccanicamente e inviato mediante rulli motorizzati alle postazioni di imballaggio.

In questa postazione si conclude la fase 3 del processo produttivo tramite l'operazione di imballaggio.

Qui i mobili vengono riquadrati con appositi angolari di polistirene e inscatolati pronti per la spedizione o l'immagazzinamento.

I vari reparti magazzini servono a stivare i diversi componenti; come dicevamo in precedenza abbiamo infatti:

- Magazzino prodotti finiti
- Magazzino elettrodomestici
- Magazzino accessori/cataloghi/obsoleti
- Magazzino preparazione sedie, lavelli, piani cottura (prodotti già scatolati e stoccati a terra o in scaffalature)

1.3 La postazione di imballaggio

La postazione scelta per provare ad inserire un robot collaborativo e studiarne le configurazioni possibili è quella di imballaggio mobili.

In tale postazione, successiva alla stazione di assemblaggio (visto che entrambe fanno parte della terza fase del processo produttivo) ci si occupa di imballare e preparare il pensile all'immagazzinamento e/o alla consegna dell'ordine.

L'ordine richiesto dal reparto commerciale è composto da un'intera cucina; quindi se il pezzo in uscita completa la cucina, tutta la commessa viene caricata sui camion e spedita, altrimenti viene immagazzinata fintanto che non viene completata.

Questa postazione di imballaggio è composta da 4 differenti linee divise in base ai prodotti che la interessano:

- Basi Standard
- Basi fuori Standard
- Fuori Standard
- Pensili Standard

I due diversi tipi di mobili che attraversano la postazione sono quindi: **le basi e i pensili.**

LE BASI

Le basi fanno parte di quei mobili componibili che si appoggiano al terreno e costituiscono la parte bassa della cucina. Sono i pezzi che hanno bisogno di più step lavorativi in quanto necessitano di 3 operatori in un'unica stazione a 9 step:

- un operatore inserisce gli angolari frontali
- un operatore inserisce gli angolari posteriori
- un operatore si occupa delle scatole (viene aiutato per l'inserimento)

Le basi vengono divise in due categorie:

- Basi standard
- Basi fuori standard



Figura 4 - Mobile Base con lavello

Le basi Standard sono quei mobili che hanno tutte una configurazione predefinita e che rientrano in canoni uniformi facenti parte di composizioni prestabilite. Le basi fuori Standard riguardano i mobili su misura o componenti modificati per un assetto particolare rispetto alla composizione da catalogo. Per semplicità di trattazione descriveremo le basi Standard.

In seguito sono riportate le operazioni svolte all'interno della linea di imballaggio per una base standard.

Descrizione delle precedenze e del ruolo degli operatori nella stazione attuale imballaggio di una base

N°	operazione	precedenze	operatore
1	eseguire scansione componente	/ (1-5 in contemporanea)	1
2	inserimento angolari anteriori (sx-dx)	1, 5 (3-6-7 in contemporanea)	1
3	inserimento angolari posteriori (sx-dx)	1, 5 (2-6-7 in contemporanea)	3
4	inserimento angolari anteriori (superiore-inferiore)	1, 5, 2, 3, 6, 7 (8 in contemporanea)	3
5	prendere la scatola dallo scaffale	/ (1-5 in contemporanea)	2
6	aprire la scatola	1, 5 (2-3-7 in contemporanea)	2
7	stampare etichetta	1, 5 (2-3-6 in contemporanea)	Stampante
8	mettere etichetta	1, 5, 2, 3, 6, 7 (4 in contemporanea)	2
9	inserire scatola su componente	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	2 - 1 (o 3)

Tabella 1

I PENSILI

I pensili fanno parte di quei mobili componibili che, come si può capire dal nome, vengono appesi e fissati alla parete e costituiscono la parte alta della cucina. Sono i pezzi più simili e meno laboriosi, con più parti in comune.

Hanno bisogno di meno step lavorativi. Necessitano soltanto di 2 operatori per un'unica stazione con 6 step:

- un operatore inserisce gli angolari (X4)
- un operatore si occupa delle scatole

Come per le basi i pensili vengono divise in due categorie, stavolta non classificate per operazioni ma in base al metodo di apertura dell'anta:

- Pensili Standard
- Pensili Ribalta

I pensili Standard sono quei mobili che hanno una configurazione di apertura classica, a sportello, come mostrato in figura 6.

I pensili ribalta, sono invece i mobili con apertura basculante frontale e in genere risultano un po' più fragili nelle manovre di trasporto e imballaggio, per questo vengono trattati in altro modo (figura 7).

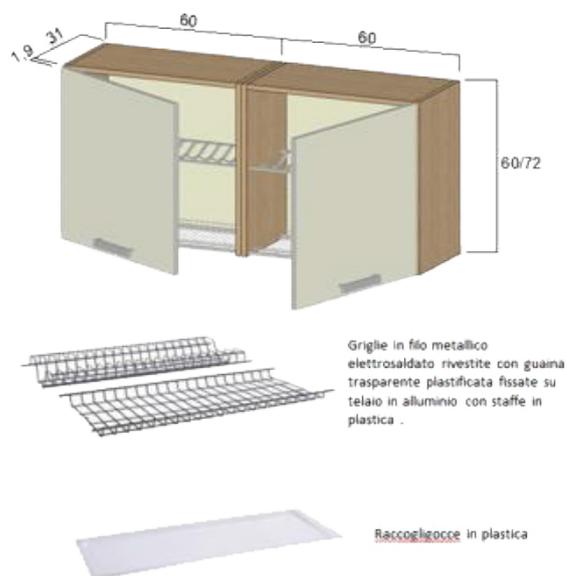


Figura 5 - Pensile scolapiatti



Figura 6 - Pensile Standard



Figura 7 - Pensile ribalta

Per il progetto è stata scelta la linea 4, quella dei pensili standard che hanno dimensioni ridotte rispetto alle basi, sono più standard e inoltre hanno bisogno di meno lavorazioni.

Le linee Fuori standard sono state scartate a prescindere, in quanto i componenti sono troppo vari e ciò precludeva di avere regole base per trattare più componenti.

Per trattare tale postazione infatti occorre valutare caso per caso tutti i pensili/ basi che entrano nella linea in quanto possono trovarsi anche prodotti tutti diversi l'uno dall'altro.

1.4 Obiettivo

L'obiettivo di tale ricerca di tesi è quello di studiare dapprima le logiche di una postazione di imballaggio di pensili da cucina (postazione più standardizzata rispetto alle Basi da un punto di vista delle mansioni svolte) per estrarne e cercare di uniformare le regole di funzionamento. In secondo luogo si richiede di riprogettare la stazione, che attualmente lavora svolgendo i compiti manualmente, trasformandola in una postazione collaborativa, utilizzando i nuovi benefici dell'industria 4.0, inserendo nella linea un robot collaborativo (Cobot) in grado di facilitare e alleggerire il carico di lavoro degli operatori.

Lo scopo di questo lavoro è quello di ottenere una produzione maggiore e più fluida riducendo allo stesso tempo la percentuale di errore presente nelle linee. Attualmente, anche se la linea non presenta grandi percentuali di errore essendo gestita da operatori preparati, un eventuale sbaglio potrebbe risultare difficile, se non impossibile, da rimediare.

Una volta chiusa la scatola è pressoché impossibile visionare se: all'interno si trovi il giusto componente, se esso sia rovinato o addirittura se l'imballaggio è stato posizionato correttamente a protezione di eventuali urti.

L'unico modo per correggere tali errori sarebbe proprio riaprire la scatola e una volta finito riniziare nuovamente l'operazione di imballaggio.

Per questo motivo si ha intenzione di realizzare una postazione più automatizzata, cercando di far svolgere il lavoro più ripetitivo al robot in maniera da velocizzare le operazioni e riducendo la già minima percentuale di errore data dall'uomo.

Tra le operazioni svolte nella postazione di imballaggio, si è deciso di porre il cobot nella prima parte, ovvero a svolgere le mansioni inerenti al prelievo e al posizionamento degli angolari sul pensile in arrivo.

In questo contesto, la seguente tesi si focalizzerà principalmente in due compiti:

- Studio Preliminare della postazione e delle regole da fornire al controllore del robot per il prelievo del giusto angolare al momento dell'arrivo del pensile.
- Realizzazione di un dispenser ex-novo per la fornitura di angolari in un punto di prelievo dove poi il cobot si adopererà per inserirli sul pensile tramite regole descritte in precedenza.

A dark teal background featuring a network diagram of interconnected nodes and lines. The nodes are represented by circles of varying sizes, and the lines are thin and light-colored, creating a complex web of connections.

2

Studio preliminare della postazione robotica

2.1 Analisi della variabilità dei prodotti

Andiamo ora a studiare la variabilità dei prodotti sulla linea scelta per il progetto, la linea 4. Attraverso la linea 4 vengono imballati pensili standard.

Si definisce un pensile Standard quando è presente per almeno una delle sue dimensioni un tipo di scatola ed angolare corretti che non necessitano di ulteriori operazioni (vedremo nel dettaglio nel capitolo 2.2).

I PENSILI

Per affrontare lo studio in questione ci è stata fornita dall'azienda una lista con tutti i prodotti che transitano mediamente nella postazione selezionata nell'arco di una settimana.

Tale lista presenta le caratteristiche di qualsiasi tipo di pensile: dalla tipologia, alle dimensioni, al tipo di apertura, alle produzioni medie.

Parte della lista contenente le diverse tipologia di pensile prodotte mediamente in una settimana

CASSONE PENSILI STANDARD						
codice articolo	descrizione	larghezza	altezza	profondità	media set	media gg
B1060600	60 H 60 (vetro)	600	600	310	1	0
B2010300	30 H 72	300	720	310	99	25
B2010300	30 H 72	250	720	310	3	1
B2010300	30 H 72	230	720	310	1	0
B2010300	30 H 72	280	720	310	1	0
B2010300	30 H 72	300	720	360	1	0
B2010300	30 H 72	225	720	310	2	1
B2010300	30 H 72	295	720	310	1	0
B2010300	30 H 72	290	720	310	1	0
B2010400	40 H 72	400	720	310	41	10
B2010400	40 H 72	310	720	310	1	0
B2010400	40 H 72	380	720	310	1	0
B2010450	45 H 72	450	720	310	182	46
B2010450	45 H 72	400	480	310	1	0

codice articolo	descrizione	larghezza	altezza	profondità	media set	media gg
B2010450	45 H 72	300	720	310	1	0
B2010450	45 H 72	450	720	450	1	0
B2010600	60 H 72	600	720	310	382	96
B2010600	60 H 72	600	720	575	2	1
B2010600	60 H 72	500	720	310	1	0
B2010600	60 H 72	500	720	430	1	0
B2010610	60 H 72 (2 ante)	600	720	310	1	0
B2010650	65 H 72	650	720	310	37	9
B2010650	65 H 72	640	720	310	1	0
B2010650	65 H 72	610	720	310	1	0
B2010800	80 H 72	700	720	310	1	0
B2010800	80 H 72	800	720	310	14	4
B2010800	80 H 72	690	720	310	1	0

Tabella 2

CASSONE PENSILI A RIBALTA						
codice articolo	descrizione	larghezza	altezza	profondità	media set	media gg
B2081900	90 H 72 (1 anta+corn)	900	720	310	4	1
B208190X	90 H 72 (1 anta+corn blum)	900	720	310	2	1
B2100455	45 H 36 (blum)	450	360	310	3	1
B210046X	45 H 36 (HK-XS)	450	360	310	6	2
B2100600	60 H 36	600	360	310	1	0
B2100605	60 H 36 (blum)	600	360	310	26	7
B2100605	60 H 36 (blum)	572	360	310	1	0
B210061X	60 H 36 (HK-XS)	600	360	310	20	5
B210061X	60 H 36 (HK-XS)	600	300	575	1	0
B2100655	65 H 36 (blum)	650	360	310	1	0
B2100655	65 H 36 (blum)	650	360	575	1	0
B210066X	65 H 36 (HK-XS)	650	360	310	3	1
B2100900	90 H 36	900	360	310	1	0
B2100900	84 H 36	840	360	310	1	0
B2100905	90 H 36 (blum)	900	360	310	20	5
B2100905	90 H 36 (blum)	820	360	310	1	0
B2100905	90 H 36 (blum)	750	360	310	1	0
B2100905	90 H 36 (blum)	900	360	575	1	0

codice articolo	descrizione	larghezza	altezza	profondità	media set	media gg
B210091X	90 H 36 (HK-XS)	900	360	310	43	11
B210091X	90 H 36 (HK-XS)	750	360	310	1	0
B210091X	90 H 36 (HK-XS)	900	360	575	2	1
B2101200	100 H 21	1000	210	575	1	0
B2101205	120 H 36 (blum)	1200	360	310	7	2
B2101205	120 H 36 (blum)	1050	360	310	1	0
B2101205	92,5 H 36 (blum)	925	360	575	1	0
B2101205	120 H 36 (blum)	960	340	575	1	0
B210120X	120 H 36 (HK-XS)	1200	360	310	4	1
B2120455	45 H 48 (blum)	450	480	310	1	0

Tabella 3

Forniamo alcuni dati per capire le dimensioni di lotti che l'azienda produce nell'arco di tempo considerato (dal 12/10/20 al 16/10/20):

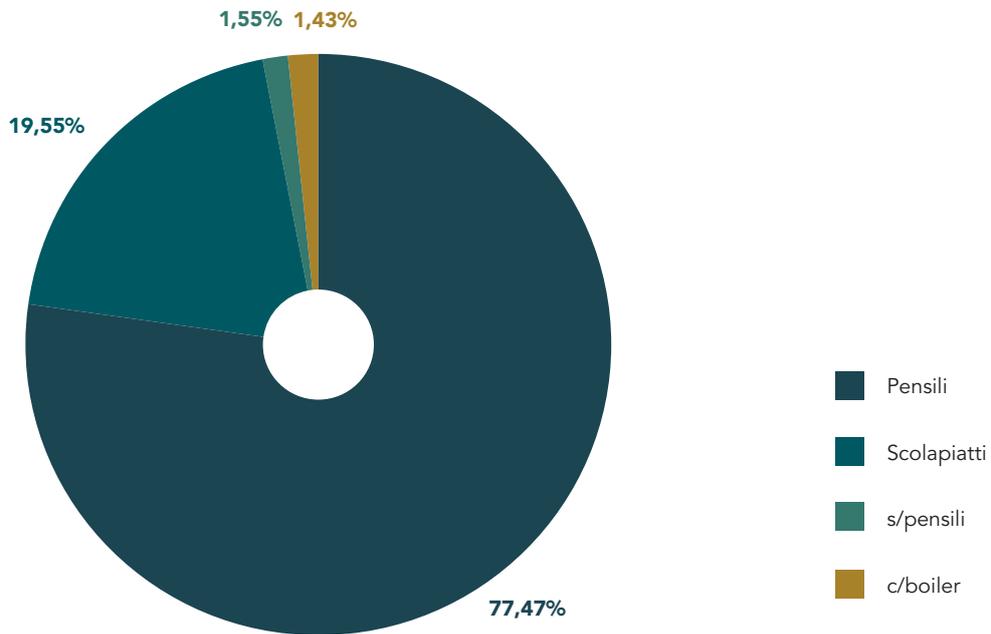


Avendo a disposizione la lista di prodotti medi è possibile fare alcune classificazioni. Una prima classificazione riporta le 4 categorie di prodotto che verranno riportate ma non dettagliate:

- Pensili
- Scolapiatti
- s/pensili
- c/boiler

Tale classificazione è importante in sé per capire e distinguere poi i vari pensili, ma risulta ininfluenza per la postazione in quanto se un componente fa parte di una categoria piuttosto che un'altra verrà trattato sempre allo stesso modo.

