

POLITECNICO DI TORINO



Corso di Laurea Magistrale in
INGEGNERIA MECCANICA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

GESTIONE DELLE FASI DI MONTAGGIO E PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE PER LA MACCHINA DA TAGLIO 548

Relatore: Prof. Maurizio Schenone

Candidato Lorenzo Boffi (matricola: 221078)

Sommario

1	Scopo della tesi	4
2	L'azienda Bottero	6
2.1	Il gruppo Bottero	6
2.2	La Bottero S.p.A.	6
2.3	L'organizzazione aziendale	7
2.3.1	<i>BU Vetro Piano</i>	7
2.3.2	<i>BU Vetro Cavo</i>	7
2.3.3	<i>Engineering</i>	8
2.4	Stabilimenti Bottero.....	8
3	Lean Manufacturing	9
3.1	La produzione snella	9
3.2	Gli sprechi	11
3.3	JIT e Pull	12
3.4	Kaizen.....	14
3.5	Kanban	15
3.6	Le 5S.....	16
3.7	Cellular Manufacturing	17
3.8	Utilizzo tecniche lean in azienda.....	18
4	MACCHINA VP 548	21
4.1	Analisi dei sottogruppi della macchina.....	22
4.2	Tavolo.....	27
4.2.1	<i>Fase 1</i>	28
4.2.2	<i>Fase 2</i>	31
4.2.3	<i>Fase 3</i>	34
4.3	Modulo di taglio.....	35
4.3.1	<i>Fase 1</i>	36
4.3.2	<i>Fase 2</i>	39
4.3.3	<i>Fase 3</i>	42
4.4	Zona sottogruppi	43
5	TIPOLOGIE DI LAYOUT	49
5.1	Gestione produzione	49

5.1.1	Tipologia 1	51
5.1.2	Tipologia 2	54
5.1.3	Tipologia 3	56
5.2	Analisi delle posizioni per i tavoli.....	57
5.3	Analisi delle posizioni per i moduli	60
5.4	Analisi posizioni sottogruppi e ponti	62
6	MAGAZZINO	64
7	CONCLUSIONI	68

1 Scopo della tesi

L'obiettivo della tesi è quello di fornire dei layout applicabili nell'impianto, sostituendo nel reparto produttivo dei prodotti (macchine per il taglio del vetro) presenti in precedenza con una nuova tipologia migliorata (modello 548).

Nello specifico si devono progettare il layout delle macchine, la gestione a kanban di tutti i componenti necessari, organizzazione di tutte le fasi di montaggio compresi i sottogruppi e la gestione delle risorse da impiegare per raggiungere determinati obiettivi. Lo studio viene svolto utilizzando diversi programmi quali autocad, project ed excel che forniscono rispettivamente i disegni dell'impianto e sue postazioni, sequenze di lavoro e gestione delle risorse e schemi riassuntivi per kanban.

La macchina completa è composta da un tavolo e un modulo che vengono montati separatamente e accoppiati a posteriori quando si deve eseguire il taglio, in più va considerata la gestione dei gruppi minori svolti in parallelo alle attività principali sui pianali. Infine la richiesta principale riguarda la quantità di produzione annua, fissata a 60 macchine. Oltre questa premessa si aggiunge che vengono studiati diverse tipologie di layout, di seguito si inquadrano alcune categorie di layout:

- Layout per un utilizzo a regime, in cui il montaggio della 548 occupa una parte limitata dell'impianto, circa un quarto (permette la produzione in contemporanea di altre macchine);
- Layout molto simile al primo (gestione a Kanban identica ma con un tempo minore tra un rifornimento ed il seguente) con la differenza di un'aggiunta di risorse per velocizzare la produzione senza dover recuperare spazio eliminando dalla linea altri prodotti;
- Layout che prevede l'utilizzo di metà del reparto del Vetro Piano, in cui è necessario sacrificare la produzione di altri macchinari per ottenerlo; soluzione meno valida delle altre in quanto sono richieste commesse molto grandi per poter implementare tale soluzione.

Tutte le tipologie di Layout sopradescritte hanno alcuni elementi in comune che non vengono cambiati per questioni di organizzazione. In primis l'area di montaggio dei sottogruppi più piccoli sarà sempre la stessa (cambieranno i carichi di lavoro a seconda della scelta effettuata). Anche l'area di stoccaggio dei sottogruppi e gruppi più pesanti sarà sempre posizionata nella stessa zona del reparto (il montaggio dei ponti deve essere svolto accanto a tale zona), mentre lo stoccaggio delle plance di legno si troverà in un'area opposta a questa.

Queste due aree di stoccaggio pesante verranno posizionate vicino alla strada principale dell'impianto (zona limitrofa del reparto) così da permettere un facile accesso e movimentazione tramite muletti.

Le analisi svolte e la scelta di alcuni processi o sequenze viene elaborata tramite le linee guide già esistenti ed osservando le regole imposte dalle tecniche della lean manufacturing.

La tesi comincia descrivendo brevemente l'azienda produttrice per poi passare all'analisi delle tecniche aziendali e la scomposizione nei vari gruppi e sottogruppi della macchina. Infine per tutte le tipologie di layout studiate vi saranno tre organizzazioni di montaggio proposte, con alcune differenze nelle sequenze di montaggio di gruppi e sottogruppi e nella disposizione delle postazioni relative a modulo e tavolo. La scomposizione di tali sequenze rappresenta la prima parte del lavoro di analisi svolto.

2 L'azienda Bottero

2.1 Il gruppo Bottero

La società Bottero nacque nel 1957 a Cuneo da Pasquale Bottero, meglio nota come Bottero Costruzioni Meccaniche. Si sviluppa attraverso un processo di continua crescita che porta alla formazione di un gruppo solido e diversificato. Infatti il Gruppo Bottero si divide in varie realtà aziendali, che hanno come cuore la Bottero s.p.a. (maggior parte del fatturato complessivo del gruppo), ma forniscono un solido supporto all'attività principale.

Queste aziende sono:

- Industrie Cometto S.p.A.: azienda leader nella produzione e costruzione di rimorchi e semi-rimorchi speciali per il trasporto pesante e sollevamento grandi carichi. I loro veicoli vengono utilizzati per la movimentazione di componenti elettrici (trasformatori, rotor, statori), di componenti per l'industria pesante, per le piattaforme, di cemento armato ed impianti.
- Ca.Ri.Co: azienda che si occupa della costruzione di carpenterie metalliche e manufatti di acciaio, il 90% del suo fatturato appartiene alla Cometto.
- Revimac: azienda specializzata nella revisione di macchine per la lavorazione del vetro cavo e nella costruzione di macchinari ausiliari. Negli anni '90 hanno iniziato a costruire convogliatori e maneggiatori dei contenitori a valle della formatura, riuscendo a vendere in oltre 40 paesi e diventando una della azienda a maggior crescita nel settore.

2.2 La Bottero S.p.A.

La Bottero è un'azienda leader al livello mondiale nei vari settori riguardanti l'industria del vetro. Nei suoi 50 anni di storia è stata in grado di fornire esperienza e tecnologia in tutti i campi della lavorazione del vetro, passando da quello monolitico alla produzione di contenitori attraverso la formatura, dalla realizzazione di linee per la produzione e movimentazione di lastre float, laminati ed imballaggi. Per mantenersi ad elevati standard di prodotto l'azienda ha dovuto investire continuamente in ricerca e sviluppo così da arricchire il suo know how.

Inoltre l'elevata qualità dell'assistenza fornita da Bottero, riguardante installazione e manutenzione delle macchine e linee produttive, ne ha allargato la rete di clientela permettendo una vendita capillare dei propri prodotti.

La Bottero infatti riesce a vendere sia a piccole e medie imprese come ai gruppi industriali internazionali, poiché riesce a soddisfare efficacemente ogni richiesta del cliente fornendo macchinari su misura e specifiche di funzionamento ed installazione particolari.

2.3 L'organizzazione aziendale

L'azienda Bottero è suddivisa in tre Business Unit di prodotto: il Vetro Cavo, il Vetro piano ed Engineering. Ciascuna di esse è business line separata dalle altre con reparti interamente dedicati.

2.3.1 BU Vetro Piano

La business unit vetro piano si occupa della costruzione e progettazione di varie tipologie di macchinari per lavorazione del vetro piano (float, stampati, bassi emissivi, stratificati, edilizia e auto): come tavoli basculanti, ponti tagliatori, seghe e mole, sistemi di troncaggio e movimentazione delle lastre.

Tutti i prodotti vengono integralmente progettati all'interno dell'azienda, che nel caso in cui venga richiesto, è in grado di fornire una linea produttiva su misura combinando diversi macchinari in modo da poter eseguire qualunque tipo di lavorazione sulla stessa linea.

Qui diventa fondamentale il servizio di assistenza della Bottero che riguarda sia il montaggio che il rifornimento di componenti (anche fuori produzione).

La concezione modulare e l'elevata ricerca nel campo dell'automazione hanno permesso la creazione di macchinari in cui l'intervento umano risulta ridotto ed in estrema sicurezza, così da migliorare la produzione ed evitare infortuni sul lavoro.

2.3.2 BU Vetro Cavo

Settore specializzato nella produzione di bottiglie e contenitori dal 1966 e successivamente diventato un'unità autonoma, riuscendo a vendere in più di 40 paesi i propri prodotti.

Vengono realizzati:

- alimentatori a goccia, meccanici ed elettronici ciascuno con diversa capacità produttiva, costo e facilità di impiego e programmazione.
- Macchine formatrici per contenitori in vetro di ogni tipologia;
- sistemi di controllo e automazione;
- accessori, equipaggiamenti ed attrezzature.

La complessità e la mole di questi impianti ne limita la produzione annua a circa 10-15 commesse ogni anno, infatti la costruzione di una macchina impiega un notevole spazio poiché tutti i sottocomponenti vengono progettati e realizzati internamente.

Questo permette all'azienda di realizzare tutte le specifiche richieste dal cliente, arrivando ad una accuratezza nei dettagli imposti dove altri gruppi più grandi non riescono ad arrivare. La personalizzazione del macchinario permette alla Bottero di collocarsi a metà tra la vendita su commessa e produzione su larga scala.

Anche in questo settore si nota l'elevata flessibilità dell'impianto che è in grado di cambiare postazioni di lavoro a seconda delle esigenze.

2.3.3 Engineering

Quest'area dell'impianto definita anche come Grandi Impianti, è dedicata alla produzione, progettazione, installazione e assistenza degli impianti automatici per la lavorazione del vetro piano.

Le sue linee di produzione vengono richieste da alcuni dei maggiori produttori mondiali come: Saint-Gobain, HNG, PPG, Glaverbel ecc.

Vengono realizzati impianti di taglio e imballo "on line" di vetro float, linee continue per produzione e taglio da grandi volumi e impianti per la movimentazione di grandi lastre (settore fotovoltaico).

2.4 Stabilimenti Bottero

La Bottero s.p.a. ha la sede centrale a Cuneo, dove si trovano le tre BU sopra descritte. Qui si producono, progettano e commercializzano quasi tutti i prodotti Bottero.

Nello stabilimento di Trana avvengono solo progettazione, costruzione ed assistenza tecnica delle macchine per la lavorazione delle lastre di vetro cavo.

La sede di Pesaro si occupa perlopiù dei centri di lavoro a controllo numerico.

La maggior parte dei ricavi aziendali derivano dalle vendite sui mercati esteri, posizioni conquistate grazie alla duttilità dell'azienda nel saper soddisfare le esigenze dei propri clienti. Mantenendo un solido rapporto con il cliente è riuscita ad inserirsi in mercati molto esigenti come quello tedesco e francese a prova delle reali qualità del prodotto fornito.

3 Lean Manufacturing

3.1 La produzione snella

Il termine “produzione snella” venne utilizzato dagli studiosi James P. Womack e Daniel T. Jones nel loro libro “La macchina che ha cambiato il mondo”. In questo testo hanno messo a confronto i principali sistemi di produzione americani ed europei con quello della giapponese Toyota, la quale è risultata nettamente superiore a tutte le altre in termini di produttività ed efficienza.

La “produzione snella” è quindi un nuovo modo di gestione produttiva che interessa l’intera catena di produzione, cercando di conferire una maggiore flessibilità all’impresa attraverso una riconfigurazione dei flussi di valore.

Tale metodo si basa dunque su vari principi cardine del sistema di produzione della Toyota (Toyota Production System, TPS) ed ha rappresentato un’evoluzione del sistema di produzione di massa che ancora oggi viene utilizzato in tutte le principali aziende mondiali.

Lo scopo è quello di riorganizzare l’impresa per farla fruttare al massimo con le minori risorse disponibili (umane, capitali, materiali ecc.). Per ottenere questi risultati è necessario eliminare il più possibile gli sprechi di tempo e di materiali, presenti in ogni fase della produzione.

La Lean Production si basa su cinque principi fondamentali che si riportano come segue.

- 1 **DEFINIRE IL VALORE.** Il punto di partenza della caccia allo spreco è l’identificazione di ciò che vale. Il consumo di risorse è giustificato solo per produrre valore altrimenti è spreco (MUDA). Bisogna tentare di definire con precisione il valore in termini di prodotti specifici con caratteristiche specifiche, offerte a prezzi specifici attraverso un dialogo con clienti specifici. In altre parole il valore viene definito dal cliente ed assume significato solamente se espresso in termini di un prodotto/servizio in grado di soddisfare le sue esigenze ad un dato prezzo ed in un dato momento.
- 2 **IDENTIFICARE IL FLUSSO DI VALORE.** Il flusso di valore per un dato prodotto consiste nell’intera gamma di attività necessarie per trasformare le materie prime in prodotto finito. L’analisi del flusso di valore mette sempre in evidenza grandi quantità di spreco attraverso la classificazione delle attività in tre categorie:
 - 1 - Attività che creano valore (costo trasferibile al cliente)
 - 2 - Attività che non creano valore ma necessarie (non eliminabili con gli attuali sistemi di sviluppo, gestione e produzione)
 - 3 - Attività che non creano valore e non necessarie (eliminabili subito).

Invece i tre flussi principali sono: gestione ordini, progettazione e sviluppo, produzione beni/erogazione servizi.

- 3 FAR SCORRERE IL FLUSSO. Definito con precisione il valore (primo principio), identificato il flusso di valore per un dato prodotto o famiglia di prodotti ed averlo ricostruito eliminando le attività inutili attraverso la mappatura dei flussi (secondo principio); bisogna fare sì che le restanti attività creatrici di valore formino un flusso (terzo principio).

Il pensiero snello rovescia il tradizionale modo di ragionare attraverso “lotti”, “funzioni” e “uffici”. Infatti i compiti possono quasi sempre essere eseguiti in modo più efficace se il prodotto viene lavorato ininterrottamente dalla materia prima al prodotto finito. Il flusso continuo in produzione si raggiunge soprattutto attraverso interventi radicali, che permettono di trasformare in breve tempo le attività produttive necessarie per fabbricare un prodotto da un sistema a lotti e code ad un flusso continuo.

- 4 FARE IN MODO CHE IL FLUSSO SIA TIRATO DAL CLIENTE. Quando l’azienda (o più in generale l’organizzazione) ha definito il valore (per il cliente), ha identificato il flusso di valore, ha eliminato gli ostacoli e quindi gli sprechi per fare sì che il flusso scorra senza interruzioni, allora è giunto il momento di permettere ai clienti di tirare il processo (cioè il flusso di valore).

In definitiva i clienti tirano il valore dell’impresa. Vuol dire acquisire capacità di progettare, programmare e realizzare solo quello che il cliente vuole nel momento in cui lo vuole.

- 5 RICERCARE LA PERFEZIONE. Quest’ultimo principio può sembrare presuntuoso e va quindi interpretato nel miglioramento continuo (KAIZEN). Infatti se si sono applicati correttamente i primi quattro principi si creano sinergie impensabili che mettono in moto un processo continuo di riduzione dei tempi, degli spazi e dei costi.

L’applicazione dei principi lean deve essere sistematica e continua per giungere a miglioramenti progressivi. In questo senso il quinto principio deve essere da sprone per l’incessante applicazione dei principi lean e risultare ogni volta quale un nuovo punto di partenza. Una volta finito si deve ricominciare per far emergere nuovi sprechi ed eliminarli.

Alcuni autori ed aziende aggiungono come sesto principio “Lo sviluppo dei fornitori”, questo focalizza sull’importanza di avere dei validi e solidi fornitori, nell’aver rapporti di partnership e di scambio di know how. L’idea di aiutare i fornitori, nel caso in cui ve ne fosse bisogno, permette sia di consolidare rapporti tra le aziende ma anche di avere delle sicurezze maggiori sul rifornimento di componenti rispetto ad una totale estraneità.

3.2 Gli sprechi

In giapponese la parola sprechi viene tradotta con muda, con cui si identifica tutto ciò che assorbe risorse e non crea valore.

Durante la fase produttiva vi sono errori e difetti nei componenti, momenti di sovrapproduzione che implicano l'impossibilità della vendita immediata e quindi uno spreco di materiali o denaro (magazzino). Scendendo ancor più nel dettaglio anche le perdite di tempo per numerosi trasporti possono essere considerati degli sprechi.

Invece nella definizione più teorica fornita da Taiichi Ohno, ingegnere capo della Toyota, possiamo osservare le distinzioni tra i principali sprechi suddivisi in sette categorie:

- 1 SOVRAPPRODUZIONE. La sovrapproduzione è la produzione o l'acquisizione di beni prima che siano effettivamente richiesti dal cliente o dalla seguente fase produttiva. Rappresenta un pericolo per le aziende, poiché nasconde dei possibili problemi di produzione. Inoltre le scorte di prodotti invenduti hanno un costo di stoccaggio e controllo, causando altri sprechi.
- 2 ATTESE/CODE. Il tempo perso dai lavoratori nell'attesa che una certa risorsa sia disponibile dalla fase precedente (errori di giacenze, gestione dei materiali, problemi nella catena produttiva).
- 3 TRASPORTI/SPOSTAMENTI. Ogni volta che un prodotto viene spostato o trasferito non porta alcun valore, anzi ne diventa un costo (oltre al rischio di essere danneggiato, ritardato o perso).
- 4 ANALISI DEI PROCESSI. In alcune attività produttive si rischia di usare più risorse di quanto sia realmente necessario o di aggiungere funzioni che al cliente non interessano generando degli sprechi. Anche l'utilizzo di risorse troppo qualificate per un determinato lavoro comporta una perdita di denaro evitabile.
- 5 MICRO-MOVIMENTI. Questa voce considera lavoratori e macchinari anziché prodotti e processi. Questi possono danneggiarsi, usurarsi o problemi di sicurezza.
- 6 DIFETTI/SCARTI. Gli scarti sono una quota di capitale che dopo aver subito una lavorazione diventa invenduto. Mentre i difetti possono essere corretti (maggior costo) o essere venduti diminuendo la qualità del prodotto.
- 7 SCORTE. Le scorte possono essere intese come: attese di materiale in lavorazione (WIP), stoccaggio di materie prime e prodotti finiti. Per ciascuna di queste tre voci che non produca un valore si tratta di un capitale che non ha ancora prodotto guadagno, sia per il cliente che per il produttore.

Osservando la classificazione degli sprechi, facilmente si possono dividere in due macro-categorie. Gli sprechi immediatamente evitabili (di solito sono la maggiore fetta) e quelli non

immediatamente evitabili (come cambiare processi produttivi costosi). Inoltre i concetti principali sugli sprechi vengono divisi in tre tipologie differenti:

- Azzeramento di qualsiasi tipo di scorta o giacenza presente;
- Eliminazione di qualsiasi difetto o errore nella produzione, movimentazione e progettazione;
- Reimpostare i layout produttivi secondo una logica lean evitando gli sprechi.

Altro punto fondamentale è l'individuazione di questi sprechi, poiché molto spesso non è possibile vederli direttamente ma solo tramite analisi più accurate. Per questo si integrano nell'azienda dei sistemi che possano tenere memoria di eventuali problemi o proposte di miglioramento (es. schede Kaizen). L'eliminazione di uno spreco può anche portare in un primo momento a costi aggiuntivi a causa dei cambiamenti necessari sia di layout che di attrezzature.

3.3 JIT e Pull

Il "just in time" può essere considerata una nuova filosofia industriale, in cui vengono totalmente rielaborate le funzioni delle giacenze in magazzino e dell'ambiente di produzione. La traduzione letterale è "appena in tempo", questa filosofia calza perfettamente con alcuni principi del lean in quanto sono previste attese e giacenze al più nulle, in modo tale da avere immediatamente disponibile il necessario.

Storicamente in molti campi industriali si utilizza la logica push (in cui si punta ad una sovrapproduzione da stoccare in magazzino, che garantisca una vendita continua non personalizzata) in cui non si tiene conto di ciò che viene richiesto dal cliente, ora invece si è arrivati alla logica pull in cui si produce solo ciò che viene ordinato e nelle specifiche con cui viene richiesto.