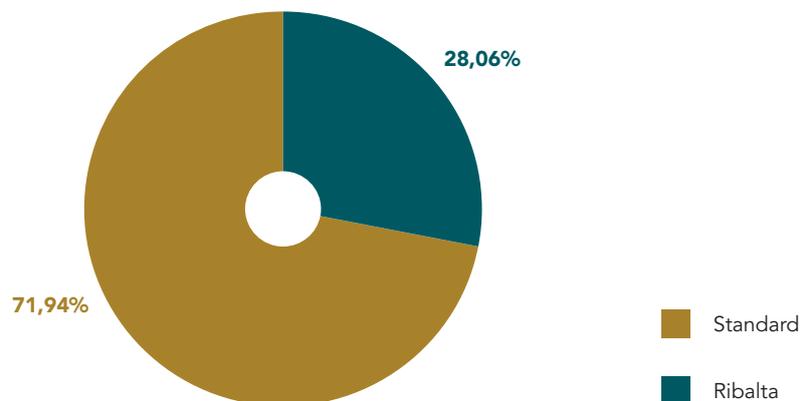
Percentuali categorie di prodotto realizzate mediamente in una settimana



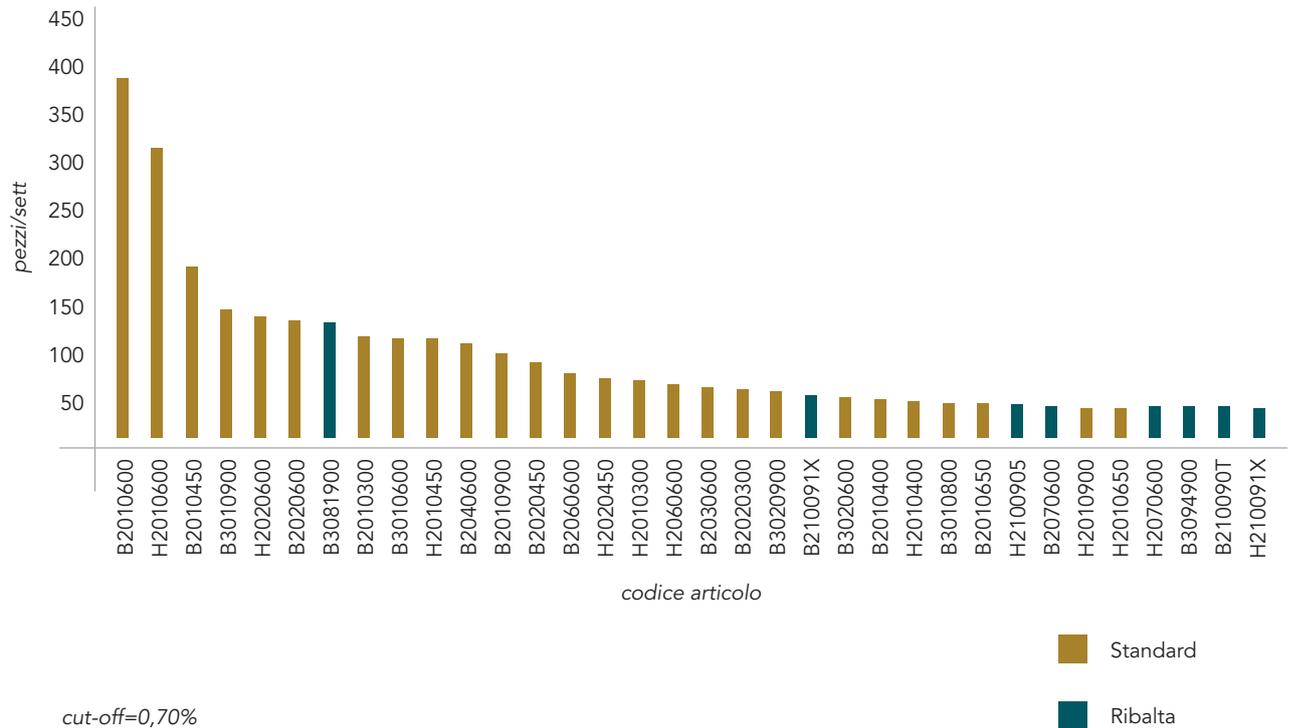
Una seconda classificazione riguarda il tipo di apertura dell'anta, già scritta in precedenza:

- Apertura Standard
- Apertura Ribalta

Tipologie di apertura dell'anta



Distinzione percentuale dei pensili standard e ribalta accompagnato dal grafico che relaziona un determinato articolo con la quantità prodotta nel periodo di riferimento



La distinzione che viene fatta non riguarda solo un lato estetico ma anche l'iter che il mobile segue all'interno della catena di imballaggio.

Un primo parametro che ci viene fornito per il trasporto su nastri, all'interno del reparto e di conseguenza dove andranno poi posizionati gli angolari, riguarda proprio il tipo di modello:

- se il pensile è STANDARD arriva nella postazione appoggiato sulla base
- se il pensile è RIBALTA arriva nella postazione appoggiato sul fianco.

In seguito sono riportate le operazioni svolte all'interno della linea di imballaggio attuale per un pensile qualsiasi (standard o ribalta).

Descrizione delle precedenze nella stazione attuale imballaggio di un pensile

N°	operazione	precedenze
1	prelievo angolari x 4	/ (1-2 in contemporanea)
2	inserimento angolari x 4	2
3	eseguire scansione componente	/ (1-2 in contemporanea)
4	prendere la scatola dallo scaffale	3
5	aprire la scatola	3, 4
6	inserire scatola su componente	1, 2, 3, 4, 5
7	stampa e applicazione etichetta	1, 2, 3, 4, 5, 6
8	chiusura scatola	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Tabella 4

GLI ANGOLARI

Gli angolari sono delle strisce di polistirene a forma di parallelepipedo aperte in uno spigolo per favorire l'inserimento del medesimo sui lati del pensile. Hanno uno spessore molto piccolo rispetto alla lunghezza, mentre la base quadrata ha dimensioni che si aggirano intorno ai 5-6 cm. Siccome le dimensioni dei pensili sono molto varie non è possibile tenere un angolare per ogni dimensione.

Si è scelto di avere quattro dimensioni standard di angolare, divisi nei diversi scomparti:

- 600mm
- 720mm
- 900mm
- 960mm

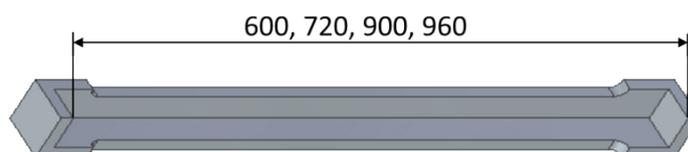


Figura 8 - Forma angolare con le varie lunghezze standard

Le dimensioni degli angolari sono predefinite e vengono utilizzate per indicare se un pensile rientra nella categoria standard o fuori standard.

Il pensile viene definito STANDARD se almeno uno dei suoi lati coincide con le dimensioni degli angolari, altrimenti è considerato FUORI STANDARD.

LE SCATOLE

Le scatole non sono altro che involucri di cartone a forma di parallelepipedo di diverse dimensioni. Fanno parte dell'imballaggio e servono a contenere e proteggere il pensile al loro interno.

Il contenuto (mobile e angolari) è tenuto insieme dalla scatola, infatti, la dimensione di quest'ultima non deve risultare né più grossa né più piccola della dimensione di ciò che deve contenere per evitare che al suo interno si formi del gioco tra i pezzi.

Lista completa dimensioni scatole

LATO CON FALDE				
larghezza	altezza	profondità	L - H	N° scatola
1200	480	330	1200 - 480	1
1200	360	330	1200 - 360	2
1200	600	330	1200 - 600	3
1200	720	330	1200 - 720	4
900	1080	330	900 - 1080	5
900	960	330	900 - 960	6
900	960	330	900 - 960	7
900	960	330	900 - 960	8
900	720	330	900 - 720	9
900	600	330	900 - 600	10
900	480	575	900 - 480	11
900	360	450	900 - 360	12
800	960	330	800 - 960	13
800	720	330	800 - 720	14
650	960	330	650 - 960	15
650	720	330	650 - 720	16
600	1080	330	600 - 1080	17
600	960		600 - 960	18

larghezza	altezza	profondità	L - H	N° scatola
600	960	330	600 - 960	19
600	720	330	600 - 720	20
600	720	330	600 - 720	21
600	720	330	600 - 720	22
600	600	330	600 - 600	23
600	480	450	600 - 480	24
600	360	450	600 - 360	25
450	1080	330	450 - 1080	26
450	960	330	450 - 960	27
450	960	450	450 - 960	28
450	720	330	450 - 720	29
450	600	330	450 - 600	30
450	480	330	450 - 480	31
450	360	330	450 - 360	32
400	960	330	400 - 960	33
400	720	330	400 - 720	34
300	960	330	300 - 960	35
300	720	330	300 - 720	36
150	1260	330	150 - 1260	37
150	960	330	150 - 960	38

Tabella 5

2.2 Analisi delle operazioni eseguite

Iniziamo elencando gli strumenti utili e necessari per svolgere le varie operazioni di imballaggio di pensili citate in precedenza:

- Nastro trasportatore pensili
- Lettore codice a barre (pistola scanner)
- Scaffali per angolari di polistirene
- Angolari di polistirene
- Scaffale scatole
- Scatole
- Pensile assemblato

Prima di descrivere le varie operazioni compiute dai due operatori, facciamo una panoramica sulla postazione che risulta divisa in due stazioni:

POSTAZIONE ANGOLARI



POSTAZIONE SCATOLE



Figura 9 - Panoramica della postazione di inserimento angolari(Sx) e postazione di inserimento scatole (Dx)

Analisi delle operazioni eseguite

ID	descrizione	risorsa
T1	prelievo angolare x 4	operatore 1
T2	inserimento angolare x 4	operatore 1
T3	lettura del componente	operatore 2
T4	prelievo della scatola dallo scaffale	operatore 2
T5	apertura della scatola	operatore 2
T6	inserimento della scatola sul prodotto	operatore 2
T7	stampa e applicazione dell'etichetta	macchina automatica
T8	chiusura della scatola	macchina automatica

Tabella 6

Attualmente la postazione presenta 8 operazioni elementari svolte dai due differenti operatori posti in serie. Analizziamo le operazioni da eseguire:



1. PRELIEVO ANGOLARI

L'operatore preleva le due coppie di angolari dai relativi scaffali alle sue spalle. Il pensile ha bisogno di 4 angolari, uno per lato; sullo scaffale sono posizionati accoppiati a due a due come mostrato in figura 10.



Figura 10 - Operatore 1 preleva gli angolari dallo scaffale

2. INSERIMENTO ANGOLARI

Prelevati gli angolari, l'operatore li inserisce ai lati del pensile, dando la precedenza a quelli posteriori (figura 11 - 2.A) poi negli angoli frontali (figura 11 - 2.B). Gli angolari non vengono disposti in maniera casuale ma inseriti rispettando determinate regole.

Preferibilmente si inseriscono sullo spigolo verticale in direzione normale uscente al piano del nastro, ma è possibile trovare pensili con angolari disposti negli spigoli inferiore e superiore parallelo al nastro trasportatore.

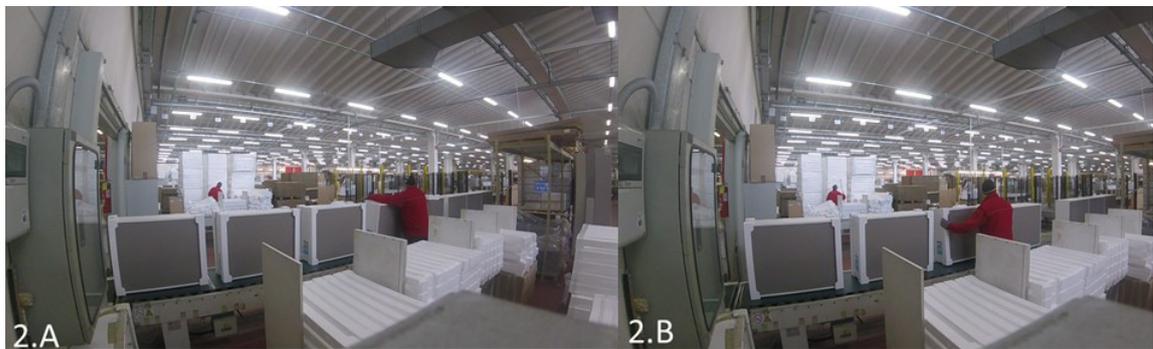


Figura 11 - Inserimento angolari posteriori (Sx) e anteriori (Dx)

3. ESEGUIRE SCANSIONE PENSILE

Terminata l'operazione precedente, il nastro trasportatore porta il pensile alla seconda postazione (scatole) dove, il secondo operatore utilizza la pistola scanner per leggere il codice a barre e fornire indicazioni sul prodotto.



Figura 12 - Scansione del Pensile



4. PRENDERE LA SCATOLA DALLO SCAFFALE

Accertatosi che la pistola abbia letto il codice l'operatore si volta e preleva la corretta scatola dall'apposito raccoglitore.



Figura 13 - Operatore che preleva la scatola dallo scaffale



5. APRIRE LA SCATOLA

La scatola nella sua configurazione di immagazzinamento risulta schiacciata, occorre quindi che l'operatore la apra dandogli la classica forma a Parallelepipedo.



Figura 14 - Operatore che Apre la scatola



6. INSERIRE SCATOLA SUL PENSILE

Una volta aperta la scatola l'operatore la solleva e la inserisce sul pensile assicurandosi che gli angolari lo blocchino alla scatola lasciando entrambi i lati aperti, sarà poi una macchina automatica a chiudere il tutto..



Figura 15 - L'operatore Inserisce la scatola sul pensile

PROBLEMATICHE

Vista la grande quantità di pensili (circa 550 modelli diversi per tipo, dimensioni e modelli) non è possibile avere un angolare o una scatola per ogni tipologia. Queste divergenze possono creare tre diversi tipi di inconvenienti:

- pensile con lato più corto rispetto all'angolare



Figura 16 - Procedimento per imballare pensili con lato più corto dell'angolare. A sinistra: Angolare maggiore del pensile; al centro: preparazione del polistirolo; a destra: L'operatore inserisce il polistirolo all'interno della scatola

Nell'evenienza che si scelga un angolare più lungo rispetto al lato utile del pensile si opera lasciando vuoto lo spazio soprastante il pensile, che viene riempito una volta inserita la scatola inserendo altro polistirene rotto (dall'operatore) per bloccare il pezzo ed evitare eventuali urti durante il trasporto.

- pensile con lato più lungo rispetto all'angolare



Figura 17 - Pensile con lato più lungo dell'angolare

Nell'evenienza in cui si debba imballare un pensile con il lato più lungo rispetto all'angolare maggiore disponibile, si opera rompendo l'angolare a metà circa e si inseriscono le due parti nei relativi angoli fissandole poi con del nastro adesivo.

- pensile con lato più coincidente all'angolare ma scatola più grande



Figura 18 - imballaggio pensile con scatola più grande.

Anche per questa evenienza, come nel primo caso, si cerca di risolvere il problema rompendo dei pezzi di polistirene e inserendoli nella scatola cercando di riempire gli spazi vuoti lasciati dal maggiore ingombro della scatola rispetto al pensile.

2.3 Ipotesi e requisiti

Descritto il funzionamento della linea attuale si può procedere con l'inserimento del Cobot all'interno della linea.

Studiando il procedimento e tenendo conto dei carichi di lavoro subiti dall'operatore si è deciso di inserire il robot collaborativo nella prima postazione, quella degli angolari.

Dove prima c'era un operatore che prelevava il quartetto di angolari dai raccoglitori e li inseriva sugli spigoli del pensile ora si vuole far compiere queste operazioni ad un robot.

Allocazione Task uomo-macchina

ID	descrizione	risorsa
T1	prelievo angolare x 4	cobot
T2	inserimento angolare x 4	cobot
T3	lettura del componente	operatore 2
T4	prelievo della scatola dallo scaffale	operatore 2
T5	apertura della scatola	operatore 2
T6	inserimento della scatola sul prodotto	operatore 2
T7	stampa e applicazione dell'etichetta	macchina automatica
T8	chiusura della scatola	macchina automatica

Tabella 7

Consideriamo il primo step lavorativo:

1) PRELIEVO ANGOLARE

Per svolgere tale compito è veramente difficile pensare che sia il robot a prelevare direttamente l'angolare dal raccoglitore.

Per far ciò infatti c'è bisogno di innumerevoli sensori che indichino al robot sia dove si trova il giusto raccoglitore tra i 4 angolari disponibili, sia dove si trova l'angolare all'interno del raccoglitore; per non parlare poi di fornire al robot dati su come è orientato l'angolare da montare.

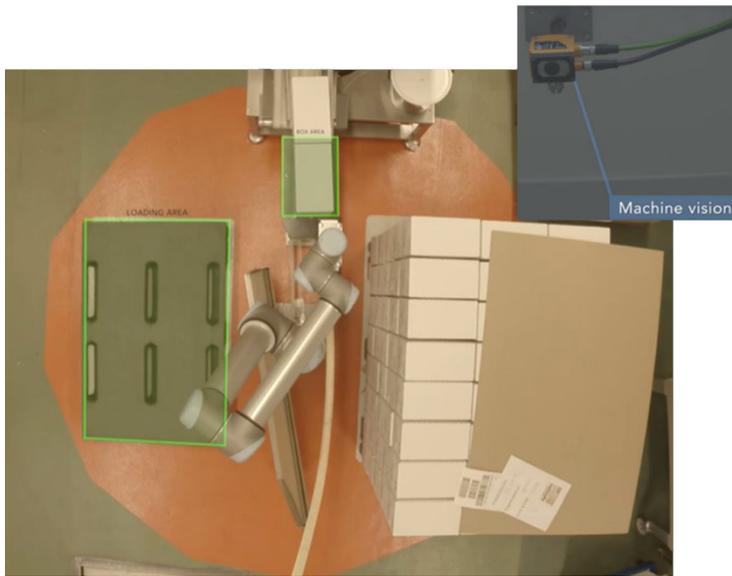


Figura 19 - Immagine del sensore camera associata al Robot

Si è provato a risolvere tali problemi (sia di costo che di spazio) pensando di affiancare al robot un dispenser automatico.

Il dispenser ha il compito di fornire il giusto tipo di angolare, a seconda del pannello in arrivo, in una stazione di prelievo, disponendolo sempre secondo un medesimo orientamento in modo da facilitare il compito del robot, semplificando l'impianto di controllo.

Il compito dell'operatore in questo caso è quello di andare a gestire il robot e monitorare che non ci siano intoppi nella produzione, oltre che occuparsi della ricarica dei vari dispenser al bisogno.



Figura 20 - Programmazione e gestione cobot

2) INSERIMENTO ANGOLARE

Il secondo compito da svolgere prevede che il robot prelevi l'angolare dal punto di raccolta e lo inserisca sullo spigolo del pensile interessato.