L'obiettivo del JIT è quello di ritornare ad avere un rapporto più forte con il cliente, in modo da produrre solo quello che gli interessa, quando e come richiesto. Il sistema viene integrato in azienda fino all'estremo, riducendo i lotti di produzione fino ad uno (one piece flow).

Inoltre nella logica push, per impostare una produzione ragionevole, si attuano tecniche di previsione della domanda (MRP), generando di conseguenza stoccaggi di prodotti, ritardi e sovrapproduzione; quindi in generale vi sono degli sprechi sia di materiali che di risorse.

Nell'ottica pull invece sono "i materiali che vengono tirati dal processo", nel senso che ogni fase di lavoro è "cliente" di quella immediatamente a monte. In questo modo in ogni fase si produce solo ciò che verrà effettivamente richiesto ed utilizzato dalle fasi precedenti.

Questo è uno dei metodi più utilizzati per eliminare gli sprechi, rendere più lineare la produzione e migliorare il processo, poiché partendo da monte (prodotto finito) si ripercorrono le necessità di ciascuna fase del processo produttivo fino a valle (fornitori).

Per finire vi è da considerare un altro vantaggio della logica JIT combinata con una produzione di tipo pull: l'elevata flessibilità, generata da una forte razionalizzazione dei reparti produttivi e da giacenze quasi nulle (se un prodotto non si vende più, le scorte per i suoi componenti andranno perse). Quindi nel caso di arresto di produzione di un determinato prodotto, per il cambiamento del sistema produttivo o per altri tipi di problemi che comportano una rapida risposta, la tecnica del JIT risulta molto flessibile ed adattabile alle esigenze.

La ridotta presenza di giacenze di materiali o prodotti finiti evita, nel caso in cui diventino obsoleti, di dover perdere denaro dovendo buttare ciò che è stato prodotto.

Nella logica pull di produzione vi sono diverse modalità di esecuzione dei principi spiegati, in particolare si evidenziano 3 tipologie principali:

1. Kanban Control System: sistema giapponese fondato sull'utilizzo di "Kanban", ossia cartelle/schede di movimentazione e produzione che impongono il ritmo nel processo produttivo, scandendo le necessità di volta in volta per ciascuna fase produttiva. Questo sistema risulta benefico perché non si può produrre se non vi è l'autorizzazione, quindi ci si limita a produrre solo ciò che verrà utilizzato a valle della stazione.
2. CONWIP Control System: tecnica di controllo del flusso di materiale tramite autorizzazioni come nel Kanban, che però include in se stessa una logica push, in quanto viene fissato un valore limite di produzione, oltre la quale si ritorna a produrre su richiesta. Il CONWIP viene considerato come un caso particolare del controllo Kanban single-stage (il controllo di produzione avviene solo all'ingresso e non per ogni fase). Inoltre prevede delle scorte minime per ogni stazione.
3. Base Stock Control System: sistema che prevede delle scorte di sicurezza di prodotti finiti per affrontare meglio le fasi di coordinamento. Controlla la quantità di materiale tenuto in linea e in attesa di un'altra domanda, una volta arrivata la richiesta, questa viene trasmessa ad ogni cella di produzione per autorizzare il rilascio di una nuova parte (sistema con risposta rapida al cambio di domanda).

In conclusione si aggiunge che la logica pull può essere interpretata in altri modi, in cui ci si focalizza su problematiche differenti come: dividere l'impianto in settori autosufficienti o in base a costi dei componenti (organizzazione) e tempi di lavorazione dei prodotti.

Da tutte le analisi svolte si arriva a definire i nuovi rapporti all'interno dell'impresa.

Il lavoratore è l'esperto a cui si affiancano manager e progettisti (Kaizen), che tramite l'analisi degli errori, costruiscono una base di esperienza su cui migliorare il prodotto/processo. Anche l'aumento dell'automazione è un obiettivo necessario per eliminare sprechi e costi evitabili, come errori umani o ritardi per inefficienze.

Infine in queste nuove teorie viene posta l'attenzione sull'aumento della qualità, che non deve essere vista come un maggior costo ma come un pregio per l'azienda.

3.4 Kaizen

Kaizen deriva dal giapponese che tradotto significa “cambiamento continuo”. Tale concetto si traduce in un’immersione totale dei lavoratori all’interno dell’azienda, permettendo loro di partecipare attivamente al suo futuro. I Kaizen possono essere visti come schede precompilate, in cui si annotano difetti e miglioramenti possibili da applicare al prodotto/processo (riscontrati in fase di lavoro dagli operai). Più precisamente si può vedere la scheda Kaizen come una variante del ciclo Deming (anche chiamato ciclo PDCA). Il ciclo Deming è un metodo di gestione iterativo utilizzato per il controllo e miglioramento dei processi, il cui l’obiettivo finale è di elevare la qualità. Inoltre pretende una necessaria interazione tra ricerca, progettazione, produzione, testing e vendita (cliente) per soddisfare le richieste del mercato.

Il ciclo PDCA si traduce in Plan-Do-Check-Act, una sequenza di studio del prodotto/processo in cui si parte stabilendo degli obiettivi con una possibile soluzione (Plan), poi si mette in pratica l’idea (Do) che viene analizzata, studiata e messa in confronto con l’obiettivo che si vuole raggiungere (Check), infine si correggono le eventuali differenze tra i risultati effettivi e quelli attesi e si applica la nuova idea (Act).

Lo scopo principale è quello di instaurare nell’azienda un miglioramento continuo permettendo di dare maggiore peso all’esperienza dei lavoratori, facendo coincidere gli interessi del singolo a quelli del gruppo.

La differenza rispetto al modello occidentale in cui si preferiva l’invenzione, il kaizen permette uno sviluppo più lento e graduale ma continuo. L’innovazione di per sé comporta uno stravolgimento del prodotto o del processo molto brusco e repentino; mentre tramite questi piccoli accorgimenti portati avanti nel tempo si possono ottenere gli stessi risultati stressando meno l’ambiente. Infatti nel caso di un miglioramento molto significativo è necessario che sia l’azienda con i suoi manager a prendere la decisione di investire, mentre nel caso delle schede Kaizen si permette anche al lavoratore più semplice di mettere in atto una soluzione (approvata in precedenza) per un determinato problema o spreco. Venendo direttamente svolte dai lavoratori, si ottiene un controllo sulla produzione molto più radicale e profondo (teoricamente tutte le fasi di produzione possono essere migliorate insieme) con investimenti ridotti ma un grande impegno generale. Infatti non è un metodo che porta immediatamente benefici, ma ha bisogno di un orizzonte di osservazione molto più ampio (anni).

3.5 Kanban

Il Kanban rappresenta uno degli strumenti principali utilizzati dalla lean production, non è altro che un cartellino impiegato per la gestione dei materiali, dei componenti tra le varie fasi produttive, ordini a magazzino e fornitori.

Il primo teorizzatore fu Ohno (ex. responsabile della produzione Toyota) parlando di “pensare al contrario”. Effettivamente stravolse la visione delle aziende, concependo il processo produttivo come un’operazione che va da valle a monte e che lavora i pezzi necessari solo nel momento in cui ce n’è bisogno. Prima si partiva nello studio del processo dalle isole iniziali fino ai montaggi finali, cercando di soddisfare la domanda prevista per un certo periodo di tempo. Quindi capovolge il punto di osservazione e di pianificazione della produzione.

Esistono diversi tipi di Kanban, ciascuno relativo ad un compito diverso: Kanban di produzione, di consegna, fornitore e segnale.

Nei Kanban di produzione appaiono tutte le caratteristiche dell’oggetto o materiale su cui bisogna lavorare, inoltre posseggono un codice a barre identificativo del prodotto, utilizzato anche per la gestione dei rifornimenti.

Tale cartello può essere inteso anche come un’autorizzazione alla produzione. Infatti quando si termina un prodotto solitamente si ha già a disposizione un Kanban con le merci per il passo seguente. Allo stesso tempo, una volta preso il Kanban, questo invierà direttamente un messaggio alla postazione precedente, così da spedire le prossime operazioni mentre viene terminato il lavoro.

I Kanban di consegna rappresentano un’autorizzazione all’acquisto, o meglio, se i cartelli di produzione sono a monte quelli di consegna sono a valle. Questi sono cartelli che servono per identificare ciò che entrerà nello stadio successivo, quindi servono per richiamare in ingresso il materiale necessario alla produzione.

Quando si completa una fase il cartello di produzione viene rimosso e si aggiunge quello di consegna per la fase seguente, a sua volta quando viene prelevato si rimuove il cartello di consegna che verrà affisso su una bacheca tra le due stazioni in attesa della prossima merce uscente.

Il Kanban segnale serve a gestire gli ordini di produzione in corrispondenza dei livelli di riordino previsti. Il Kanban fornitore invece è molto più simile ai precedenti due con l’unica differenza che mette in comunicazione la produzione con il fornitore.

In generale i vantaggi che si traggono nell’utilizzare una gestione tramite Kanban sono molteplici:

- Riduzione delle scorte fino al 90%;
- Migliore risposta a variazioni della domanda;

- Programmazione più semplice con un minor utilizzo del MRP;

Esistono diverse formule che possono aiutare nell'individuare il corretto numero di Kanban da assegnare ad un determinato stadio per soddisfare la domanda richiesta.

Una formula applicabile è la seguente:

$$N = \frac{M * T * (1 + SS)}{Q}$$

dove:

- N è il numero di Kanban;
- M il consumo medio giornaliero rilevato;
- T il tempo di copertura desiderato;
- SS la scorta di sicurezza (in %);
- Q i pezzi di ciascun contenitore.

Il numero N, che indica la quantità di Kanban circolanti, deve restare sempre lo stesso, non modificabile. Perché altrimenti si dovrebbero cambiare tutti i Kanban di tutte le altre stazioni affinché siano proporzionali allo stesso numero di lotti di produzione richiesti.

3.6 Le 5S

Le 5S sono un acronimo giapponese che riguarda dei principi cardine da applicare nel luogo di lavoro, al fine di migliorare l'efficienza del lavoro quotidiano.