Per quanto riguarda la modalità di presa dell'angolare da parte del robot tra le varie opzioni studiate si è scelto come utensile, innestato al braccio robot, una pinza a vuoto. L'angolare di polistirene viene sollevato per effetto del vuoto creato dalle ventose e incastrato sul pensile. Affinché il robot lavori bene in questo tipo di configurazione ha bisogno di regole.



Figura 21 - Cobot con utensile Vacuum gripper

Trasformando la postazione da manuale ad automatizzata ovviamente è necessario definire degli algoritmi che definiscano quale angolare prelevare, in quale spigolo inserirlo, come si risolvono le problematiche precedenti, etc.

2.4 Algoritmo per la definizione della posizione del prodotto

2.4.1 Scelta della scatola

Primo passo importante per la definizione della posizione del prodotto è quella di verificare che esista, tra le varie tipologie disponibili, una scatola adatta alle dimensioni del pensile in base all'orientamento scelto. Non tutti i vari orientamenti del pensile sono uguali.



Figura 22 - Disposizione per l'inserimento della scatola

Bisogna pensare che la scatola deve essere inserita dall'alto verso il basso in quanto sotto il pensile da imballare è presente il nastro trasportatore, inoltre non meno importante, il componente imballato dovrà poi passare per una stazione automatica che chiude le scatole e ne inserisce l'etichetta.

In questo passaggio bisogna far sì che le falde dell'apertura della scatola siano disposte sempre alle estremità superiori ed inferiori. Per attuare tale selezione procediamo con delle semplici funzioni logiche. Si parte dalla disposizione vista in precedenza:

Standard= appoggiata sulla base

Ribalta= appoggiata sul lato

Ci si chiede inizialmente in quale delle due configurazioni ci si trova per definire i parametri (dimensioni del pensile) da confrontare.



Definiamo:

- Le dimensioni che presentano il pedice 0 riguardano i dati forniti nella lista dell'azienda
- Le dimensioni che presentano il pedice S riguardano i dati forniti sulle scatole
- Le dimensioni che presentano il pedice 1 si riferiscono alle dimensioni del pensile quando si trova sul nastro.

Per capire in che configurazione siamo basta confrontare che le dimensioni H_0 , L_0 , P_0 siano uguali a H_1 , L_1 , P_1 allora si ha un pensile appoggiato sulla base altrimenti siamo nella configurazione appoggiata sul fianco.

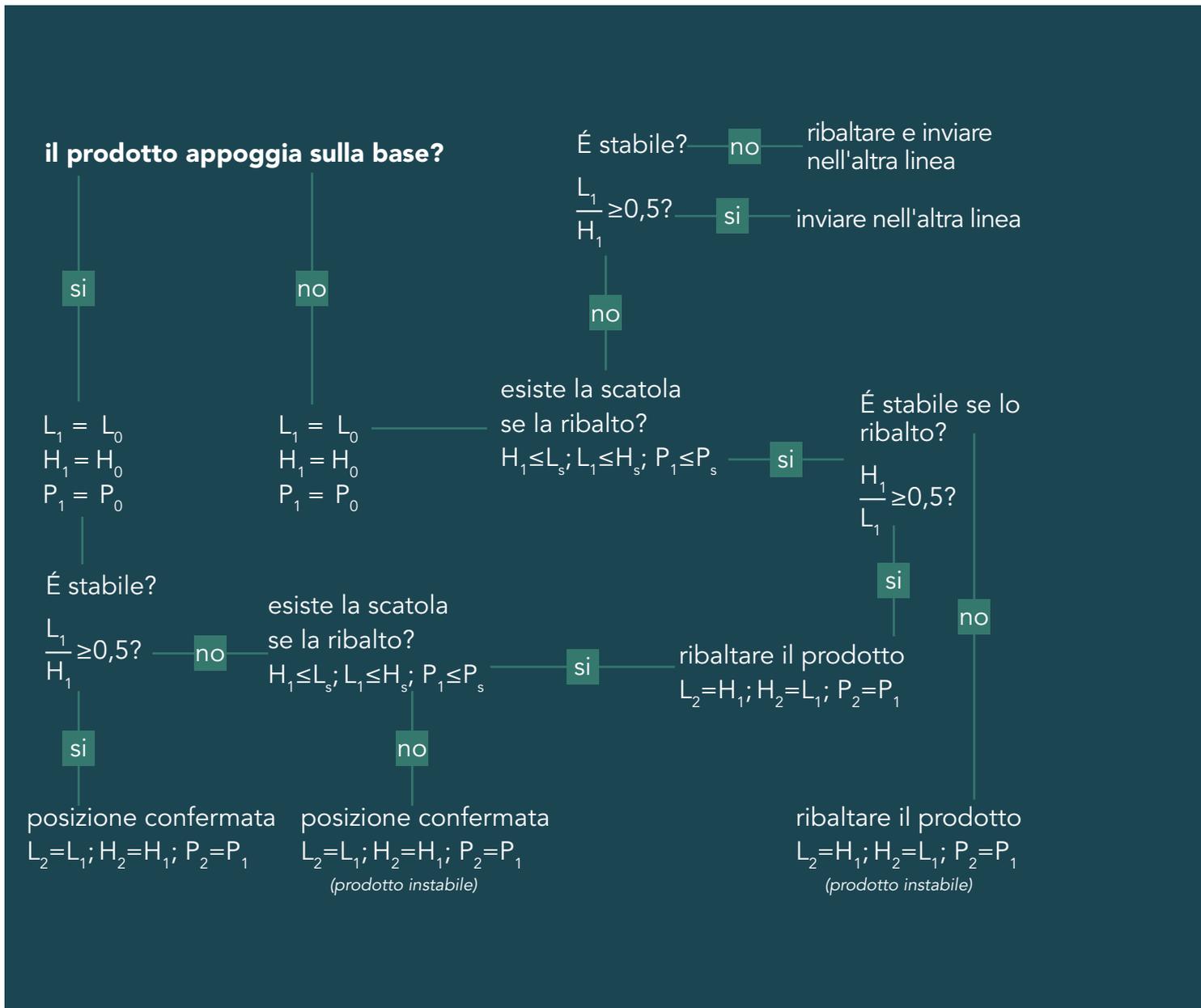
Una volta capita la disposizione, si procede confrontando la dimensioni del pensile sul nastro con quelle della scatola per vedere se esiste un possibile accoppiamento.

Il confronto avviene verificando che le dimensioni della scatola risultino uguali o al più maggiori del pensile, scartando l'accoppiamento anche se solo una delle tre dimensioni non soddisfa il confronto.

Se il confronto da esito negativo, allora si procede ribaltando il pensile (altra configurazione) e si cerca nuovamente la scatola come in precedenza.

Una volta trovata la scatola (sia nel primo che nel secondo caso) si procede con la verifica di stabilità (trattata nel prossimo capitolo).

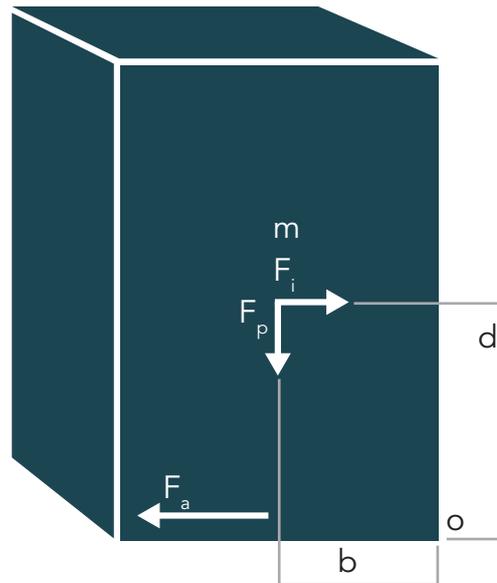
Una volta trovato il giusto accoppiamento si procede al prossimo passo, in caso negativo invece si invia il pensile ad un'altra linea di imballaggio (Linea 3 fuori standard).



2.4.2 Coefficiente di stabilità

Trattiamo ora un parametro fondamentale per il corretto trasporto del pensile, la stabilità del carico (il coefficiente di stabilità e il rischio di ribaltamento ad esso associato). Descriviamo cos'è il rischio di ribaltamento:

Il concetto alla base è che carichi con baricentro alto rispetto alla dimensione della base di appoggio, in caso di percorrenza di una curva, in frenata o accelerazioni improvvise, potrebbero ribaltarsi anziché scivolare.



Nel caso in esame il continuo avvio e arresto del rullo potrebbe risultare una condizione sufficiente affinché si verifichi il ribaltamento del pensile, se risulta poco stabile. Come si verifica se un pensile è stabile o meno?

Partiamo innanzitutto dallo studio ingegneristico delle forze che agiscono sul carico durante un possibile movimento (avvio o arresto). Le forze in gioco sono:

- F_i =Forza di inerzia che spinge il carico in avanti (in caso di arresto, oppure all'indietro se ci troviamo nella condizione di avvio). Tale forza è pari alla massa del carico spostato per l'accelerazione del movimento in esame. ($F_i = Kmg$, con K =coefficiente di accelerazione del moto)
- F_p =Forza peso ($F_p = mg$)
- F_a =Forza di attrito, agisce nella stessa direzione della forza di inerzia ma con verso opposto.

Introduciamo il COEFFICIENTE DI ACCELERAZIONE (K) come quel valore adimensionale utile a stimare e regolamentare il fissaggio del carico, per tener conto di sollecitazioni che si sviluppano durante il trasporto.

Prendiamo la norma EN 12195-1:2010, che regola i coefficienti di accelerazione per il trasporto stradale, riportati all'accelerazione di gravità $g=9,81 \text{ m/s}^2$:

Norma EN 12195-1:2010 che regola i coefficienti di Stabilità

Coefficiente K	direzione	azione
0,8 g	Longitudinale avanti	Frenata
0,5 g	Longitudinale indietro	Accelerazione
0,5 - 0,6 g	Direzione trasversale	Percorrenza curve

Tabella 8

Il trasporto stradale è una condizione più severa rispetto a quella in esame, in quanto le velocità sono maggiori come le possibilità di imprevisti.

La condizione più restrittiva riguarda la frenata, però visto ciò che è stato detto in precedenza prendiamo per il nostro caso un coefficiente pari a 0,5g valido per qualsiasi azione. Per valutare il ribaltamento, andiamo a svolgere l'equilibrio dei momenti rispetto al polo O.

Si nota subito che la forza di attrito non sviluppa alcun momento (braccio parallelo alla direzione della forza, $F_a \times b=0$).

$$\curvearrowright F_i \times \frac{H_1}{2} = F_p \times \frac{L_1}{2}$$

dati presi da capitolo precedente (L_1 =lunghezza, H_1 = altezza)

$$0,5 \text{ mg} \times \frac{H_1}{2} = \text{mg} \times \frac{L_1}{2}$$

$$\frac{L_1}{H_1} = 0,5$$

Da tale risultato è possibile affermare che nel trasporto del pensile la condizione di stabilità del carico senza ancoraggio:

$$\frac{L_1}{H_1} > 0,5$$

Trovato un parametro per definire la stabilità del pensile durante il trasporto, si procede andando a verificare per ogni disposizione trovata in precedenza, se si trova in condizione stabile o meno.

Se la disposizione del pensile si trova in stabilità non subisce variazioni, altrimenti si prova a ribaltare la forma e si procede nuovamente con la ricerca della scatola e la verifica di nuova stabilità.

2.5 Algoritmo per la scelta e il posizionamento dell'angolare

Determinata la posizione del pensile in base al tipo di scatola, occorre definire delle regole per l'inserimento degli angolari.

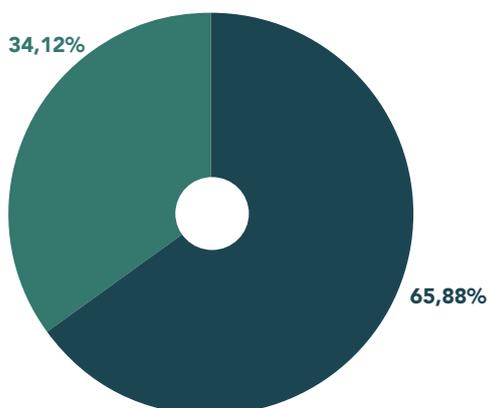
Si procede considerando delle preferenze come quella di mettere l'angolare sullo spigolo verticale per semplificare la manovra.

Nella formulazione dell'algoritmo per posizionare l'angolare occorre prima definire lo spigolo utile del pensile da imballare e poi decidere tra uno dei quattro tipi di angolare.

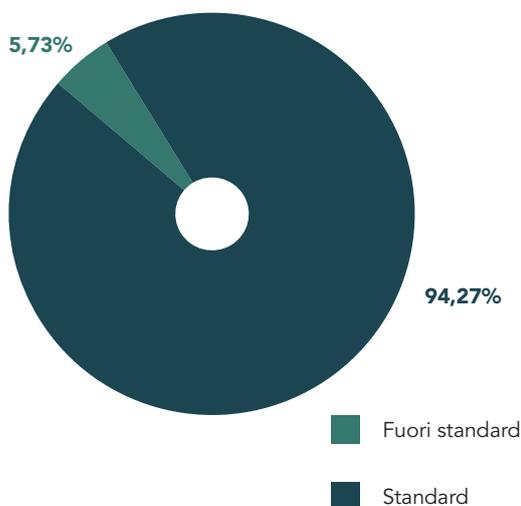
Dopo una prima prova di configurazione che consentiva l'imballaggio del 65,88% dei pensili standard, attraverso uno specifico adattamento della dimensione utile, si è riusciti a raggiungere il 92,36% di accoppiamenti standard pensili-angolari.

Percentuale utilizzo angolari

1° soluzione



2° soluzione



Percentuale utilizzo singolo angolare riferito solo a gli angoli standard

% angolari	1° soluzione	2° soluzione
% 600	44,83 %	19,08 %
% 720	20,33 %	41,07 %
%900	14,70 %	15,60 %
% 960	20,15 %	18,51 %

Tabella 9

La prima questione da affrontare nella definizione dello spigolo utile su cui inserire l'angolare, è verificare la possibilità di sfruttare il lato verticale.

Nel caso in cui lo spigolo selezionato risulti uguale ad uno dei quattro tipi di angolari allora si procede all'imballaggio utilizzando tale spigolo.

Nell'evenienza che non si trovi un angolare adatto per il lato verticale si controlla l'altra dimensione, la larghezza.

Se uno dei quattro angolari disponibili risulta accoppiabile alla larghezza si procede all'imballaggio posizionando l'angolare parallelamente al nastro negli spigoli inferiori e superiori.

Se nessuna delle due configurazioni risulta verificata si procede scegliendo un angolare che minimizza la differenza con uno degli spigoli.

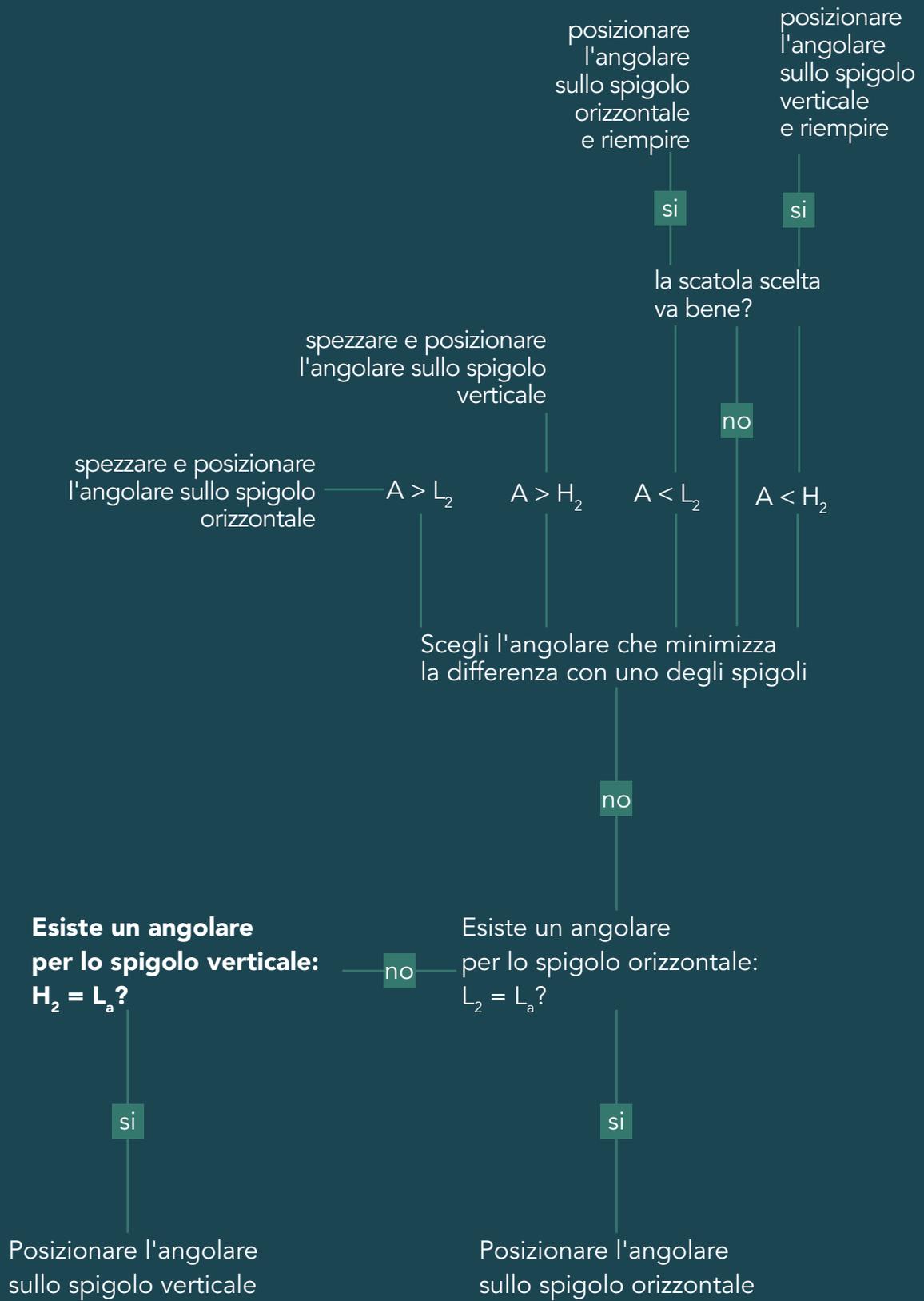
Si ottengono 3 diversi casi (con soluzioni già descritte nel 2.2):

- $ANGOLARE (A) < H_1$ caso del pensile con lato maggiore dell'angolare disposto sullo spigolo verticale
- $A < L_1$ caso del pensile con lato maggiore dell'angolare disposto sullo spigolo orizzontale
- $A > H_1$ caso del pensile con lato minore dell'angolare, si dispone l'angolare sullo spigolo verticale e si riempie la scatola

Per quanto riguarda l'ultimo caso, prima di procedere al posizionamento dell'angolare, si riverifica se la scatola scelta riesce a contenere anche l'angolare più lungo.