Nello specifico queste sono:

1. SEIRI-Separare. Si intende separare tutto ciò che è superfluo o non necessario nella propria postazione di lavoro. In linea con i principi del JIT, in cui si usa solo ciò che serve, quando serve e nella quantità necessaria. Nel caso di un processo da modificare risulta molto utile per evidenziare le attrezzature idonee o obsolete e gli eccessi di materie prime, recuperando dello spazio.
2. SEITON-Ordinare. Reimpostare il proprio spazio di lavoro cercando di ridurre spazi occupati dai materiali (possibile con una logica pull, meno scorte) e rendere le attrezzature facilmente visibili e utilizzabili da chiunque. Si può applicare mettendo delle targhette identificative di un attrezzo che ne assegnano la posizione una volta utilizzato, in modo tale da non perdere tempo nella ricerca ed evitare confusioni. Inoltre si possono razionalizzare gli spazi tramite una segnaletica a terra in cui si indica dove posizionare carrelli, contenitori e attrezzi.

3. SEISON-Pulire. Una pulizia sistematica delle aree di lavoro è fondamentale per poter mantenere l'ordine impostato in precedenza, inoltre si possono individuare problemi in precedenza nascosti.
4. SEIKETSU-Standardizzazione. Dopo aver pianificato il proprio ambiente di lavoro bisogna eseguire controlli periodici di ispezione, così da osservare eventuali problematiche. In realtà questo quarto pilastro è un controllo sistematico dei tre precedenti, che non devono mai essere ignorati.
5. Shitsuke-Mantenere. Questa è la più complicata in fase di esecuzione, poiché si tratta di educare il lavoratore, spingendolo al completo autocontrollo della postazione. In questo modo lo si responsabilizza portandolo a migliorare sia se stesso che le proprie postazioni di lavoro.

Parlando sempre di organizzazione del lavoro, vengono spiegate di seguito due metodi da applicare in azienda per una gestione più efficiente.

Alle 5S si aggiunge lo "standard work", metodo tramite il quale si definiscono le procedure ed i simboli da seguire nel processo produttivo. Lo standard work viene definito tramite la registrazione dei tempi reali che l'operaio impiega per terminare il lavoro, confrontati con i tempi teorici previsti per la produzione. Vengono utilizzati segnali visivi pratici che semplificano l'orientamento dei lavoratori e le posizioni di attrezzature, banchi di lavoro e materiali.

Anche lo "standard work" è soggetto a miglioramento continuo aggiornando, nei processi produttivi, le modifiche richieste tramite le schede Kaizen. Lo scopo è quello di precisare e regolare ogni tipo di lavoro che viene svolto all'interno dell'azienda.

Infine aggiungiamo anche la teoria cosiddetta del "Poka Yoke", tradotta dal giapponese in "a prova di stupido". Consiste nel fornire attrezzature o nell'eseguire lavorazioni che non possono essere svolte se non nel modo corretto, altrimenti il macchinario non funziona o vi è un messaggio di allerta. Questa è una tecnica che serve per eliminare possibili errori umani dovuti al lavoro ripetitivo, con l'obiettivo di produrre senza difetti o errori e salvaguardare la salute degli operai nel caso in cui gli errori possano portare ad un pericolo.

3.7 Cellular Manufacturing

La produzione per celle rappresenta uno degli aspetti più importanti della lean manufacturing. Attraverso questo tipo di produzione si possono ottenere numerosi benefici come: l'aumento della produttività, migliore qualità dei prodotti, riduzione dei lead time, maggiore controllo e programmazione della produzione e una comunicazione più efficiente.

Le celle sono unità di lavoro ben definite, in cui vi sono tra 5-15 addetti con altrettante stazioni di lavoro. La cella ideale è quella che permette di produrre il più alto numero di prodotti sfruttando solo attrezzature, impianti e risorse necessarie allo scopo.

Il layout per le celle di solito è organizzato attorno ad un prodotto o alla più vasta gamma di prodotti simili, così da concentrare le lavorazioni che richiedono stessi attrezzi o materiali.

Per introdurre un layout a celle devono essere svolte analisi sul prodotto/processo molto accurate: dai tempi alle movimentazioni, attrezzature ed impianti ecc.

Nella progettazione delle celle solitamente si preferisce la configurazione ad "U".

Tale disposizione delle stazioni permette di limitare notevolmente gli spazi percorsi dagli operai per raggiungere materiali o attrezzature, poiché i reparti si trovano uno di fronte all'altro (stazioni della cella molto vicine). Inoltre è previsto (se possibile) che gli operai debbano restare in piedi, così da non occupare spazio con sedie o altro. La scomposizione in celle porta dei benefici sia in termini di spazio occupato ma anche di organizzazione del lavoro e di rifornimento dei materiali lungo la linea.

3.8 Utilizzo tecniche lean in azienda

Tutte le tecniche produttive spiegate in precedenza, trovano un'applicazione diretta in ambito aziendale e produttivo. In particolare queste possono essere divise in due gruppi: uno di tecniche pratiche che modificano il processo produttivo e la gestione dei materiali, un altro con tecniche di formazione ed istruzione dei lavoratori necessarie per raggiungere certi obiettivi.

Adesso si possono analizzare le modalità con cui sono state applicate all'interno dell'impianto. Nella prima categoria, con maggiore impatto visivo, rientrano i metodi di cellular manufacturing, Kanban, JIT e gli sprechi.

Partendo dal primo si nota come la suddivisione della produzione in tante unità ridotte, molto spesso anche una per stazione, e standard (ogni stazione esegue sempre gli stessi lavori) permette di aumentare la produttività diminuendo ritardi per errori o attese di materiali per il montaggio. Questo perché risulta più facile gestire il magazzino se ogni stazione necessita sempre gli stessi componenti e nello stesso lead time. Inoltre, nel caso specifico, dato che le parti delle macchine prodotte necessitano di un carro ponte per essere movimentate, risulterà necessario che ogni stazione monti dall'inizio alla fine la macchina con eccezione per la movimentazione per assemblare e testare le due parti e quella per portare dalla carpenteria lo scheletro in acciaio.

Da qui ci si ricollega al Kanban che interessa la gestione dei rifornimenti per il montaggio. Si preferisce utilizzare un grande magazzino centrale che via via manda rifornimenti a tutti gli scaffali vicino alle zone di montaggio. Questi rifornimenti vengono svolti ogni volta che viene

richiesto dalla linea produttiva e la loro gestione è diversa in base alle quantità consumate e alla grandezza del componente. Tutti i componenti presentano dei codici identificativi e vengono stoccati negli armadi lungo il perimetro del reparto. Anche la posizione sugli scaffali presenta una codifica alfanumerica a seconda del piano e dell'ordine, per aiutare gli operai nella ricerca dei pezzi necessari. Per pezzi di piccole e medie dimensioni ad alto consumo come valvole, ruote dentate, guarnizioni, molle e raccordi si utilizza il sistema sopracitato. Componenti come viti, rondelle e dadi vengono gestiti tutti insieme tramite le forniture della Wurth in scaffalature apposite, poste sempre vicino alle zone di montaggio. Infine nelle scaffalature verranno stoccati anche alcuni pezzi più grandi come alberi, ammortizzatori, canaline, cavi e motori elettrici di piccola e media grandezza, sempre seguendo una codifica alfanumerica per il posizionamento. Invece separatamente alle scaffalature verranno gestiti i gruppi meccanici più pesanti (con una zona di montaggio dedicata) attraverso dei cantilever posizionati sempre vicino alla zona di montaggio con un accesso tramite muletto per il prelievo.

Il Just in time cambia totalmente l'arredo dell'impianto portando, come detto prima, ad una notevole riduzione degli spazi ricavati da una gestione più efficiente dei materiali e prodotti. In particolare se prima si avevano molte più scaffalature e magazzini a bordo macchina per stoccare i prodotti finiti e grandi quantità di materiali, ora tramite tale metodologia si è riusciti a ridurre al minimo questi "costi". Il JIT per esempio, obbliga a vendere immediatamente ogni macchinario prodotto, così da non doverli accumulare e continuare a lavorare su commissione. Ovviamente sarà sempre prevista una piccola zona dove le macchine finite attendono di essere caricate (in caso di ritardi del cliente o dei trasporti). Sebbene tale disposizione possa creare più confusione (non essendovi un magazzino per i prodotti finiti, l'attesa per caricare la macchina porta a tenere non produttiva un'area), questa resta però limitata ad un breve arco di tempo fino a che non viene spedita. Per questo tipo di produzione quindi risulta molto efficace una gestione JIT e pull, perché si hanno volumi di produzione ridotti (ogni macchina verrà prodotta in circa 60 esemplari all'anno), con un grande ingombro delle macchine ed un lead time di produzione di alcuni giorni, che ne renderebbe oneroso lo stoccaggio a magazzino come per i componenti minori. In conclusione il JIT e pull per essere applicati necessitano per forza della gestione a Kanban e del cellular manufacturing; mentre la categoria sprechi è un ponte tra le tecniche applicative e quelle educative.

Gli sprechi identificati prima permettono di migliorare le qualità produttive dell'azienda. Partendo dalla prima, la sovrapproduzione, si nota come questo obiettivo venga subito risolto dalla logica JIT pull, evitando anche di avere il magazzino per i prodotti finiti. Quindi deve essere già venduto tutto ciò che si produce. Anche attese, code e scorte sono ridotte al minimo tramite la gestione a Kanban, che mantiene lineare e costante il rifornimento a bordo macchina portando materiali solo quando richiesto. Trasporti e movimentazioni

anch'essi sono ridotti al minimo mantenendo sempre il montaggio delle macchine fisso in una postazione evitando di spostare l'intero assieme. Anche gli spostamenti degli operai sono ridotti grazie ai magazzini di reparto posti vicino alle zone di montaggio (nel complesso è meglio far muovere gli operai piuttosto che creare postazioni successive di montaggio con un kanban dedicato per tale fase di montaggio). Infine difetti e scarti non riguardano il prodotto finito ma bensì i materiali presi dai fornitori. In alcuni casi per risparmiare si comprano pezzi di qualità media inferiore e tramite un controllo interno vengono selezionati e nel caso siano difettosi si procede ad una restaurazione del pezzo. In generale trattandosi di prodotti ad elevato contenuto tecnologico e caratterizzati da un costo elevato, è difficile che alcuni difetti portino ad uno scarto completo del prodotto.