Se così non fosse, si procede inserendo l'angolare sul lato verticale prendendo una scatola di dimensioni maggiori andando poi a riempire gli spazi vuoti.

In questo modo ci permette di trovare il giusto compromesso tra scatola, angolare e pensile.





3

Progettazione della postazione robotica

3.1 Sistemi CAD

3.1.1 Solid Edge

Solid Edge è un software di progettazione ibrida 2D/3D sviluppato da Siemens PLM Software.

Il programma opera tramite documenti di modellazione per la creazione delle feature attraverso due ambienti:

- Ordinato
- Sincrono

Le feature ordinate sono create nell'ambiente ordinato e le feature sincrone nell'ambiente sincrono.

Un modello può contenere una feature sincrona, una ordinata, o una combinazione delle due. La feature sincrona è una raccolta di facce che definiscono la forma della feature.

È possibile modificare le facce di una feature sincrona ma, importante, non ci fornisce uno storico della modalità di creazione delle facce.

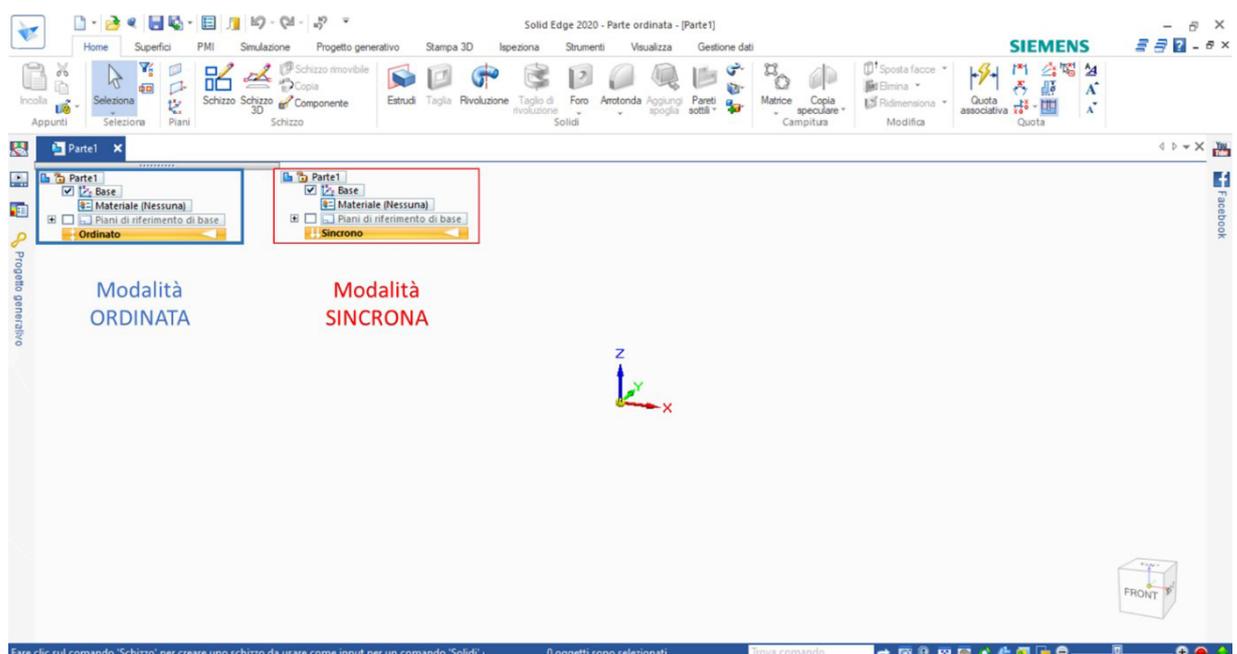


Figura 23 - Front programma Solid Edge con le due diverse modalità di modellazione

Le feature ordinate sono basate su uno storico di creazione; è possibile modificare le feature ordinate tornando ad operare sullo step di creazione interessato per ridefinire o modificare i vari parametri. In questo ambiente però, non è possibile modificare nessuna faccia di una feature ordinata.

Per il lavoro svolto si è operato in modalità ordinata.

Inoltre con tale programma è possibile realizzare file Parti (singoli componenti), file Assieme (assemblaggio di più componenti) o file Draft (disegno tecnico 2D). Siemens Solid Edge inoltre permette di operare con diversi sistemi metrici, per comodità abbiamo operato con il sistema metrico utilizzando i millimetri come unità di misura.

3.1.2 NX

Nx è un programma del genere CAD (computer-aided drafting) sviluppata da Unigraphics basandosi sulle librerie e modelli sviluppati in precedenza con Parasolid.

Successivamente l'azienda fu rilevata dalla Siemens AG cambiando il nome del prodotto in quello conosciuto oggi: Siemens PLM Software.

Diretto concorrente di altri applicazioni (come SOLIDWORKS, CATIA, INVENTOR, ecc) si distingue dal resto per essere una soluzione integrata, potente e flessibile, che consente di realizzare i prodotti in modo più rapido ed efficiente.

NX offre una nuova generazione di soluzioni di progettazione, simulazione e produzione, che consentono alle aziende di realizzare il valore del Digital Twin (replica virtuale di una risorsa fisica)

Continuamente aggiornato, come per ogni sistema CAD, NX supporta ogni singolo aspetto dello sviluppo dei prodotti, dal design del concetto alla progettazione e alla fabbricazione, inoltre offre un set di strumenti integrato che coordina le discipline, preserva l'integrità dei dati e la finalità di progettazione semplificando l'intero processo.

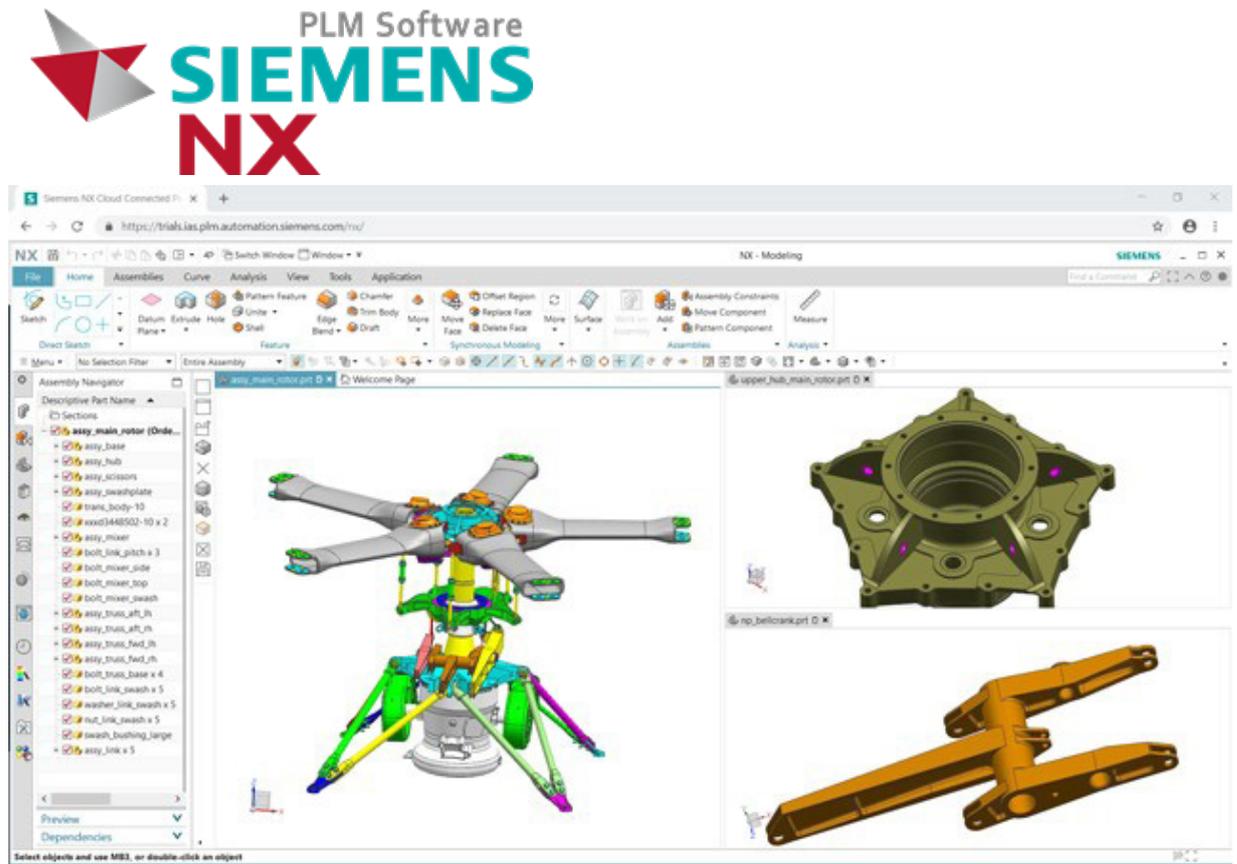


Figura 24 - Front programma PLM Software Siemens NX Possibili campi di utilizzo del Robot collaborativo

Nel caso in questione il programma è stato usato per la progettazione e la realizzazione di alcuni componenti e per la messa in tavola dell'intero assieme per simulazione della postazione lavorativa.

Per quanto riguarda la progettazione NX ottimizza il processo di sviluppo del prodotto rendendolo più veloce.

NX vanta di avere soluzioni di sviluppo più potenti, flessibile e innovativa nel settore rispetto alla concorrenza. La velocità di sviluppo del progetto deriva dal fatto che è possibile distribuire il prodotto direttamente nel mercato usando un numero di modelli prodotto virtuali maggiori riducendo così i costi di realizzazione di più prototipi fisici.

3.2 I componenti

3.2.1 Robot

Obiettivo principale di tutto il lavoro è di andare a trasformare la postazione da manuale a una postazione collaborativa uomo-macchina inserendo nella linea un robot collaborativo.

Si è pensato di inserire un modello particolare di Robot, il Cobot UR5 prodotto dalla Universal Robots™.

Universal Robots è un'azienda danese che produce robot industriali collaborativi. Attualmente l'azienda produce quattro differenti tipi di robot collaborativi, uguali in design ma differenti per dimensioni e prestazioni.

ROBOT UR3



REACH

500 mm/19.7 ins



PAYLOAD

3 kg/6.6 lbs



DIMENSIONI ALLA BASE

Ø 128 mm



PESO

11,2 kg/24.7 lbs

ROBOT UR5



REACH

850 mm/33.5 ins



PAYLOAD

5 kg/11 lbs



DIMENSIONI ALLA BASE

Ø 149 mm



PESO

20,6 kg/45.4 lbs

ROBOT UR510



REACH
1300 mm/51.3 ins



PAYLOAD
10 kg/22 lbs



DIMENSIONI ALLA BASE
Ø 190 mm



PESO
33,5 kg/73.9 lbs

ROBOT UR16



REACH
900 mm/35.4 ins



PAYLOAD
16 kg/35.3 lbs



DIMENSIONI ALLA BASE
Ø 190 mm



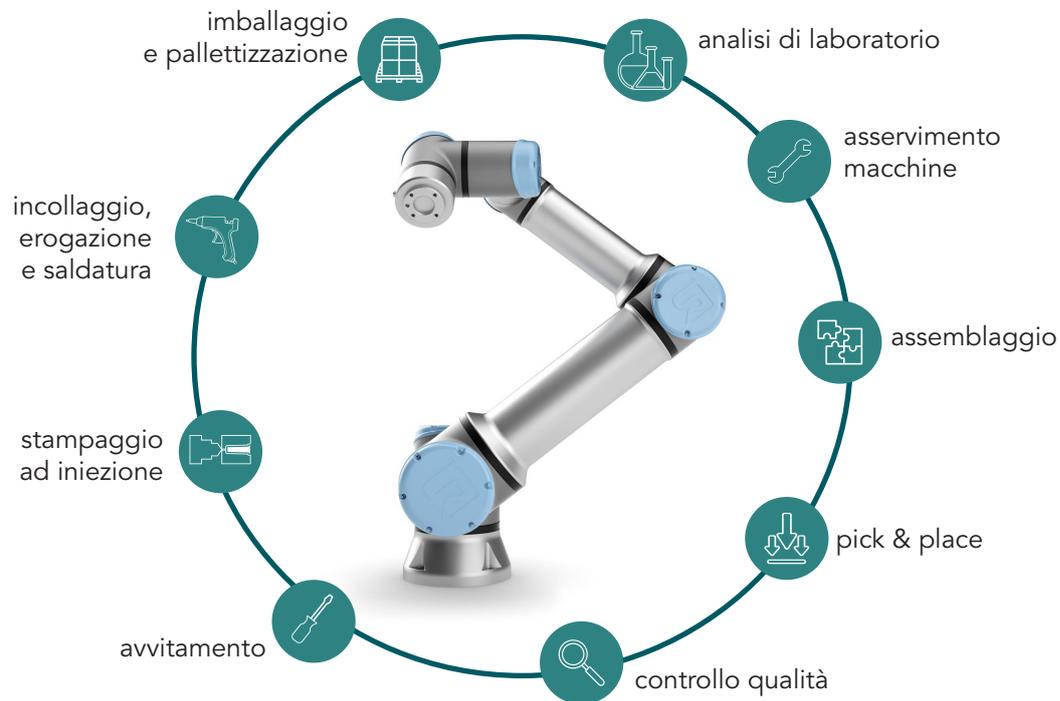
PESO
33,1 kg/73 lbs

Per la nostra particolare esigenza si è ipotizzato di utilizzare un Robot collaborativo UR5.

Da una prima analisi visiva del progetto si è pensato di inserire questo tipo di modello in quanto propone un giusto compromesso tra carico, distanza e costo. Uno step successivo sarà proprio quello di andare a studiare le distanze tra i vari componenti e selezionare il cobot giusto per coprire tutti gli spazi di manovra.

Dalla sua posizione di base, il cobot UR5 deve poter raggiungere la stazione di prelievo degli angolari forniti dal dispenser e tutti gli spigoli del pensile, sia verticali che orizzontali, per poter inserire correttamente l'angolare nella giusta configurazione, descritta nel 2.5.

Possibili campi di utilizzo del Robot collaborativo



Per poter prelevare e trasportare l'angolare si hanno a disposizione diversi utensili messi in commercio dalla stessa ditta.

L'azione di prelievo può essere realizzata tramite due diversi tipi di modalità:

- Ad attrito
- A vuoto

La prima prevede un organo meccanico (pinza) che afferra l'angolare sul lato lungo nello spigolo pieno.

La seconda prevede invece una pinza a pressione che crea il vuoto e afferra il pezzo. Per ragioni che si vedranno in seguito si è scelto di utilizzare la seconda soluzione.



Figura 25 - Utensile per innesto cobot pinza a vuoto

3.2.2 Nastri trasportatori

I nastri trasportatori ricoprono un ruolo importante e fondamentale nel reparto imballaggi. Attualmente è presente un unico nastro disposto al centro di ogni linea.

Gli operatori interagiscono con il componente trasportato muovendosi a lato del nastro e fermandolo ogni qualvolta arrivi il nuovo pensile da imballare.

Con l'automatizzazione della linea è necessario l'utilizzo di un altro nastro distaccato dal primo che prevede il trasporto di angolari dal dispenser al punto di prelievo.

NASTRO TRASPORTATORE PENSILI

Componente utile per portare i vari prodotti finiti pensili attraverso la stazione di imballaggio.

Il nastro, dotato di start/stop, si muove in maniera non regolare per permettere al robot (e/o all'operatore) di svolgere tutte le lavorazioni utili per completare le operazioni di imballaggio sulle due distinte stazioni.

Le due stazioni della linea, la stazione degli angolari e quella delle scatole, sono collegate dal nastro trasportatore pensili come in figura 26.



Figura 26 - Nastro trasportatore pensili reale (Sx) nastro trasportatore utilizzato per simulazione (Dx)

NASTRO TRASPORTATORE ANGOLARI

Questo tipo di nastro è differente dal primo per funzione e forma, collega il dispenser alla stazione di prelievo. Progettato come un nastro particolare presenta una stazione di prelievo all'estremità finale prossima al cobot.

Per la stazione di prelievo si è pensato inizialmente di sviluppare un'idea, associata all'utilizzo di un utensile meccanico ad attrito associato al robot, che consisteva nel:

- bloccare l'angolare inferiore durante il prelievo dell'altro evitando così di perdere la posizione.
- Si preleva l'angolare superiore
- Si sblocca l'angolare inferiore precedentemente bloccato
- Mentre il robot porta il primo angolare (superiore), una pinza rotativa agisce su quello inferiore ruotandolo di 180° per conferirgli lo stesso orientamento del precedente.
- Il robot torna alla stazione di prelievo per afferrare l'angolare ruotato e inserirlo sul pensile.
- Il robot infatti ha bisogno dello spigolo pieno per afferrare il componente e inserirlo sul pensile.

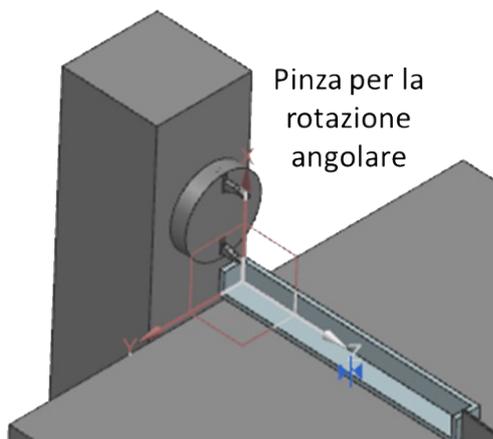


Figura 27 - Pinza per la rotazione angolare

Dopo un primo confronto si è arrivati a scartare l'idea a favore di una soluzione migliore visto anche la poca praticità e del maggior costo di realizzazione rispetto alla soluzione adottata.

La soluzione di ripiego è stata quella di dotare la stazione di prelievo di un Vacuum gripper in grado di bloccare l'angolare inferiore (ricordiamo che gli angolari arrivano accoppiati a due a due, come mostrato in figura 10) durante il prelievo dell'angolare superiore per evitare che si perda l'orientamento dello stesso.

Dotando anche il Cobot di un utensile simile per la presa dell'angolare, si evita di ruotare il secondo angolare, semplificando di fatto la linea evitando l'inserimento di un elemento per la rotazione del pezzo utile per la presa.

Con una pinza a sottovuoto come organo di presa si ha bisogno solamente di una superficie, evitando il componente e i costi ad esso associati.

Il Vacuum gripper trattiene l'angolare inferiore finché il robot non ha completato gli step con il superiore e non sia tornato ad afferrarlo. Una volta che il robot ha

preso l'inferiore, la pinza a vuoto lascia la presa permettendo al robot di completare l'operazione.

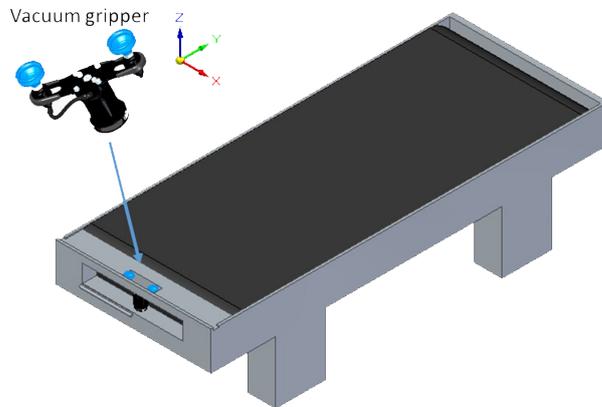


Figura 28 - Nastro trasportatore angolare usato per la simulazione su software con stazione di prelievo

3.2.3 Dispenser di angolari

Il dispenser, componente fondamentale per l'automazione della linea, deve essere in grado di riconoscere le dimensioni del pensile in arrivo, fornire a tempo debito il giusto angolare al robot per poi inserirlo sul pensile. La logica di controllo che regola il dispenser è quella descritta in precedenza nel 2.5.

Siccome non esiste sul mercato un componente simile che tratti oggetti di così piccole dimensioni e di tale materiale si è dovuto progettare partendo da zero.

Per favorire più opzioni si sono progettati due diversi tipi di Dispenser:

1. Dispenser multipli
2. Dispenser unico

DISPENSER MULTIPLI:

Il progetto consiste nel disporre un dispenser diverso per ogni tipo di angolare (600-720-900- 960) posti di fronte ad un nastro che li trasporta al punto di prelievo del robot. Il dispenser selezionato, si attiva all'arrivo del pensile, fornendo al nastro il giusto angolare.

DISPENSER UNICO:

Il progetto consiste nel disporre un unico dispenser con scomparti separati per ogni tipo di angolare (600-720-900-960). Un sistema di presa preleva gli angolari dai vari scomparti e li posiziona sul nastro trasportatore che lo porta al punto di prelievo del robot.

3.3 Soluzione 1

3.3.1 Realizzazione, problematiche e layout

Descriviamo la prima soluzione adottata: Il dispenser Multiplo.

Il primo approccio alla progettazione della soluzione è stato quello di capire le possibili dimensioni di ingombro data dall'unione dei vari dispenser per cercare di ottimizzare lo spazio. Siccome non si avevano a disposizione né le aree disponibili né gli ingombri dei vari nastri e macchinari già esistenti si è scelto di operare mediante un metodo empirico molto efficace:

Il metodo del layout schematico.

Partendo dai dati prelevati dall'azienda durante un sopralluogo inerenti alle dimensioni degli angolari e alla disposizione di imballaggio, si sono stimate le possibili dimensioni dei 4 dispenser di angolari.

- Base quadrata angolari: 50mm x 50mm
- Spessore polistirene: 12mm
- Lato lungo: in base alle dimensioni angolare (624/744/924/984)

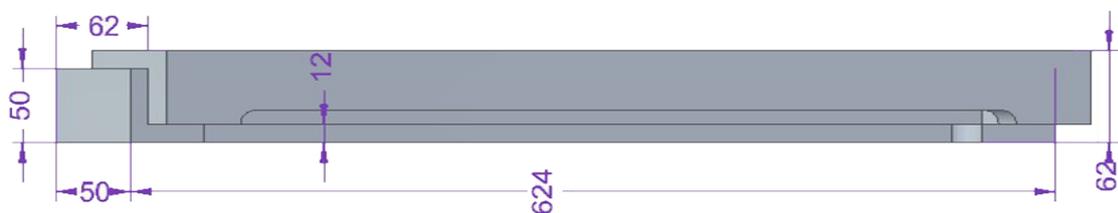


Figura 29 - Coppia di angolari con dimensioni

Sapendo che sono imballati in configurazione accoppiata rettangolare di 7 blocchi per 6, come in figura 30

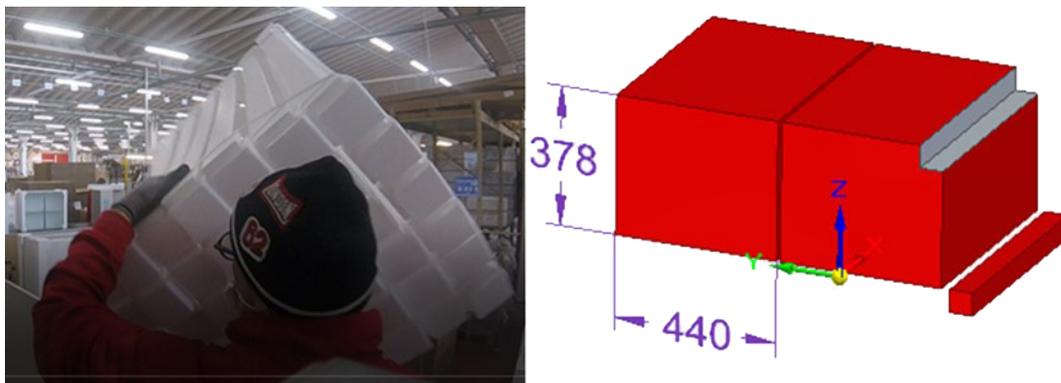


Figura 30 - Angolari in configurazione imballata reale (Dx) e usata per la simulazione (Sx)

Si è potuto procedere al calcolo e poi alla realizzazione accurata delle aree di ingombro tramite un programma di disegno accurato descritto in precedenza (Solid Edge).

Muovendo i vari rettangoli nello spazio si è provato a raggiungere una forma più omogenea ed elementare possibile cercando di ridurre al minimo la differenza tra le varie aree, fino ad arrivare ad una prima configurazione.

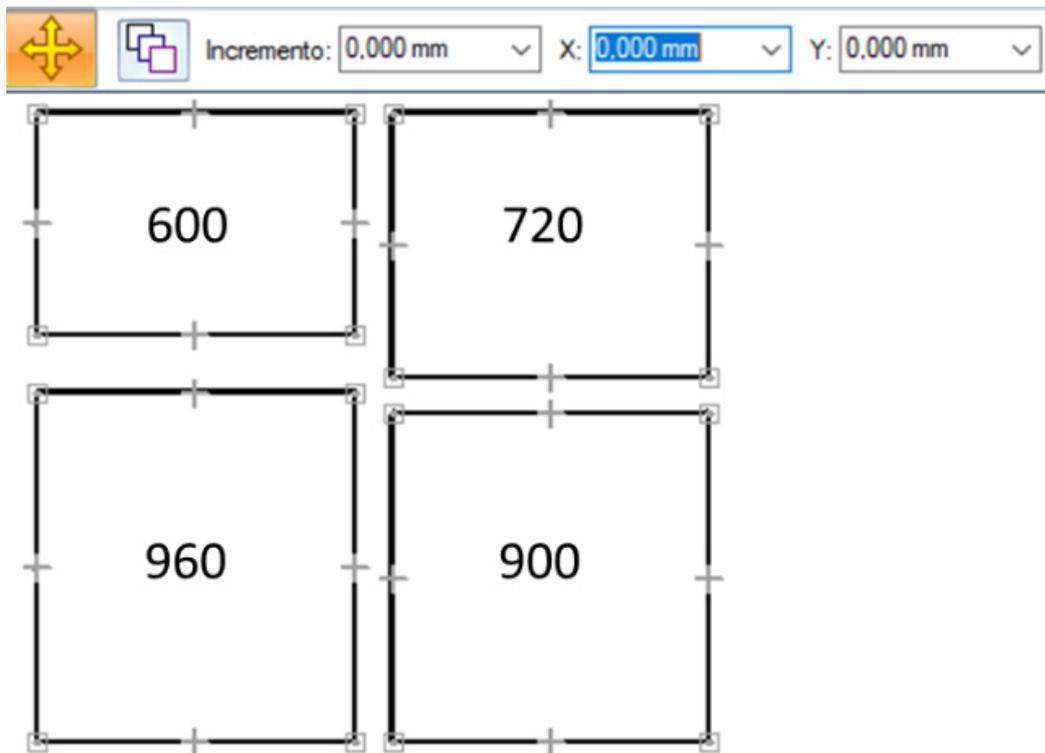


Figura 31 - Disposizione aree dispenser prima soluzione

Una volta trovata la giusta disposizione occorre definire dove inserire il nastro trasportatore angolari per trasferire gli angolari al punto di prelievo comune.

Per comodità di spazio e il facile raggiungimento di tutti e quattro i dispenser si è deciso di inserirlo in mezzo alla configurazione, dove la divisione è ben definita e uniforme.

Ipotizzata una possibile disposizione di ingombri si è partito con la realizzazione dei contenitori. Un unico vincolo fornito per la realizzazione dei macchinari è che l'altezza di estrazione dell'angolare per arrivare al nastro sia almeno di 800mm dal suolo (altezza del nastro).

Prima realizzazione: Dispenser a caduta

Primo oggetto realizzato per ogni distributore sono gli scomparti (1), casse di dimensioni tali da contenere almeno 2 blocchi di angolari (da 7x6).

Con gli ingombri 3D a disposizione si è potuto passare alla definizione del metodo per la fornitura dell'angolare.

Come prima idea si è pensato ad un piano inclinato (2) con angolazione di circa 30° in modo tale da auto-armare l'angolare per caduta, pronto per l'evenienza che sia richiesto il suo pezzo. Armato il dispenser, per spingere l'angolare sul nastro si è utilizzato un pistone (3) che azionandosi all'arrivo del pensile spinge fuori l'angolare.

Frontalmente è stato inserito un vetro (4) per verificare sia che all'interno non ci siano intoppi e sia per verificare se si necessita di ricaricare.

Per la ricarica si è previsto un foro (5) sul retro di ogni dispenser dove l'operatore inserisce manualmente il pacco di angolari; il foro è stato posto ad un'altezza di 1600 mm dal suolo.

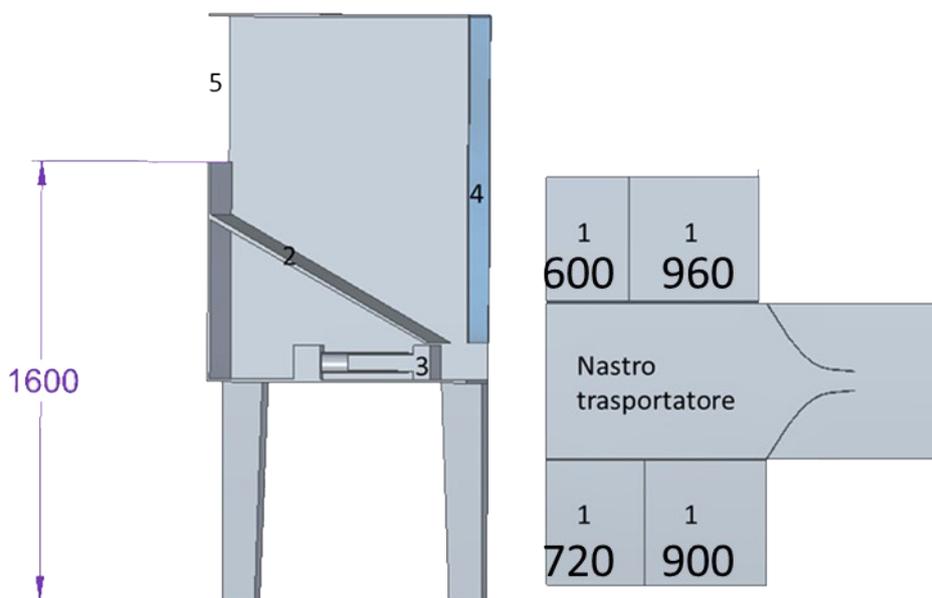


Figura 32 - Panoramica prima soluzione dispenser a caduta

Analizzando ogni step della prima idea di dispenser si è notato che tale soluzione non poteva essere realizzata in quanto sede di gravi problematiche: la selezione a caduta è un'azione troppo casuale per la riuscita e il posizionamento corretto dell'angolare, inoltre l'alto coefficiente di attrito del polistirene (0,5) non facilita la discesa di quest'ultimo creando il più delle volte intoppi nel funzionamento.

Per finire anche se l'altezza non è troppo elevata, durante la ricarica occorre prima liberare gli angolari dall'imballaggio (fascette plastica) poi inserirli nel raccoglitore. Proprio quest'azione potrebbe risultare complicata in quanto la configurazione di angolari, non più tenuta insieme, sollevandola rischia di scomporsi creando problemi all'interno. Tutte queste problematiche sono state ottimizzate riprogettando i dispenser in una nuova realizzazione.

Seconda realizzazione: Dispenser ad attrito

Le componenti corrette come dimensioni, forme e disposizioni sono state mantenute agendo solamente sui componenti sede di problematiche.

Il piano inclinato è stato eliminato completamente, rendendolo parallelo in maniera da dividere il dispenser in due "piani", il piano di stoccaggio(A) e quello di selezione (B).

Il piano di stoccaggio è il piano superiore dove vengono inseriti gli angolari mentre quello di selezione (inferiore) è il piano del pistone per la spinta su nastro.

I due piani sono divisi frontalmente da un vetro di posizionamento (6) utile per evitare che gli angolari vaghino da un piano all'altro creando problemi. Come per il vetro frontale (4) quello di posizionamento è utile per tenere d'occhio la scorta di angolari all'interno del dispenser.

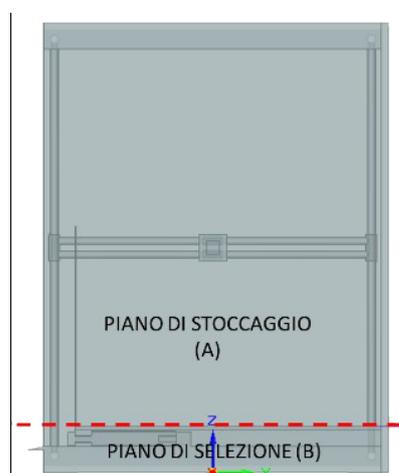


Figura 33 - Divisione dei piani del Dispenser ad attrito

Per portare gli angolari da un piano all'altro si è pensato di inserire all'interno del dispenser un sistema di presa simmetrico ad attrito (2).

Un carrello in grado di muoversi lungo tutte le direzioni dell'area laterale (Y, Z) del dispenser e in grado di stringere l'angolare da entrambe le direzioni tramite un carrello di movimentazione lungo X.

Il pistone è rimasto invariato, aggiungendo una guida (7) per facilitare la discesa sul nastro.