Per quanto riguarda le tecniche educative proposte, le 5S risultano fondamentali ma anche semplici da attuare. Ogni lavoratore al termine della giornata dovrà spendere alcuni minuti per pulire e sistemare la propria postazione, di cui ne è responsabile. Tale responsabilità, nelle pratiche Toyota, è un aspetto cardine perché concilia il bene dell'azienda con quello del lavoratore. Anche l'introduzione delle schede Kaizen per un progresso tecnologico interno, permette agli operai di essere maggiormente coinvolti nelle dinamiche dell'azienda, dando l'opportunità di proporre ed eseguire delle modifiche da loro scelte. Un esempio (riportato in figura) consiste nella sostituzione di una vite forata con una commerciale avente gli stessi risultati ma evitando un passaggio alle macchine utensili. Infine trattiamo lo "standard work", questo metodo implica una divisione meticolosa dello spazio di lavoro e dei carichi di lavoro; tramite questo metodo si cerca di delineare nella maniera più precisa ogni lavoro svolto dai lavoratori e tutte le strumentazioni che posseggono. Nella pratica si utilizza una divisione delle aree di competenza tramite segnaletica a terra che delimita dove posare la macchina per il montaggio o dove riporre le strumentazioni utilizzate. Inoltre ogni lavoratore deve compiere certe operazioni durante la giornata (tack time preciso) seguendo una scaletta predefinita di lavorazioni.

4 MACCHINA VP 548

La LAM548 è una nuova macchina per il taglio di vetro laminato creata dalla Bottero. Questa riprende molte delle vecchie soluzioni utilizzate nelle precedenti versioni degli ultimi anni, ammodernando la struttura con le conoscenze più recenti ed aggiungendo alcune migliorie necessarie per aumentare: capacità produttiva, affidabilità, versatilità e precisione. La macchina è composta da due parti principali: il tavolo ed il modulo di taglio.

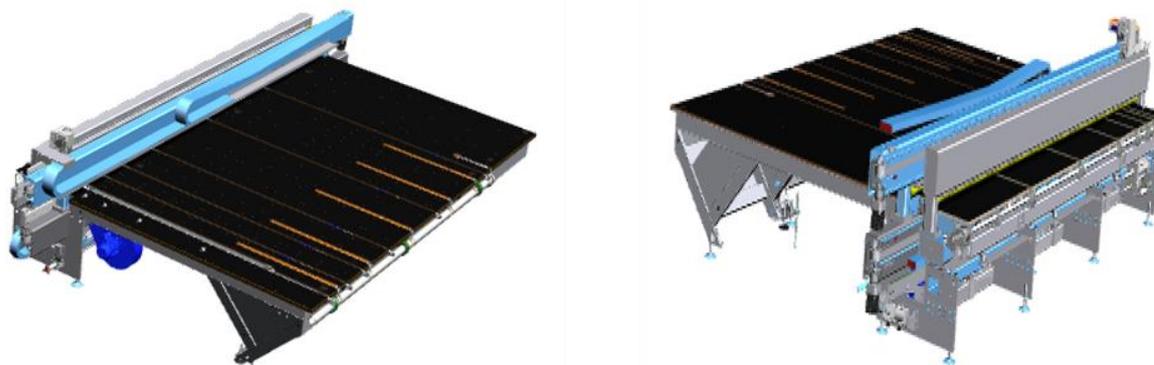


Figura 1. Vista fronte retro della macchina 548

Il tavolo risulta necessario per poter movimentare le lastre di grandi dimensioni e gestire il posizionamento verso il modulo. Il piano del tavolo presenta molti fori per il passaggio dell'aria che permettono alle lastre più pesanti di "galleggiare" sul piano, in questo modo l'attrito per lo spostamento del vetro risulta notevolmente ridotto. Inoltre nel tavolo sono presenti meccanismi per il posizionamento, carico e scarico delle lastre. Il ponte di attestatura, che si trova sotto il pianale, possiede delle braccia che, tramite dei tasselli, spingono le lastre verso il modulo nella posizione impostata al calcolatore. I tasselli di zero presenti alla fine del tavolo, vicino alla congiunzione con il modulo permettono di svolgere un taglio perfettamente ortogonale ai bordi delle lastre.

Per il carico e scarico delle lastre se ne occupano altre braccia calettate su un albero all'inizio del tavolo. Tale meccanismo permette di adagiare le lastre sul pianale una volta caricate su di esso dai robot. Qualora le lastre fossero di notevoli dimensioni si possono estrarre dei braccetti nascosti all'interno delle braccia che permettono una maggiore superficie di tenuta. Tutti questi meccanismi automatizzati evitano che l'operatore gestisca manualmente le lastre, aumentando la sicurezza e automazione sul posto di lavoro.

Il modulo di taglio invece risulta essere molto più complicato e delicato del tavolo, in quanto vi sono una grande quantità di sottogruppi meccanici in movimento per eseguire il taglio.

La dinamica del taglio si svolge in più sequenze:

Prima fase: due testine, sui fronti superiore ed inferiore della lastra, provocano un'incisione tramite una rotella in acciaio spostandosi lungo la lastra. Tale incisione, eseguita su entrambe le facce della lastra, serve per dare una direzione di sviluppo per la cricca, così da rendere il taglio più pulito e preciso.

- Nella seconda fase, a seconda dello spessore delle lastre, si possono utilizzare delle rotelle in contrasto o la barra di troncaggio. Prima di tutto l'innovativo sistema di bloccaggio, tramite il ponte di stacco, permette di mantenere ferma la lastra durante il processo, poi nel caso di spessori sottili le rotelle in contrasto andranno a spezzare il vetro. Nel caso di spessori elevati si utilizzerà anche la barra di troncaggio posta nella parte inferiore del modulo. Questa mediante un meccanismo con perno e leve, si innalza urtando la lastra dal basso verso l'alto spezzandola.
- Una volta rotto il vetro si deve tagliare anche lo strato interno di PVB, qui si può notare la seconda grande innovazione portata su questo modello, il modulo di riscaldamento. Questo misura circa 300 mm e contrariamente alle versioni precedenti non si sviluppa più lungo l'intera lunghezza del modulo, ma risulta essere una piccola scatola montata sul carrello inferiore. Grazie ad un sistema di specchi concentra la luce ad alta potenza fornendo maggiore direzionalità al calore e diminuendo gli sprechi di energia. Subito dopo aver riscaldato il PVB, dal carrello superiore esce una lametta che dovrà tagliare lo strato plastico. In questo modo si arriva ad una separazione tra le due parti che verrà completata dal ponte di stacco. Questo, posizionato sul modulo attraverso delle guide, spostandosi perpendicolarmente alla direzione di taglio allontana le due parti della lastra.

Proprio quest'ultima fase ha portato notevoli problemi durante il collaudo, in quanto mentre si sta eseguendo il taglio, il ponte di stacco sta già tirando a sé la lastra. Questo comporta uno spostamento di alcuni millimetri tra l'inizio e la fine del taglio, che non permette una corretta separazione del PVB (questo una volta riscaldato diventa malleabile e facile da tagliare, ma se non si eseguono subito taglio e separazione c'è il rischio che si ricolli).

4.1 Analisi dei sottogruppi della macchina

Dai file project si nota che il tempo previsto per l'assemblaggio della macchina risulta estremamente variabile a seconda che si cerchi di risparmiare sul tempo di montaggio, sull'impiego di risorse nelle postazioni o sullo spazio di lavoro dedicato alla macchina.

Sono state studiate più soluzioni possibili, con una prima condizione di base che consiste nel produrre almeno una media di due macchine a settimana su un anno di produzione.

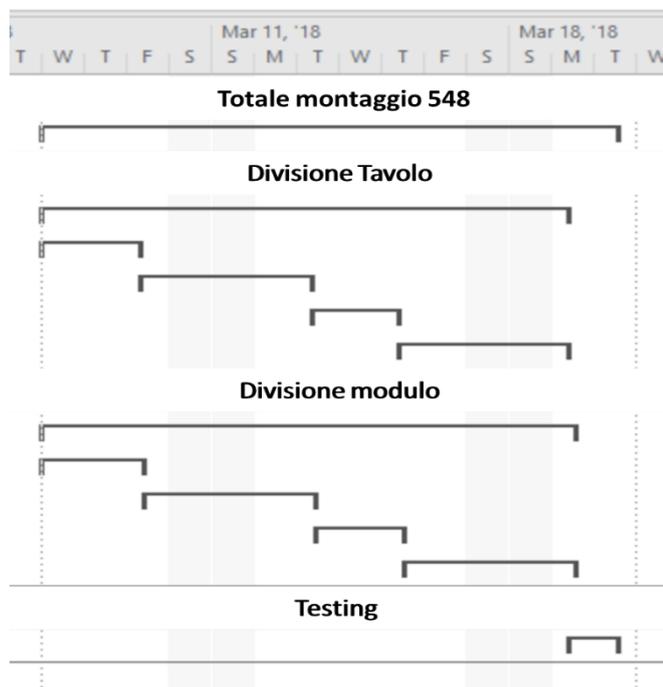


Figura 2. Complessivo della divisione del montaggio.

Task Name	Duration	Work	Start	Finish
▾ Tavolo	8.34 days	66.7 hrs	Wed 3/7/18	Mon 3/19/18
▾ Fase 1	2.11 days	16.9 hrs	Wed 3/7/18	Fri 3/9/18
Posizionamento plancia e pianale	2 hrs	2 hrs	Wed 3/7/18	Wed 3/7/18
Regolazione con livella ottica	2 hrs	2 hrs	Wed 3/7/18	Wed 3/7/18
Montaggio travi per guida ponte e verifica della planarità	3.7 hrs	3.7 hrs	Wed 3/7/18	Wed 3/7/18
Guarnizioni e tasselli di zero	3 hrs	3 hrs	Wed 3/7/18	Thu 3/8/18
Montaggio ponte su plancia e verifica del parallelismo	4.2 hrs	4.2 hrs	Thu 3/8/18	Thu 3/8/18
Montaggio albero motore per ponte su guide	2 hrs	2 hrs	Thu 3/8/18	Fri 3/9/18
▾ Fase 2	2.1 days	16.8 hrs	Fri 3/9/18	Tue 3/13/18
Montaggio canalina e catena portacavi	3 hrs	3 hrs	Fri 3/9/18	Fri 3/9/18
Montaggio scarico alto e relativo impianto pneumatico	6.8 hrs	6.8 hrs	Fri 3/9/18	Mon 3/12/18
Impianto pneumatico generale e sottogruppo cilindri magnetici	7 hrs	7 hrs	Mon 3/12/18	Tue 3/13/18
▾ Fase 3	2.13 days	17 hrs	Tue 3/13/18	Thu 3/15/18
Collegamenti elettrici ponte di attestatura	2.5 hrs	2.5 hrs	Tue 3/13/18	Tue 3/13/18
Collegamenti elettrici generali, albero motore e impianto pneumatico	2.8 hrs	2.8 hrs	Tue 3/13/18	Tue 3/13/18
Collegamenti elettrici per scarico alto, braccetti e elettrovalvole	8.2 hrs	8.2 hrs	Tue 3/13/18	Wed 3/14/18
Fissaggio pannelli in legno su plancia	3.5 hrs	3.5 hrs	Wed 3/14/18	Thu 3/15/18
▾ Fase 4	2 days	16 hrs	Thu 3/15/18	Mon 3/19/18
Verifica parallelismo e planarità	2 hrs	2 hrs	Thu 3/15/18	Thu 3/15/18
Montaggio dei fincorsa e verifica	5 hrs	5 hrs	Thu 3/15/18	Fri 3/16/18
Ultimi collegamenti elettrici	9 hrs	9 hrs	Fri 3/16/18	Mon 3/19/18

Figura 3. Sequenza di montaggio del tavolo con la divisione in fasi.