Per quanto riguarda la ricarica si è preferito chiudere posteriormente con uno sportello con cerniera (8) riducendo l'altezza di ricarica e avendo più spazio è possibile inserire gli angolari legati e togliere poi gli imballaggi di plastica una volta dentro evitando la scomposizione della forma.

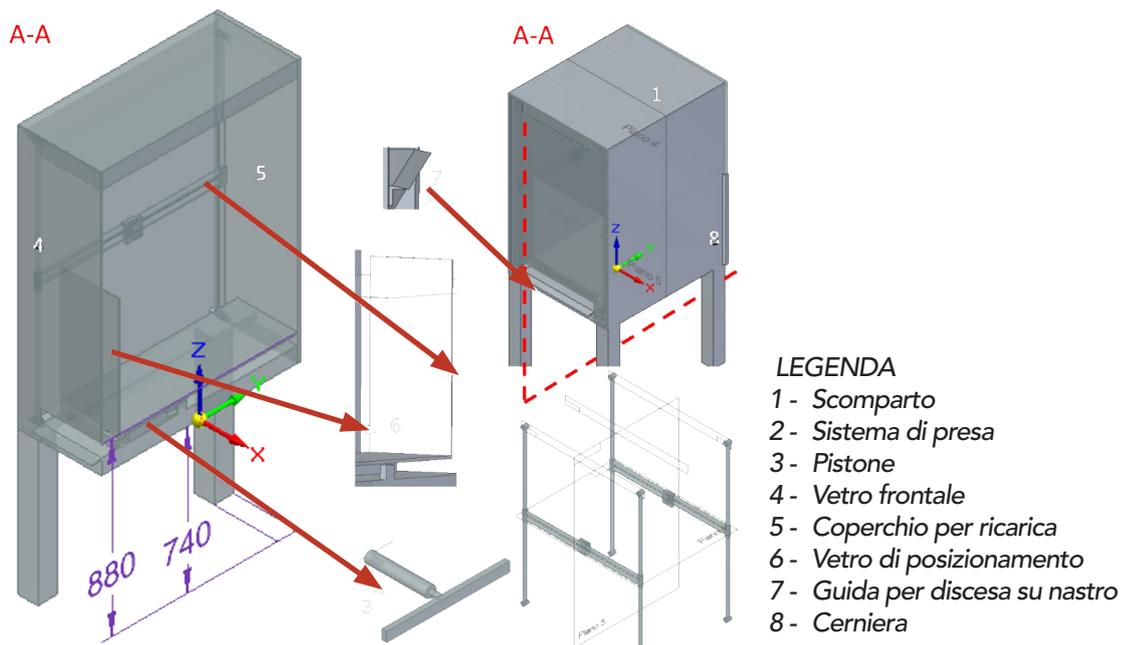


Figura 34 - Panoramica prima soluzione dispenser ad attrito

Funzionamento:

Passiamo alla descrizione del funzionamento del dispenser dal momento dell'arrivo del pensile sul suo nastro trasportatore e della lettura del codice.

A. Viene caricato il dispenser.

B. Il dispenser selezionato (regole viste nel 2.5) attiva il sistema di presa (2).

C. La pinza porta la coppia di angolari di fronte al pistone (3) scavalcando il vetro di posizionamento (6) prelevandoli dal più vicino al vetro (6) al più lontano.

D. Il pistone spinge la coppia sul nastro trasportatore angolari.

E. La guida (7) facilita l'ingresso degli angolari sul nastro.

F. Il nastro trasporta gli angolari dal dispenser al punto di prelievo del robot.

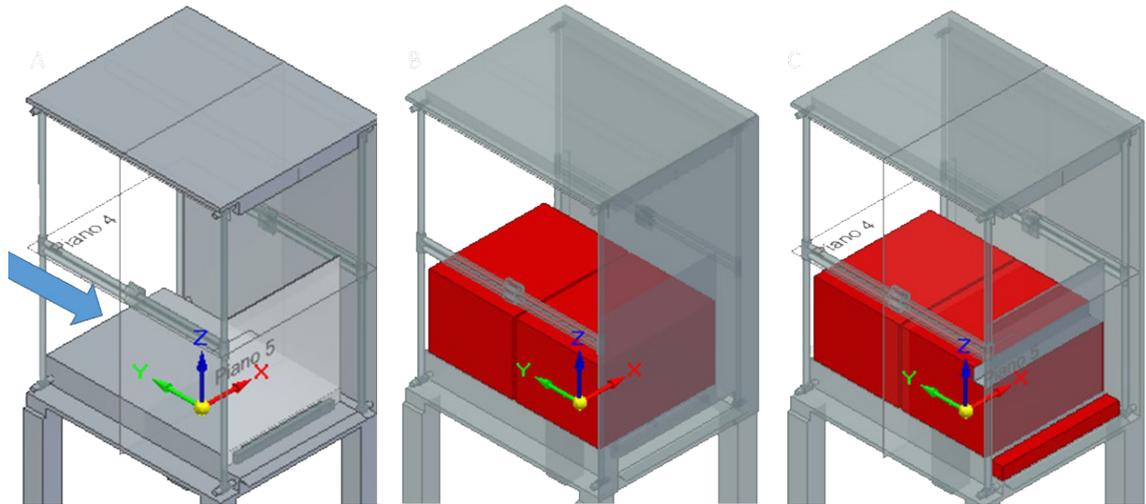


Figura 35 - Schematizzazione funzionamento prima soluzione: dispenser ad attrito

Come descritto in precedenza, una volta che la coppia di angolari raggiunge la stazione di prelievo interviene il Vacuum gripper per bloccare l'angolare inferiore mentre il superiore viene prelevato e inserito sul primo spigolo utile del pensile. Inserito il primo angolare il robot torna indietro a prelevare l'altro; la pinza a vuoto lascia il pezzo solo dopo che il robot l'abbia afferrato correttamente. Si ripete l'operazione una seconda volta affinché siano inseriti quattro angolari. Il pensile compreso di angolari viene portato nella stazione scatole per completare il ciclo di imballaggio.

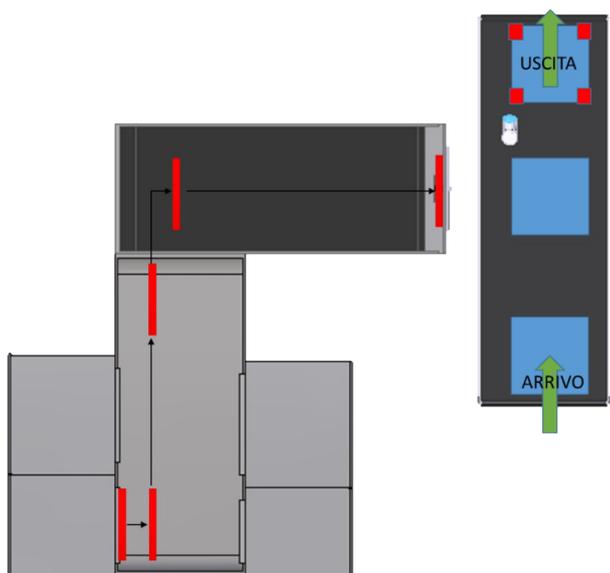


Figura 36 - Percorso dell'angolare da dispenser alla stazione di prelievo

Trattato il funzionamento vediamo ora come avviene la ricarica degli angolari sul dispenser. L'operatore assegnato alla ricarica, ogni qualvolta si stanno esaurendo gli angolari deve procedere manualmente a rifornire il dispenser.

L'operatore prima di tutto apre lo sportello posto sul retro (5, fig. 49) che si apre con modalità classica a sportello dalla cerniera posta sul lato (8, fig. 49)

I blocchi di angolari, che possono essere stoccati sotto ogni dispenser, vengono prelevati ed inseriti direttamente sul dispenser sul piano di stoccaggio senza togliere le fascette protettive. Una volta caricato il primo blocco l'operatore può rimuovere l'imballaggio e caricare un secondo blocco (fig. 50, A)

Per finire si propone una panoramica di assieme della possibile postazione con la descrizione dei vari componenti.

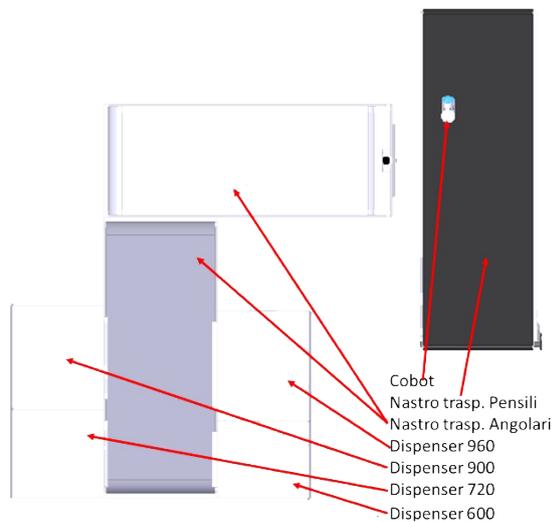


Figura 37 - Panoramica di assieme prima soluzione

3.3.2 Vantaggi e svantaggi

La disposizione dei dispenser separati garantisce una migliore distinzione dei angolari sia per quanto riguarda la ricarica sia per quanto riguarda la fornitura. Essendo i dispenser separati, resta più facile per l'operatore visionare quali dei quattro ha bisogno di ricarica.

Inoltre la ridotta altezza dei vari dispenser garantisce una più facile operazione di carico. Migliorati i difetti trovati nella prima soluzione, il dispenser multiplo presenta un procedimento più pulito e preciso.

La casualità data dalla caduta per gravità è stata eliminata, per far spazio al sistema di presa per attrito garantendo un arrivo sicuro e potenzialmente privo di intoppi; inoltre garantisce sempre un perfetto orientamento del pezzo all'uscita del dispenser.

Nonostante il sistema abbia molti punti a suo favore, esistono alcune aspetti che possono presentare problematiche.

Come si può vedere dalla fig. 51, il trasporto di angolari risulta molto lungo e con almeno uno snodo.

Dall'uscita del dispenser al punto di prelievo del cobot infatti ci sono due nastri per portare l'angolare nel giusto orientamento.

Proprio la lunghezza nel trasporto è il fattore che espone tale soluzione ad un elevato fattore di rischio, infatti durante il moto un angolare di polistirene può cambiare il suo orientamento ruotando di qualche grado lungo il nastro.

Un altro fattore negativo sta nella velocità di esecuzione; le numerose operazioni da svolgere da quando viene caricato il dispenser a quando l'angolare viene messa sul pensile fanno sì da aumentare il tempo ciclo.

Per stimare il tempo ciclo di un'operazione consideriamo tutti i vari tempi che interessano la linea: tempo ricezione segnale, tempo presa dell'angolare, tempo trasporto da un piano all'altro, tempo di azione del pistone e spinta su nastro, tempo trasporto, tempo per le operazioni di prelievo delle due parti.

Abbiamo parlato del sistema di presa, esso ha bisogno di un sistema di localizzazione di angolari per vedere come sono disposti e soprattutto per sapere che angolare andare a prendere dalla disposizione quando richiesto dal sistema (si diceva che devono essere prelevati dal più vicino al vetro al più lontano).

Ciò ci comporta un ulteriore costo. Anche se molto valida come prima alternativa per l'automatizzazione del processo, la soluzione presenta comunque un costo elevato in quanto ha bisogno sia di organi di controllo (telecamere) sia di organi di movimento (pinze, pistoni, nastri, ecc.)

3.4 Soluzione 2

3.4.1 Realizzazione, problematiche e layout

La seconda soluzione prevede un Dispenser Unico.

Per quanto riguarda la disposizione dei raccoglitori è stata adottata lo stesso metodo empirico visto in precedenza (metodo del layout schematico) con l'alternativa di sviluppare la disposizione in verticale invece che in orizzontale.

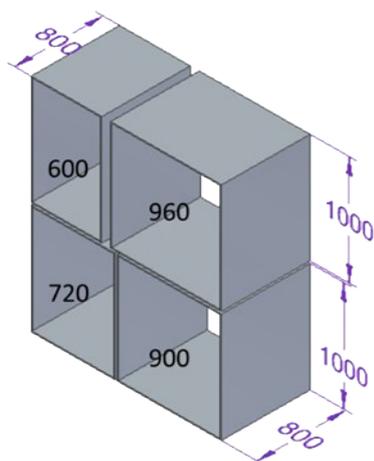


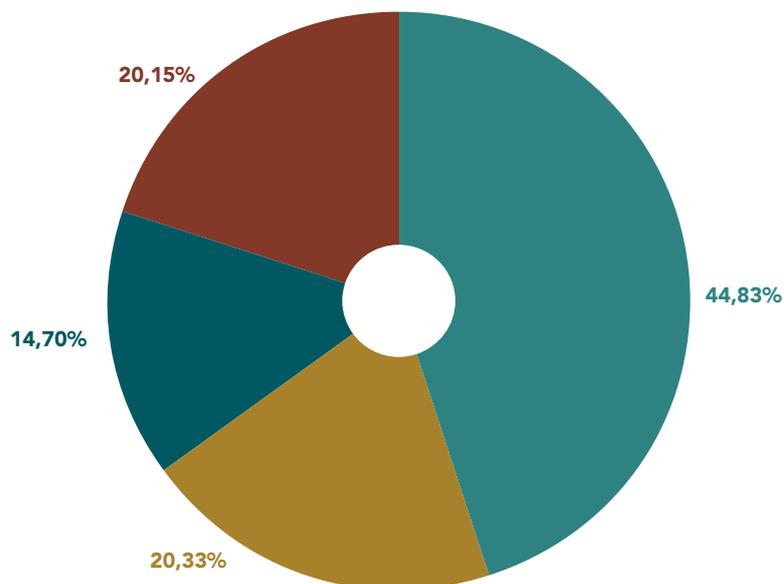
Figura 38 - Disposizione scomparti seconda soluzione

La disposizione degli scomparti non è stata creata pensando solamente al raggiungimento della forma elementare omogenea, ma sono stati tenuti in conto anche i risultati ottenuti dallo studio preliminare della postazione robotica.

Sviluppate le regole e definiti gli angolari da usare per ogni tipo di mobile, sono state usate per creare una percentuale di utilizzo dei vari tipi di angolari.

Legando il tipo di angolare usato con i valori di produzione settimanale si è sviluppato un grafico che ci esprime la percentuale di utilizzo media in una settimana dei vari angolari (fig. 38)

Percentuale utilizzo singolo angolare riferito solo a gli angoli standard



	% angolari	1° soluzione	2° soluzione
	% 600	44,83 %	19,08 %
	% 720	20,33 %	41,07 %
	%900	14,70 %	15,60 %
	% 960	20,15 %	18,51 %

Tabella 10

Come si può vedere l'angolare più usato e quello con dimensione 720mm (41,07%) poi quello da 600mm e 960mm (rispettivamente 19,08% e 18,51%) e infine quelli da 900mm (15,60%).

Sapendo ora la percentuale di utilizzo si è pensato di disporre il raccoglitore con la percentuale maggiore sull'angolo più vicino possibile al nastro per velocizzare l'operazione di prelievo. Gli altri angolari sono stati disposti attorno ad esso ponendo il raccoglitore da 600 sopra di esso in quanto il secondo più richiesto.

Come già preannunciato va inserito un nastro trasportatore e verrà inserito affianco alla configurazione; più precisamente affiancato al raccoglitore di angolari di 720mm.

Per questa disposizione non ho nessun vincolo di altezza in quanto il dispenser non è a diretto contatto con il nastro.

Prima realizzazione: Dispenser singolo con pinza a 3 carrelli

Primo oggetto realizzato anche in questo caso sono i vari scomparti che sono stati progettati per contenere 2 blocchi di angolari (7x6).

Realizzati gli scomparti, a differenza del progetto precedente dove si è potuto passare alla definizione del sistema di presa, in questo caso bisogna prima realizzare una struttura che tenga su i raccoglitori.

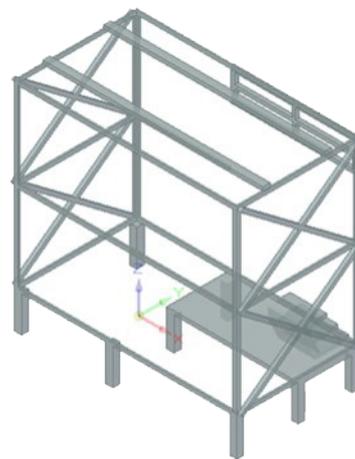


Figura 39 - Telaio reale per spunto (Sx) e ricostruzione telaio dispenser (Dx)

Nel secondo passaggio si è trattato infatti di realizzare un telaio in grado di contenere tutti i componenti. Per l'idea di telaio si è preso spunto da elementi già presenti in mercato come magazzini automatici.

Ai lati è stato aggiunto un rinforzo per cercare di assorbire i possibili urti e/o vibrazioni dati dal movimento del sistema di presa.

Durante la progettazione del telaio, ci si è resi conto che, per inserire il sistema di presa e facilitare l'operato della pinza per arrivare sul fondo di ogni raccoglitore, è meglio rialzare la struttura di quel tanto che basta per inserire i carrelli di traslazione sugli assi X, Y. Inoltre è stata inserita delle barre di acciaio all'estremità superiore per tenere compatta la struttura.

Ottenuta la struttura completa di raccoglitori si è potuto iniziare lo sviluppo di un primo sistema di presa:

Si è pensato di inserire all'interno del telaio (1) un sistema di carrelli (3a carrello X, 3b carrello Y, 3c carrello Z) posti frontalmente agli scomparti (2) che permettono

di far muovere una pinza (4) nello spazio.