Partendo da questo primo vincolo si è scomposta la macchina in tutti i suoi sottogruppi così da poter avere un'idea di come organizzare le fasi di montaggio in base alle necessarie precedenze di assemblaggio. La prima evidenza è che si necessita di almeno due zone di lavoro separate per montare le basi/strutture di tavolo e modulo con tutti i relativi componenti aggiuntivi; per ragioni pratiche rappresentano il fulcro dell'assemblaggio dove affluiranno le parti minori.

Per garantire una produzione continua e soddisfacente si utilizzano più postazioni per tavolo e modulo, così da poter cominciare il montaggio di una macchina nuova mentre la prima deve essere ancora completata. Anche il numero di postazioni scelto ha un notevole impatto sul livello produttivo; si nota che la produzione totale annuale sarà influenzata molto più dal numero di postazioni che dalle risorse impiegate per il montaggio (condizione molto utile per aggiustare i livelli produttivi se necessario). Inoltre immaginando la vista esplosa della macchina si nota che alcuni sottogruppi possono essere montati separatamente alla zona di lavoro base della macchina e successivamente inseriti in essa. A tal proposito si aggiunge la zona sottogruppi che si dedicherà all'assemblaggio dei gruppi montabili a parte.

Da questa analisi si nota che il modulo della macchina presenta una grande quantità di sottogruppi con tempi molto lunghi, mentre il tavolo per sua struttura presenta poche parti svolgibili in parallelo. Questa zona, nella successiva spiegazione delle diverse tipologie di Layout ipotizzate, verrà identificata a lavoro non fisso. Nel senso che i lavoratori assegnati a tale reparto non lavoreranno esclusivamente per la macchina 548 ma potranno svolgere altri tipi di montaggi per altre macchine in produzione. Per suddividere in maniera efficiente il montaggio della macchina si sono distinte tutte le operazioni di montaggio delle due parti principali in 4 categorie, come riportato di sotto:

- In blu le operazioni da svolgere in presenza della base/struttura;
- In rosso i sottogruppi montabili separatamente;
- In giallo i componenti elettrici, che richiedono un tipo di personale differente;
- In verde le operazioni di verifica, collaudo e regolazione.

TAVOLO

Pianale+plancia		129
Livella ottica		131
Crema gliere su guida		55
2 travi guida ponte		66
Parallelismo		153
Guarnizioni adesive		55
Tasselli di zero		164
Ponte attestatura (filettature)		66
	2 Gr. Rotatore	197
	3 Supporti e albero con camme	148
	4 Braccia di sollevamento	99
	5 Tasselli	33
	6 Molle meccanismo	66
	7 Ventose su braccia	27
	8 Motoriduttore	33
	9 Albero pieno	55
	10 Cuscinetti ruote prism e respingenti	131
	11 Cilindri movim.	164
	12 Cablaggio imp. Pneumatico	263
Parte elettrica		334
Mont. Ponte su Plancia princ.		197
Parallelismo		66
Albero motore su entrambe le guide		131
Gr. di scarico alto		148
Canalina e catena portacavi a U		170
Collegamenti		164
Attacco scarico alto		263
Imp. Pneumatico		131
Elettrico		405
Imp. Pneu.+Sottogruppo cil. Magnetico		361
Elettrico		109
Fissaggio pannelli di legno	Parallelismo pannelli	263
Verifica tasselli		66
Mont. Finecorsa, canalina e stgr. Pannelli		296
Collegamenti elettrici		525

MODULO

Posizionamento base		257
livella		74
Guide e meccanismo per stacco		88
Barra di troncaggio		599
	Boccola leva	38
	Composizione meccanica leva	76
	Barra trocaggio	55
	Controllo	49
	Cerniera	16
Fissaggio staffa e comp. Al modulo	Inserimento leve sulla barra	164
	Sottogruppo barra meccanismo di trasmissione	285
Siliconatura e Guide per carrelli		37
Assemblaggio trasmissione e pattini		208
Posizionare e regolare cinghie con trasm.		235
Cinghia inferiore		104
Stgr. Rotelle doppie		60
Stgr. Rotelle singole		64
Bloccaggio rotazione		71
Lametta base		77
Assemblaggio testine su carrelli		263
Elettrovalvole e gruppo di riscaldamento (con protezione)		443
Protezione sup.		66
Staffa portacavi		60
Imp. Pneu.		460
Base cuscino ad aria e meccanismi		137
collegamento con modulo		33
Livella		16
Altre op.		44
Sollevamento cinghie		68
Gruppo cinghia		127
Fissaggio su modulo		186
Posizionamento pannelli e guarnizioni		197
Ventilatori e piatti con tubo		132
Catena e imp. Modulo		137
Elettrica		1281
Attacco armadio modulo		33
Gr. Ribaltina		131
Montaggio pressori		66
test e collaudo motori e sensori		591
regolazione barra tr.		33
Disp. Molatura verticale		257
Movimentazione stacco		459
Collegamento con ponte		328
Pneu, motori e cablaggio		208
Trasmissione e carter		164

Questa distinzione risulta fondamentale per organizzare una sequenza di montaggio corretta, osservando le precedenze necessarie e le operazioni su cui poter intervenire per ridurre i tempi facendo lavorare più risorse contemporaneamente (su collaudo e test non è possibile ridurre i tempi). Inoltre tale tabella fornisce un'idea della linea temporale necessaria per svolgere il montaggio completo utilizzando un'unica risorsa (i tempi sono in min e relativi in maggior parte ad un solo operatore).

TAVOLO

Zona Lav. Base	2226
Lav. Parallelo	1817
Comp. Elettrici	1204
Test/collaudo	416

MODULO

Zona Lav. Base	3106
Test/collaudo	764
Lav. Parallelo	3052
Comp. Elettrici	1281

Sommando i tempi in blu, giallo e verde si otterrà il tempo massimo di *lavoro* da parte degli operai necessario per montare la macchina. Facendo lavorare in contemporanea più risorse si può ridurre la durata complessiva dell'assemblaggio ma non il tempo totale di lavoro; anzi il lavoro risulterà maggiorato poiché non si può sempre dimezzare il tempo aggiungendo una risorsa.

Infine si precisa che gli elettricisti si occuperanno solo del montaggio dei componenti elettrici mentre i meccanici delle altre 3 categorie del montaggio.

Alla luce dei tempi sopra riportati si possono ricavare diverse organizzazioni di montaggio a seconda degli obiettivi preposti.

4.2 Tavolo

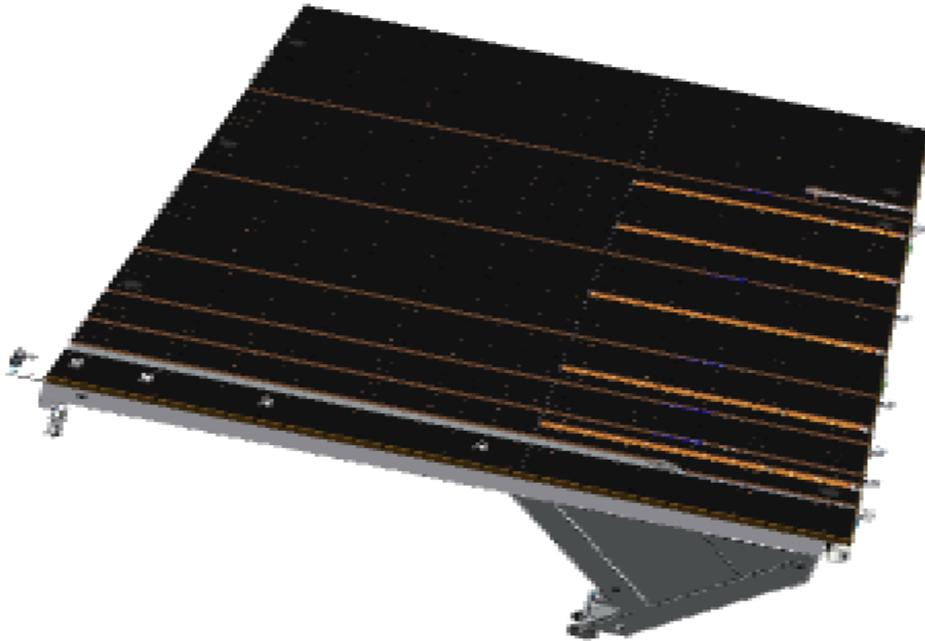


Figura 4. Vista del tavolo.

La scomposizione dei processi di montaggio del tavolo segue in linea di massima quella proposta dal reparto prototipi. Il tavolo presenta in maggior parte sottogruppi che necessitano della presenza della struttura di base per poter essere montate, quindi la maggior parte del lavoro verrà svolta nelle aree dedicate all'assemblaggio finale. A tale proposito i sottogruppi che verranno assemblati nella zona alternativa sono:

- il ponte di attestatura, che è anche il sottogruppo più complicato e oneroso in tempo per essere montato, su cui si inseriscono anche le parti elettriche. Responsabile del posizionamento e della rotazione delle lastre di vetro sul tavolo grazie a dei braccetti mobili, si trova sotto il tavolo poggiato su due guide ortogonali al verso di taglio;
- Il gruppo braccia di scarico alto, necessarie per ricevere le lastre di vetro portate dai robot ed adagiarle sul piano del tavolo;
- Il sottogruppo cilindri magnetici, necessari per la movimentazione dei braccetti di scarico.

Il tavolo richiede mediamente 130/140 h di lavoro individuale, comprendente meccanici ed elettrici. Aumentando le risorse si riesce quasi a dimezzare il tempo di produzione (ma tale aumento di risorse non è consigliato se non per alcune operazioni).

Di seguito si fa una suddivisione dei vari componenti del tavolo, scomponendo il lavoro in tre fasi di montaggio che separano le tipologie di interventi che non possono essere svolti in

contemporanea. Vengono anche riportati i tempi di produzione relativi ad un operaio o, nel caso in cui sia possibile, di due operai.