È proprio quest'ultima che, dettata dall'arrivo del pensile, preleva gli angolari corretti e li posiziona sul nastro, dove poi avverrà al punto di prelievo del robot. Si è previsto un coperchio (5), posteriore ai raccoglitori, in grado di aprirsi e permettere la ricarica.

All'interno del coperchio è presente un pistone mobile (6) in grado di spaziare tutta l'area del coperchio; il pistone serve a spingere gli angolari dalle retrovie per facilitare la presa della pinza frontale ed evitare che gli angolari si muovono durante il prelievo della pinza.

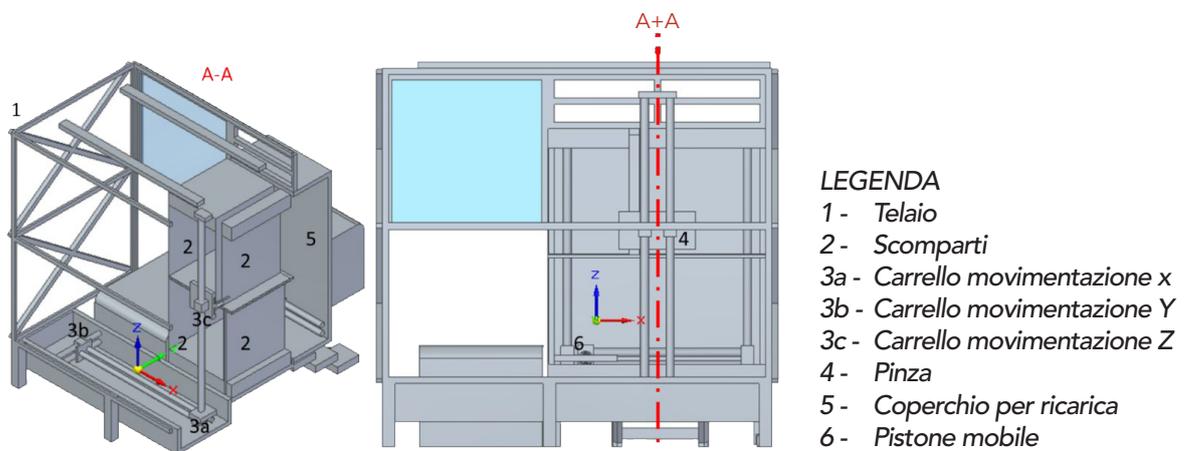


Figura 40 - Panoramica seconda soluzione Dispenser singolo con pinza a 3 carrelli

Anche per questa prima soluzione si sono notate grandi problematiche associate alla complessità di prelievo:

La pinza frontale infatti può, durante la fase di prelievo, urtare gli angolari inferiori rischiando di farli cadere o semplicemente rovinandone l'orientamento.

Inoltre il pistone mobile posteriore se non proprio allineato con l'angolare rischia di far cadere tutto provocando intoppi nel funzionamento.

Per finire la combinazione della spinta posteriore e l'azione della pinza frontale richiedono tempo per l'allineamento nel giusto quadrante provocando un aumento del tempo ciclo.

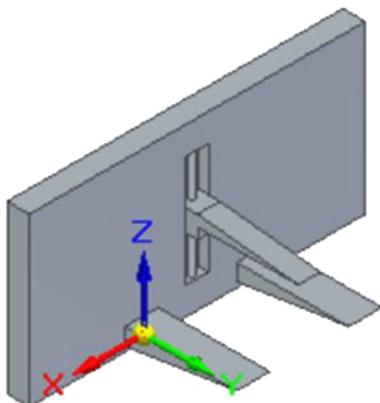


Figura 41 - Pinza Prima soluzione

Seconda realizzazione: Dispenser singolo con pinza a 2 carrelli e pistone

Le componenti corrette come telaio, raccoglitori e nastro sono state mantenute agendo solamente sui componenti sede di problematiche.

Come prima cosa il sistema di prelievo è stato modificato riprendendo il progetto della pinza da zero e modificando la movimentazione lungo Y.

Bloccando il movimento dei carrelli su un piano è stato possibile estendere la lunghezza dei pistoni per ancorarlo alla barra di acciaio sull'estremità superiore, stabilizzando così la pinza dalle vibrazioni del movimento.

Eliminato il carrello lungo Y è stato sostituito da un pistone (3b) posto direttamente dietro la pinza.

Il pistone rende la manovra di prelievo più veloce e precisa, inoltre si è ridotto il numero di componenti e di conseguenza il costo.

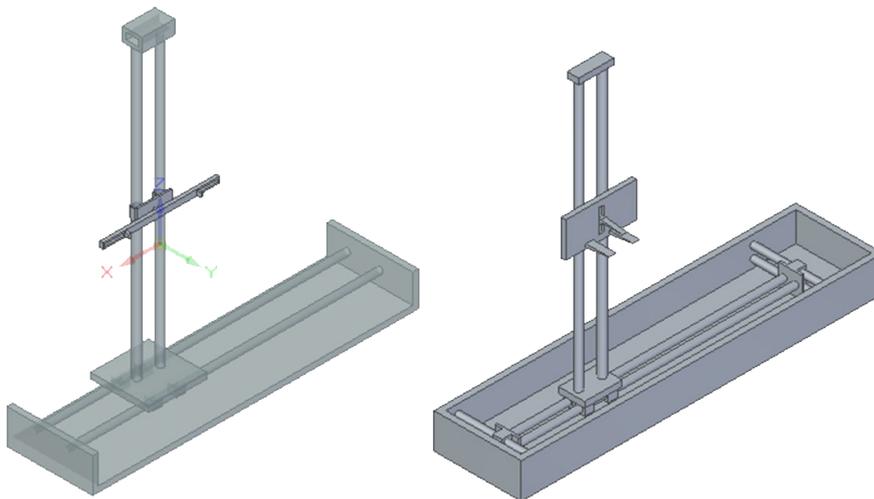


Figura 42 - Sistema di presa seconda soluzione (Sx) e prima soluzione (Dx)

Per quanto riguarda il pistone mobile posto all'interno del coperchio è stato riprogettato da capo.

Da una soluzione mobile, come avevamo in precedenza, si è passati ad aver una composizione di più pistoni (6, uno per scomparto) con dimensione pari all'area di ogni singolo recipiente. Facendo così si sono ridotti i tempi di attesa di posizionamento del pistone che, mentre prima doveva ricercare il raccoglitore giusto, ora ognuno dispone del suo.

Inoltre con questa soluzione si è eliminato il problema di trovare il giusto allineamento con l'angolare in quanto ora il pistone non muove più un singolo angolare ma tutto il blocco.

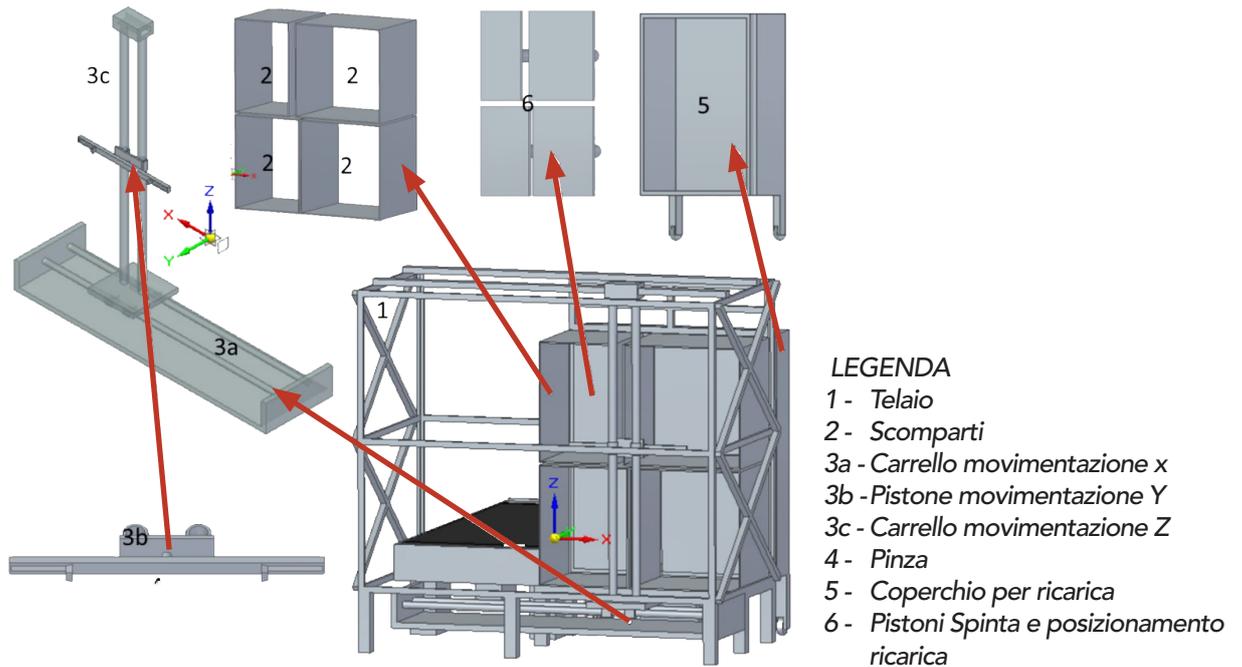


Figura 43 - Panoramica seconda soluzione Dispenser singolo con pinza a 2 carrelli e pistone

Funzionamento:

Passiamo alla descrizione del funzionamento del dispenser dal momento dell'arrivo del pensile sul suo nastro trasportatore e della lettura del codice.

A. Viene caricato il dispenser

B. Secondo le regole descritte nel 2.5, il sistema di presa (3) si muove e afferra la corretta coppia di angolari tramite una pinza per ATTRITO per stretta laterale.

C. Gli angolari vengono prelevati dall'alto verso il basso dalla prima fila.

D. Finita la prima fila il pistone sul retro avanza facendo avanzare tutti i blocchi di angolari, formando nuovamente la prima fila.

E. Prelevati gli angolari, la pinza li porta sul nastro trasportatore adagiandoli su di esso.

F. Il nastro trasporta la coppia di angolari fino al punto di prelievo del robot.

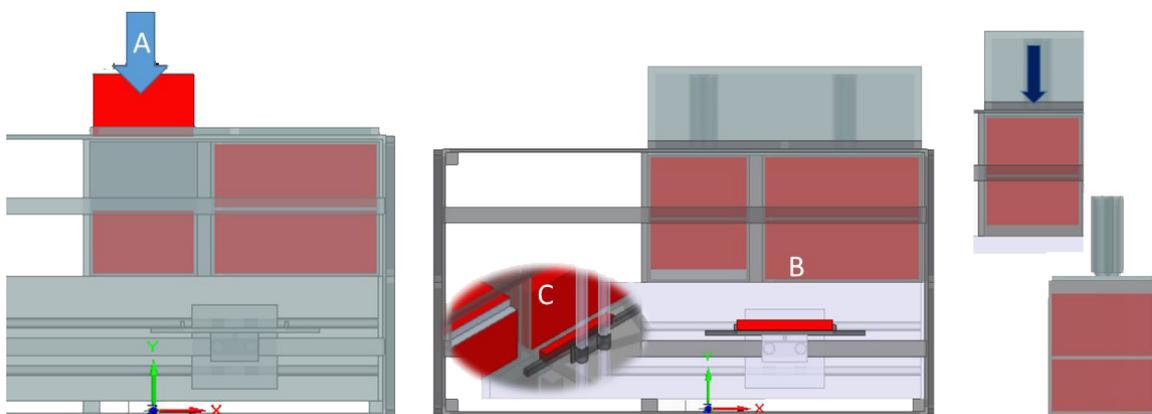


Figura 44 - Schematizzazione funzionamento seconda soluzione: Dispenser singolo con pinza a 2 carrelli e pistone

Come descritto in precedenza, una volta che la coppia di angolari raggiunge la stazione di prelievo interviene il Vacuum gripper per bloccare l'angolare inferiore mentre il superiore viene prelevato e inserito sul primo spigolo utile del pensile. Inserito il primo angolare il robot torna indietro a prelevare l'altro; la pinza a vuoto lascia il pezzo solo dopo che il robot l'abbia afferrato correttamente. Si ripete l'operazione una seconda volta affinché siano inseriti quattro angolari. Il pensile compreso di angolari viene portato nella stazione scatole per completare il ciclo di imballaggio

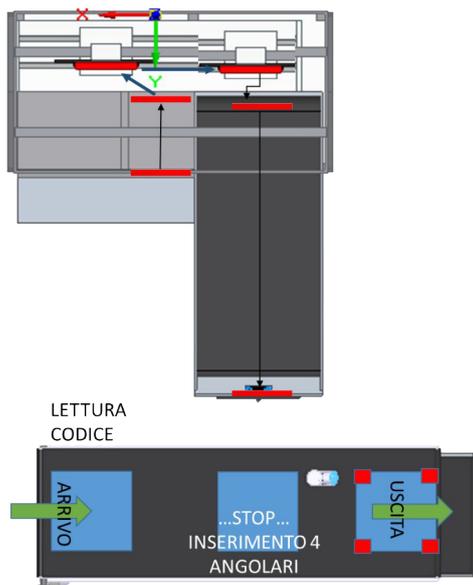


Figura 45 - Percorso angolari da dispenser a stazione di prelievo robot

Anche per questo progetto vediamo come funziona la ricarica: l'operatore assegnato alla ricarica, ogni qualvolta si stanno esaurendo gli angolari deve procedere manualmente a rifornire il dispenser.

L'operatore prima di tutto apre lo sportello posto sul retro (5, fig. 58) che si apre con modalità classica a sportello dalla cerniera posta sul lato. I blocchi di angolari, stoccati a parte, vengono prelevati dall'operatore ed inseriti direttamente sul dispenser nel settore corrispondente.

Essendo sviluppato in altezza è stata posizionata una scaletta per rialzare l'operatore in maniera tale da arrivare con più facilità sui piani alti. Anche qua è possibile togliere l'imballaggio di plastica agli angolari una volta caricati sul dispenser.

Per finire si propone una panoramica di assieme della possibile postazione con la descrizione dei vari componenti.

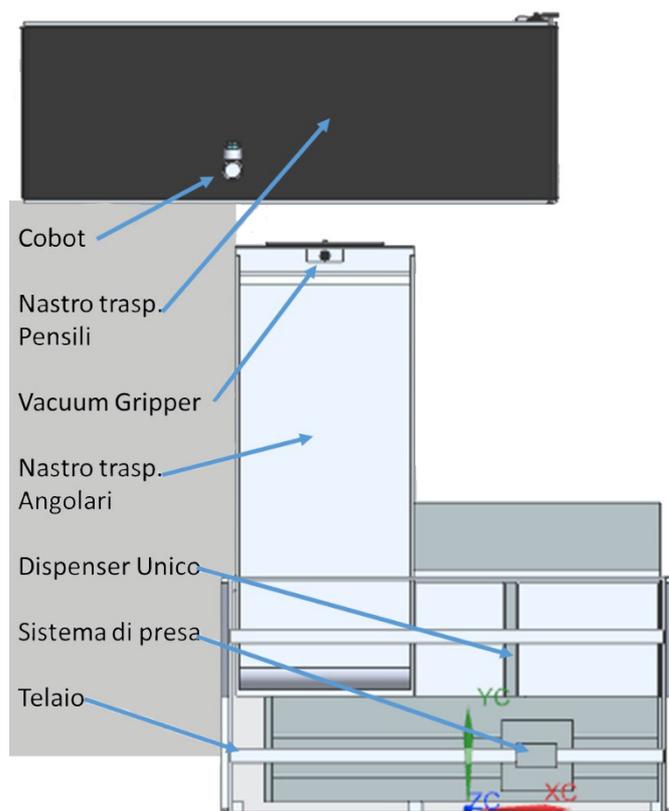


Figura 46 - Panoramica di assieme seconda soluzione

3.4.2 Vantaggi e svantaggi

Il dispenser Unico propone una soluzione più compatta e meno ingombrante; essendo sviluppata in altezza occupa meno area calpestabile cercando di ottimizzare lo spazio a disposizione prediligendo uno sviluppo verticale.

La ridotta distanza tra i vari componenti (scomparti, nastro, pinza) permette un tempo di ciclo più breve, in quanto le movimentazioni sono ridotte e concentrate tutte in una area molto ristretta della postazione.

Il tempo ciclo per la fornitura dell'angolare può essere visto come la somma delle tempistiche delle operazioni elementari come:

tempo ricezione segnale, tempo arrivo della pinza al giusto scomparto, tempo prelievo della pinza, tempo trasporto della coppia di angolari su nastro, tempo trasporto nastro, tempo per le operazioni di prelievo delle due parti.

Migliorati i difetti trovati nella prima soluzione, Il dispenser singolo presenta un processo di funzionamento preciso e più veloce

La problematica della spinta del singolo angolare con conseguente possibile caduta degli elementi stoccati all'interno dello scomparto è stata sostituita da una

spinta più uniforme e meno frequente (solo quando finisco l'intera linea), inoltre grazie al pistone sul retro si garantisce un orientamento sempre uniforme sulla presa della pinza.

Inoltre anche la stretta della pinza per il prelievo della coppia di angolari è stata migliorata, evitando di afferrare il pezzo alle estremità inferiori e superiori (con possibile spostamento e ribaltamento degli angolari) privilegiando le estremità laterali per una presa più semplice e salda. Nonostante il sistema abbia molti punti a suo favore, esistono alcune aspetti che possono presentare problematiche.