Per ciascuna operazione di montaggio sono previste alcune attrezzature o utensili particolari, mentre i DPI dovranno essere sempre a disposizione degli operai. Ovvero il casco di protezione, le scarpe antiinfortunistiche, occhiali protettivi e cuffie da utilizzare durante le fasi di testing finale (ventilatori molto rumorosi).

Alcune informazioni riguardo a tempi e possibilità di lavorazione sono state recuperate direttamente in azienda.

4.2.1 Fase 1

- *Posizionamento del pianale, della plancia e rifilettatura dei fori post-verniciatura, con controllo tramite livella ottica della corretta posizione al suolo. Il tempo previsto è di 4h, ipotizzando invece l'impiego di 2 operai si può dimezzare il tempo di posizionamento ma non quello per il controllo; così si riesce a ottenere un tempo complessivo di 3h. Per il posizionamento è necessario l'utilizzo di un carroponete che trasporti lo scheletro del tavolo fino alla postazione, in quanto il pianale ha delle dimensioni notevoli pari a 4180x3000x850 a cui si aggiunge la prolunga del tavolo di 1144x3000x850. Per eseguire tale operazione si devono ripassare tutti i filetti del tavolo ostruiti dalla verniciatura, ingrassare i filetti dei piedi di appoggio per consentire un fluido avvitarmento di questi sul tavolo. Successivamente vengono inserite delle gambe provvisorie ed unite le due parti del tavolo con l'utilizzo di un dado con vite. Il controllo con la livella richiede tempo e numerose misurazioni, dopo ogni misurazione si modificano le altezze dei piedi/gambe fino al corretto allineamento. Le attrezzature necessarie per l'operazione sono: una chiave per ciascuno di questi tipi M24, M19, M30 per avvitarre i piedi, le gambe provvisorie e fissare le due parti del tavolo, pennello e grasso da applicare sui piedi, disposizione del carroponete per lo spostamento e mantenimento del tavolo, silicone per le traverse, set di maschi ed avvitatore elettrico, pietra abrasiva e raschietto per rifare i fori;*

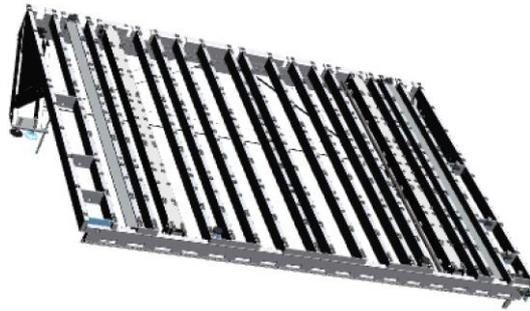


Figura 5. Scheletro del tavolo con prolunga pianale.

- Montaggio delle cremagliere sulle guide per il ponte di attestatura e il posizionamento e verifica della planarità delle guide, in totale richiedono circa 4,5 h. La trave per la guida del ponte misura 120x120 mentre la cremagliera ha dimensioni di 35x2820 (leggermente più corta della profondità del tavolo). Per impedire la fuoriuscita di aria dalla trave si applica una guarnizione in gomma sulla plancia dal lato di unione con il modulo mentre dal lato opposto vi tappa siliconando una piastra in lamiera. Anche qui si dovrà verificare un controllo con la livella, per accertarsi del parallelismo delle due guide su cui si muoverà il ponte di attestatura. Se vengono utilizzati 2 meccanici si può dimezzare il tempo complessivo per montaggio e fissaggio 2,25 h. Attrezzature necessarie: brugola da 10 mm e carrello per posizionare le guide sotto il tavolo;



Figura 6. Viste delle cremagliere e travi di sostegno.

- Montaggio guarnizioni, tasselli di zero ed il loro motore sul pianale richiede circa 3,75 h. In questa operazione vengono fissate delle guarnizioni adesive su tutti i fori presenti sul tavolo, in modo da permettere l'uscita di aria dal telaio evitando perdite con i legni che verranno successivamente montati. I tasselli di zero servono come riferimento per la macchina per eseguire il corretto posizionamento delle lastre da

tagliare. Sono composti da un perno ed un motore elettrico che permettono un movimento verticale del tassello il quale, sopra il piano del tavolo, ferma la lastra di vetro segnando lo zero per macchina. Vengono impiegate una brugola 10mm ed una chiave M19, invece il sottogruppo dei tasselli sarà premontato (pochi componenti) per velocizzare i passaggi.



Figura 7. Esempio dei tasselli di zero, si nota il meccanismo che ne permette l'alzata.

- **Montaggio del ponte di attestatura**, assemblato in parallelo, e verifica della planarità. Tempo previsto 4,25 h. Il ponte viene quindi montato nella zona relativa ai ponti per questioni pratiche, il suo assemblaggio sul tavolo viene svolto tramite fissaggio con dei perni eccentrici sulle guide già montate sul tavolo. Una volta fissato e verificato il parallelismo con il lato di taglio si montano i motori su entrambe le guide. Il posizionamento del ponte tramite il transpallet permette di inserire il ponte da dentro il tavolo. In questa operazione sono necessari due operatori per lo spostamento del ponte. Le attrezzature necessarie per i vari fissaggi sono: brugola M4, M5, transpallet



Figura 8. Posizionamento del ponte di attestatura da parte di un operatore tramite un transpallet al di sotto del tavolo.

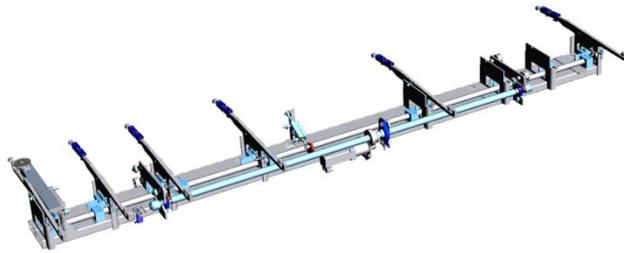


Figura 9. Ponte di attestatura completo con tutti i sottogruppi utilizzati nella movimentazione delle lastre.

- Montaggio della *canalina e catena portacavi*, operazione semplice ma che richiede un tempo totale di circa 2h. La cablatura è necessaria all'alimentazione del ponte, infatti è posta nella parte inferiore del tavolo parallelamente alle guide collegando il gruppo con la centralina e la CPU della macchina. La catena porta cavi in gomma (L=3080mm) permette la mobilità dell'organo rispetto al ponte quando sarà in funzione. La canalina invece fornisce supporto e guida alla catena nel percorso, per questo è fissata alle due estremità del tavolo per seguire il ponte. Necessarie: brugola M5.



Figura 10. Catena portacavi montata ed in fase di riposo, si nota la struttura composta che permette di seguire il ponte di attestatura lungo il tavolo.

4.2.2 Fase 2

In questa fase possono vengono svolti montaggi sia meccanici che elettrici, il mix è necessario per dividere le fasi in periodi simili e comparabili. La durata totale di questa fase è di circa 22h di lavoro in cui si alterneranno entrambe le risorse

- *Collegamenti elettrici dei componenti montati sul tavolo*, si richiedono circa 3h di lavoro. Per cominciare vengono collegati i cavi elettrici per la movimentazione del

ponte di attestatura, collegati i connettori di potenza e gli encoder (con la calibrazione) per il controllo dei movimenti. Dopo vengono inseriti anche i tubi penumatici facendo attenzione nelle due fasi a raggruppare tramite fascette i cavi elettrici e i tubi in modo da facilitare qualunque operazione futura oltre ad un miglior scorrimento durante le movimentazioni del ponte;



Figura 11. Particolare delle cablature che passano lungo la trave.

- *Montaggio fincorsa, canalina e sottogruppo pannelli sulla plancia.* Seconda parte di montaggi elettrici, dei sensori sul tavolo e delle strutture di arresto per la macchina. Il lavoro totale richiesto ammonta a circa 4h di montaggi meccanici;
- Attacco dello *scarico alto*, che è stato realizzato nella zona dei sottogruppi, con il relativo impianto pneumatico. Per svolgere il montaggio del gruppo sul tavolo viene prima inserito l'albero motore al tavolo e successivamente montate le 5 braccia di scarico alto realizzate nel reparto sottogruppi. Queste sono fissate alla struttura tramite un perno, una molla ed un cilindro idraulico che ne permettono la rotazione. In questo modo il braccio compie un moto circolare che permette di appoggiare le lastre sul tavolo. Complessivamente sono previste 6,75 h. Attrezzature: chiave M19, M30;



Figura 12. Gruppo braccia di carico scarico, poste nella zona anteriore del tavolo.

- Montaggio *impianto pneumatico del sottogruppo cilindri magnetici* (già assemblati nella zona Stgr.). Una volta montato il gruppo di scarico alto si provvede a realizzare i collegamenti elettrici di entrata ed uscita dalle braccia con: i pulsanti della ciabatta, elettrovalvole necessarie per la movimentazione e i sensori magnetici di posizione. Il tempo richiesto è pari a 3,75 h di montaggio meccanico;



Figura 13. Esempio collegamento tubi penumatici e cablatura braccia di scarico con i relativi braccetti uscenti.

- *Fissaggio pannelli in legno con relativa verifica di planarità e parallelismo.* Questa operazione consiste nel fissare i pannelli di legno sul tavolo completando i fori per il passaggio dell'aria attraverso le guarnizioni, se necessario. Il legno è già ricoperto dal feltro (necessario per lo scivolamento delle lastre) quando viene posto sul tavolo e presenta già dei fori in previsione dell'uscita dell'aria. I pannelli vengono inoltre fissati al tavolo tramite delle viti così che non vi sia gioco durante le lavorazioni. In questo caso sono quindi necessarie delle protezioni contro le polveri che si generano dalla lavorazione (maschera per il viso) ed un trapano per completare i fori non ben eseguiti. Prima di fissare i pannelli questi devono essere verificati tramite una livella per garantire il corretto allineamento tra di loro. Successivamente si verificherà la planarità con il ponte, in modo che non vengano a contatto durante la corsa per il posizionamento della lastra. Il tempo necessario per questo lavoro è di circa 4 h, sempre svolto da una risorsa meccanica;



Figura 14. Fissaggio dei pannelli in legno con feltro sul tavolo, utilizzo di un avvitatore per collegarli al tavolo nei fori prefissati.

4.2.3 Fase 3

In questa fase vengono racchiusi i montaggi finali dei sistemi di controllo, elettrici e pneumatici, con relativo testing finale della macchina completa accoppiata ad un modulo fac-simile. Il test verrà svolto senza una parte dei collegamenti elettrici necessari, ma si userà un quadro preimpostato, in questo modo si velocizzano le operazioni di testing.