La prima difficoltà che si incontra sta nel visionare il contenuto di ogni dispenser e capire quando uno scomparto ha bisogno di essere ricaricato.

Il pistone posteriore, che spinge sempre frontalmente gli angolari, non evidenzia quanti angolari sono ancora presenti all'interno e quando c'è la necessità di ricaricare.

Questa soluzione presenta un'altra problematica relativa allo stoccaggio per i blocchi di angolari delle diverse forme in quanto non è stato pensato un apposito spazio di raccolta. Concentrandosi sempre sulla ricarica, un fattore di svantaggio consiste proprio sull'altezza di ricarica.

Essendo sviluppato in altezza, risulta più impegnativo per l'operatore arrivare a inserire il blocco di ricarica nei piani più alti; anche se per facilitare questa operazione è stata inserita una scaletta. L'operatore può comunque inserire gli angolari ancora imballati e togliere le fascette una volta posizionato il blocco sull'opportuno piano.

Può essere implementato un sistema per segnalare lo svuotamento di ogni scomparto con opportuni sensori ma ciò farebbe lievitare il già elevato costo.

Anche se molto valida come soluzione per l'automatizzazione del processo, presenta comunque un costo elevato in quanto ha bisogno sia di organi di controllo (sensori, telecamere) sia di organi di movimento (pinze, carrelli, pistoni, nastri, ecc.)

3.5 Altre soluzioni

3.5.1 Robot affiancato con doppio step di carico

Un'altra soluzione attuabile a entrambe le configurazioni di dispenser può essere quella di inserire il robot collaborativo affianco al nastro e operare con un doppio step di carico.

Finora infatti si è deciso di inserire il Cobot sopra il nastro trasportatore in modo tale che riesca a raggiungere tutti gli spigoli necessari per l'inserimento dell'angolare. Come si può vedere dalle figure 37 e 46 in entrambe le configurazioni il robot è posto sopra il nastro trasportatore pensili.

Operando con questa soluzione il robot viene spostato tra il nastro pensili e il punto di raccolta angolari (figura 47).

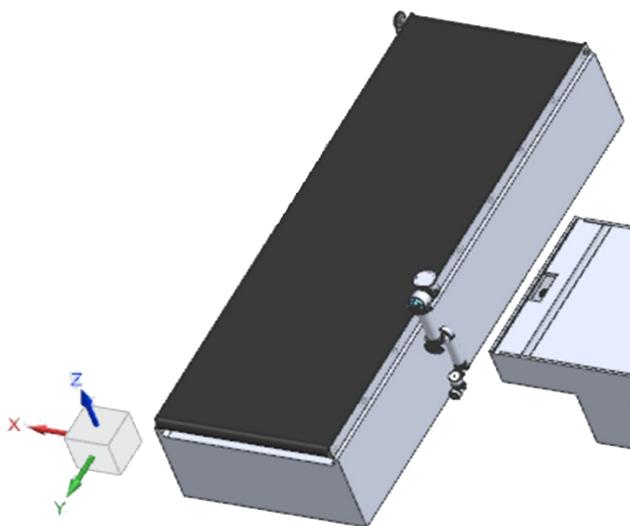


Figura 47 - Configurazione del robot affiancato al nastro

In questa nuova posizione il robot farà meno fatica a raggiungere la stazione di prelievo degli angolari, ma risulterà più difficoltoso arrivare a coprire tutti e quattro gli spigoli utili dove inserire i componenti.

Per far fronte a questa problematica si è optato per una variazione di processo di inserimento degli angolari.

Se prima il robot si occupava di preparare un pensile alla volta ora si estende la visione a due pensili in contemporanea, preparando prima la metà frontale e poi quella posteriore dividendo di fatto lo step di carico in due fermate per il completamento del singolo pensile.

Il processo nel dettaglio risulta:

1. Il nastro porta il pensile 1 da imballare
2. Il pensile 1 si ferma prima del cobot
3. Il dispenser che fornisce gli angolari a coppie di due, prepara la prima coppia per il robot
4. Il robot inserisce gli angolari sugli spigoli frontali, utilizzando lo stesso procedimento descritto in precedenza per le due soluzioni.
5. Il nastro si riattiva portando il pensile 1 a mostrare al robot la faccia posteriore e in contemporanea si avvicina il pensile 2 che gli mostra la faccia frontale.
6. Il dispenser fornisce prima la coppia di angolari giusta per completare il pensile 1
7. Il robot inserisce gli angolari negli spigoli posteriori
8. Nel frattempo che il robot inserisce l'ultimo angolare del primo pensile, il dispenser si occupa di fornire la giusta coppia di angolari da innestare frontalmente al pensile 2.
9. Finito l'inserimento di angolari il nastro si attiva nuovamente mostrando al cobot la faccia posteriore del pensile 2 e quella frontale del pensile 3.
10. Come nel punto 6, Il dispenser prepara gli angolari per gli spigoli posteriori del pensile 2
11. Si continua così per tutta la catena di imballaggio.

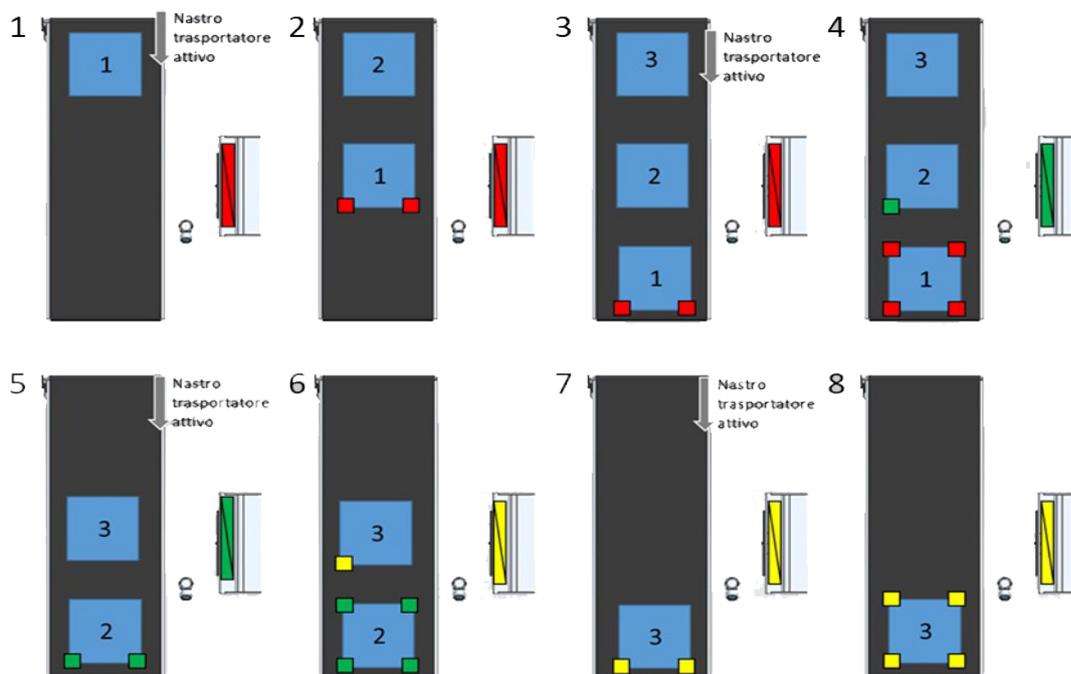


Figura 48 - Funzionamento stazione di imballaggio pensili con robot affiancato e doppio step di carico

LEGENDA

- 1 - arriva il pensile
- 2 - il robot inserisce gli angolari sulla faccia frontale (nastro fermo)
- 3 - il nastro porta il pensile 1 al secondo step di carico
- 4 - il robot inserisce prima gli angolari del pensile 1 poi quelli del pensile 2
- 5 - il nastro porta il pensile 2 al secondo step di carico
- 6 - il robot inserisce prima gli angolari del pensile 2 poi quelli del pensile 3
- 7 - il robot finisce di imballare il pensile 3
- 8 - si riinizia il ciclo

3.5.2 Considerazioni finali

La configurazione del robot affiancato al nastro con doppio step di carico presenta miglioramenti sul ciclo produttivo.

Un primo aspetto riguarda l'area spaziata dal braccio robot: avendo modificato gli step di funzionamento, non ha più bisogno di aggirare il pensile ma solamente di uno spazio intervallato tra due di essi per raggiungere gli spigoli opposti alla sua posizione.

Inoltre la vicinanza alla stazione di carico permette una presa più stabile e controllata in quanto il robot non arriva alla presa con la sua massima estensione rischiando di non far aderire bene l'utensile all'angolare. Riducendo l'area spaziata dal cobot di conseguenza aumenta la velocità di esecuzione delle operazioni che si devono svolgere.

Ripetendo gli stessi movimenti all'infinito ed evitando di fargli compiere manovre complesse, come quelle di aggirare il pensile si cerca di far velocizzare il processo di inserimento dell'angolare sui quattro spigoli designati.

Il problema che si nota a primo impatto, è la difficoltà del robot a posizionare gli angolari negli spigoli inferiori e superiori.

Raggiungere gli spigoli orizzontali, specialmente per quelli nel lato opposto alla postazione del cobot, risulta veramente difficile, tantomeno posizionare l'angolare, se non alzando il pensile quel tanto che basta per far passare sotto il braccio robot. Ciò comporterebbe un aumento degli organi di movimento e quindi un aumento di costo.

Lo svantaggio da non sottovalutare, è quello di prevedere le dimensioni del pensile in modo tale da far arrestare il nastro al punto giusto.

Il sistema infatti prevede due step di carico angolari, questi devono essere accuratamente distanziati (in base alle dimensioni dei pensili sotto esame) per far in modo che il braccio robot passi tra i prodotti e riesca ad inserire gli angolari su tutti e quattro gli spigoli (due frontali e due posteriori).

Prevedere il momento esatto di stop del nastro, visto le molteplici dimensioni dei pensili, risulta veramente difficile da automatizzare se non inserendo opportuni sensori di prossimità (fotocellula laser) o facendo muovere il nastro da un operatore.



4

Conclusioni

4.1 Conclusioni finali

La tesi affronta dapprima uno studio delle logiche di una postazione di imballaggio. Sono state identificate le operazioni, scomposte in task elementari, analizzati i vincoli di precedenza per cercare di capire le mansioni svolte e classificarle in una tabella.

Studiata la postazione sotto esame e stilata la lista, si definiscono le specifiche per cercare di inserire l'automatizzazione.

La postazione è divisa in due stazioni, area inserimento angolari e area scatole, poste in serie l'una all'altra. Dopo un primo confronto si è arrivati alla conclusione di inserire il robot nella prima stazione in quanto vengono svolte azioni più ripetute e con meno parametri di scelta (gli angolari sono solo 4 tipi mentre le scatole sono ben 39 tipi diversi).

Stimato dove inserire l'automazione, si è compiuta un'ultima allocazione delle operazioni tra l'operatore e il robot tenendo conto anche delle specifiche del robot.

Definita la posizione e i compiti da svolgere da parte del robot ci si è soffermati sullo sviluppo di regole per tentare di standardizzare il processo e renderlo automatico. Sono state definite delle regole per cercare di standardizzare il processo definendo, per prima, la posizione d'arrivo del pensile, affinché percorra la linea senza che si ribalti, rischiando di rovinarsi.

Per evitare il ribaltamento è stato scelto, secondo la normativa EN 12195-1:2010, un coefficiente di stabilità pari a 0,5.

La seconda regola riguarda la scelta di associare il pensile alla scatola che minimizza la differenza tra le dimensioni. Partendo dalla disposizione del pensile sul nastro si è definita l'ultima regola inerente alla scelta dello spigolo utile per l'inserimento dell'angolare, privilegiando gli spigoli verticali.

Definite le regole per l'inserimento del robot, si è potuto procedere allo sviluppo di un dispenser per fornire il giusto angolare.

L'accoppiamento robot-dispenser è utile per ridurre le regole al robot al quale resta il compito di individuare l'angolare nella stazione di prelievo e inserirlo sul pensile. Per la progettazione si è ricorso all'utilizzo di programmi CAD (computer-aided drafting).

Scelto il modello di robot si è passati a scegliere l'utensile da innestare al braccio per afferrare gli angolari di polistirene. La scelta è ricaduta su una pinza a vuoto. Definito il robot, si è passati a studiare una soluzione per bloccare l'orientamento degli angolari nella stazione di prelievo.

Gli angolari, essendo forniti accoppiati, quello che si trova sotto ha bisogno di un blocco per evitare spostamenti dannosi durante il prelievo dell'angolare superiore.

Anche in questo caso è stata scelta una pinza a vuoto, con la funzione di afferrare l'angolare inferiore e rilasciarlo solo quando viene saldamente afferrato dal robot. Definiti tutti i dettagli, si è avviato il lavoro di progettazione di alcune soluzioni ex-novo di dispenser.

Le soluzioni proposte sono state due:

- **DISPENSER MULTIPLIO:** composto da 4 raccoglitori divisi, ognuno contenente un tipo di angolare e comunicanti con il robot attraverso due nastri trasportatori.
- **DISPENSER UNICO:** composto da 4 raccoglitori, sviluppati in altezza, raccolti tutti dentro un unico dispenser che, tramite un sistema di presa, preleva l'angolare giusto da inserire sullo spigolo del pensile e lo porta sul nastro trasportatore contenente la stazione di prelievo.

Le due soluzioni proposte, anche se molto simili a livello di componenti utilizzati, presentano caratteristiche molto diverse l'una dall'altra.

Mentre la prima soluzione, Dispenser multiplo, privilegia la separazione degli angolari a discapito dell'area occupata, la seconda, Dispenser unico, riduce l'area di ingombro occupata a discapito dell'altezza.

L'altezza presenta un fattore molto importante non solo per afferrare e trasportare l'angolare da parte del sistema di presa del dispenser ma anche per la ricarica manuale. Una migliore differenziazione dei componenti da assemblare facilita la visione della necessità di ricarica.

L'utilizzo della scaletta, per ridurre la distanza dal ripiano di ricarica, genera un fattore di rischio caduta dell'operatore.

Per quanto riguarda i possibili intoppi nel funzionamento all'interno dei dispenser sono stati corretti su entrambe le soluzioni e non dovrebbero presentare gravi problematiche. Un fattore che avvantaggia la seconda soluzione rispetto alla prima è la lunghezza del trasporto.

Nella prima soluzione si sono previsti due nastri trasportatori per ottenere il corretto orientamento dell'angolare per il recupero del robot; nella seconda invece il polistirene esce dalla macchina già orientato.

L'area occupata è un fattore discriminante importante per le due soluzioni: la prima risulta più estesa ma prevede un punto di stoccaggio per i blocchi di angolari riducendo lo spazio di magazzino; per la seconda l'ingombro è più ridotto ma c'è bisogno di un'area esterna per il deposito di angolari non previsto nel progetto.

Concludendo quindi, possiamo affermare che la prima soluzione ha un leggero vantaggio nell'aspetto di praticità di ricarica e di fornitura angolari; mentre il secondo avvantaggia la velocità e la rapidità di esecuzione avendo distanze più brevi tra i vari componenti aumentando però il rischio corso dall'operatore che lo controlla.

Le soluzioni sono entrambe valide, per la scelta del più conveniente occorre fare una stima dei costi e una valutazione degli investimenti.

I progetti proposti riguardano maggiormente i vari sistemi di selezione e fornitura di angolari per il pensile.

È possibile ampliare lo studio di tesi con eventuali approfondimenti su:

1. Simulazione delle idee progettuali al fine di avere una stima sulle velocità di esecuzione di ogni dispenser e selezionare quello più efficiente, in grado di aumentare la produzione orario di pezzi finiti.
2. Calcolo costi di realizzazione di ogni singolo progetto (le componentistiche sono molto simili tra loro) e confrontarle con un ulteriore progetto composto da due Cobot in serie, si vuole stimare se esiste una convenienza economica nell'adottare un sistema composto da dispenser-robot piuttosto che da robot-robot
3. Approfondire la posizione ottimale del robot per verificare se riesce a raggiungere tutti i punti di interesse, posizionare il robot in diverse configurazioni e studiarne i movimenti per capire in quale delle configurazioni si hanno rendimenti migliori e soprattutto scartare le posizioni in cui il robot non riesce a raggiungere tutti e quattro gli spigoli interessati. Con questo studio è inoltre possibile capire se il tipo di robot scelto è corretto o occorre prendere il modello superiore.
4. Implementare la seguente tesi inserendo uno studio sui possibili sensori da inserire nel processo e sviluppare un possibile impianto di controllo che regola l'andamento dei pensili, del nastro e del robot.
5. Studiare e simulare le modalità di collaborazione uomo-robot rispettando i requisiti di sicurezza attraverso appositi programmi di produzione digitale in grado di digitalizzare la produzione e il processo di trasformazione.

Bibliografia

<https://www.cucinelube.it/it/gruppolube/>

<https://www.universal-robots.com/it/testimonianze/nortura/>

<https://www.universal-robots.com/it/plus/componenti-urplus/pinze-per-la-movimentazione/>

<https://sicurezzadelcarico.it/index.php/fissaggio-del-carico/stabilita/>

<https://sicurezzadelcarico.it/index.php/leggi-e-norme/norme-tecniche/en-12195-1/>

<https://support.industrysoftware.automation.siemens.com/training/se/it/ST3/pdf/spse01536.pdf>