- Il *montaggio pompa del vuoto e serbatoio dell'olio* richiedono circa 3h di lavoro di un meccanico. A seguito del montaggio degli organi mobili si provvede ad installare la pompa del vuoto per i meccanismi pneumatici ed il serbatoio dell'olio per la lubrificazione del taglio. Questi componenti essendo molto ingombranti vengono posizionati sotto il tavolo per un rapido accesso e collegati al pannello di controllo pneumatico generale che comunica con l'impianto di comando elettrico. Saranno fissati alle pareti interne del tavolo tramite viti ad una staffa;



Figura 15. Pompa del vuoto e serbatoio d'olio posti nella zona inferiore della macchina.

- *Collaudo pneumatico ed elettrico di valvole e sensori del ponte, fissaggio dei sensori dei tasselli di zero con verifica*; operazione molto lunga e complicata per i vari settaggi che devono essere eseguiti sulla macchina. Avendo correttamente posizionato tutti gli organi mobili del tavolo ed eseguito il parallelismo tra ponte e pannelli, ora si possono montare i sensori dei tasselli di zero e svolgere i test per configurare i movimenti della macchina con le elettrovalvole ed i sensori coinvolti. Inoltre si devono collegare tutti i componenti con l'impianto pneumatico posto su un lato esterno del tavolo (di facile accesso). Nello specifico verranno osservati i movimenti e le risposte dei sensori per calibrare i componenti. Questa operazione necessita di 3,5 h per il montaggio e verifica dei tasselli, mentre il collaudo richiede un totale di 8,5h di lavoro.



Figura 16. Immagine del pannello di controllo pneumatico posto sul lato del tavolo e chiuso in seguito con un carter per un facile accesso in caso di manutenzione.

- *Completamento dei collegamenti elettrici* della macchina svolti da un elettrico, richiedono circa 6 h. In quest'ultima operazione vengono montate tutte le parti elettriche che in precedenza sono state sostituite dal quadro fac-simile per effettuare i test man mano che si montavano i gruppi e sottogruppi del tavolo. In particolare vi sono il cablaggio della rete EtherCAT ed i collegamenti verso il quadro.

4.3 Modulo di taglio

Le operazioni di montaggio svolte dalle varie postazioni risultano sequenziali l'una all'altra e non eseguibili in parallelo per questioni di corretto montaggio sulla struttura di base ed impostazione del Layout sequenziale.

Questa è la parte più delicata e complicata della macchina, poiché presenta una notevole quantità di sottogruppi e di sensori che ne richiede un'attenta valutazione delle sequenze di montaggio, dovendo fare attenzione alle dovute precedenze da rispettare durante l'assemblaggio. Le precedenze sono dovute a componenti che, se venissero montati dopo altri, non potrebbero essere inseriti nella macchina per questioni di ingombro.

Anche qui si cercherà di suddividere la scomposizione dell'assieme prendendo come esempio 3 fasi sequenziali, che come detto prima per il tavolo, hanno il compito di separare i vari interventi da svolgere sulla macchina.

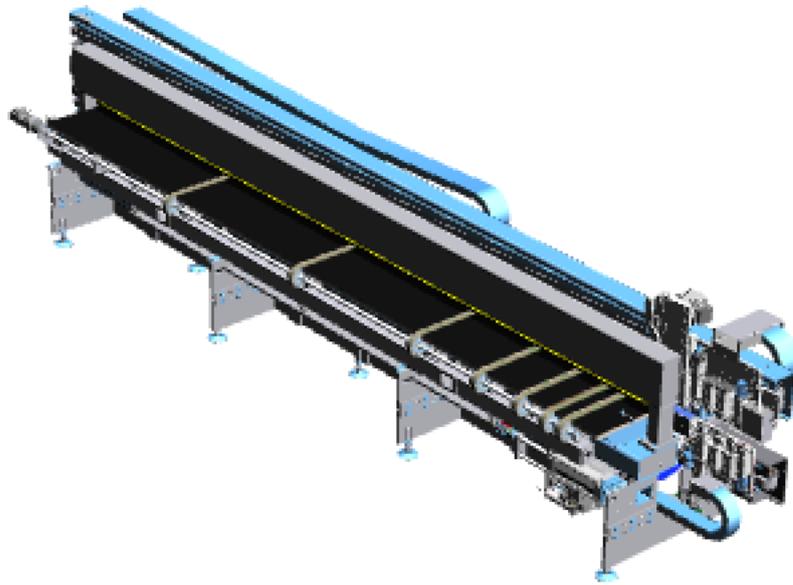


Figura 17. Modulo di taglio.

4.3.1 Fase 1

Come per il tavolo non è previsto lo spostamento del modulo durante il montaggio, solo quando tutte le parti saranno montate verrà accoppiato con il tavolo in un'altra postazione per il colludo finale della macchina.

Nella prima fase si eseguono solo montaggi meccanici per un totale di 21h.

- *Posizionamento base e verifica con livella*; in maniera analoga a come avvenuto per il tavolo, si prende la base dl modulo uscita dalla verniciatura e tramite il carroponete le vengono applicati i piedi di appoggio. Si regolano i piedi di appoggio tramite l'utilizzo di una livella analizzando prima i 4 angoli dei lati del modulo e poi le parti centrali. Successivamente si esegue la rifilettatura dei fori per il passaggio dell'aria. La base misura 1250x5500x850/1400 a cui poi si aggiungerà una plancia mobile. L'attrezzatura necessaria, come per il tavolo, comprende: set di maschi ed avvitatore elettrico, raschietto e pietra abrasiva per i fori, livella e bolla per il controllo della posizione, chiave combinata con le diverse misure (M19-M24-M30) per avvitare i piedi. Il tempo di esecuzione è di circa 4h;

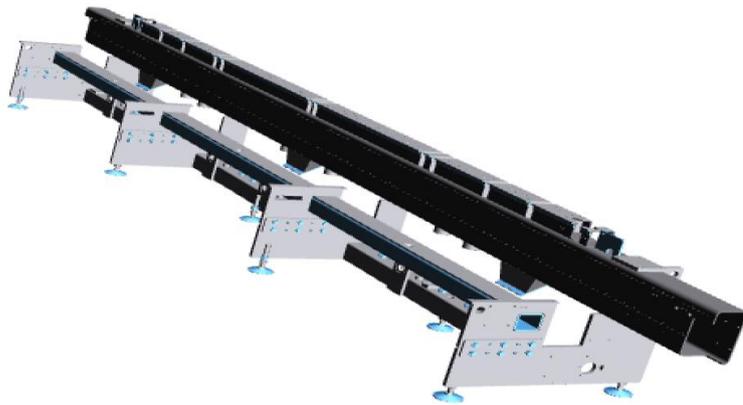


Figura 18. Scheletro modulo, base su cui poi verranno montati tutti i gruppi e sottogruppi.

- *Guide per meccanismo di stacco e carrelli*, siliconatura da 3 h. Sono delle guide parallele alla linea di taglio che servono a sostenere i carrelli durante il movimento di taglio, in aggiunta a quelle poste sul ponte ve ne saranno altre due poste tra ribaltina e modulo che saranno ortogonali alla linea di taglio (per eseguire lo stacco della lastra). Si fissano al modulo le guide lineari superiore ed inferiore per i due carrelli ed inseriti alla fine della corsa sulla guida un dado con vite per impedire la fuoriuscita del carrello durante la movimentazione. Queste andranno verificate con la livella per la corretta planarità oltre che lo scorrimento dei pattini sulle guide. Infine si esegue la siliconatura delle parti scoperte del modulo attraverso cui passerà l'aria. Si richiedono: Avvitatrice, Loctite, martello, brugola, livella e grasso.

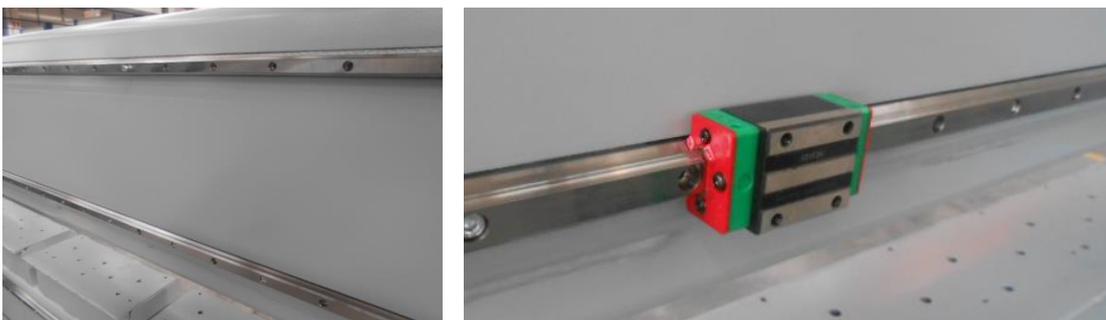


Figura 19. Particolare della guida lineare con pattino per lo scorrimento; si trova sul lato interno del ponte della base del modulo, utilizzati per spostare i carrelli.

- *Assemblaggio trasmissione carrelli e pattini*, il montaggio richiede circa 3,75 h per essere ultimato. L'assemblaggio dei componenti avviene direttamente a bordo del modulo. Si costruisce la trasmissione montando il riduttore sulla flangia ovale, a cui si aggiungono calettatore ed albero puleggia. Questo gruppo sarà posizionato

all'estremità del ponte del modulo opposto allo zero e verrà collegato con delle cinghie al rispettivo carrello. Attrezzi necessari: brucola N4-5-6, grasso;



Figura 20. Sistema di movimentazione dei carrelli.

- *Posizionare, montare e regolare cinghie di trasmissione superiore ed inferiore;* le cinghie in gomma vengono inserite nel ponte e fatte passare attraverso le pulegge poste alle due estremità. Le due estremità della cinghia vengono collegate con delle staffe e messe in tensione per la verifica di funzionamento tramite apposite viti. Il procedimento è il medesimo per entrambe (superiore ed inferiore). Complessivamente sono necessarie 5,5 h;



Figura 21. Settaggio cinghie di trasmissione e messa in tensione.

- *Montaggio ventilatori e piatti con tubo,* data la moltitudine di componenti che devono essere montati sul modulo, si anticipa tale operazione così da avere pronte in sequenza la barra di troncaggio e le testine dei carrelli. I ventilatori vengono posizionati come fatto per olio e pompa nel tavolo, al di sotto della struttura. Mentre i piatti con tubo che serviranno per la presa e lo stacco della lastra vengono montati nella parte inferiore del ponte superiore direttamente sul modulo e nella zona ponti dove verrà preassemblato il ponte di stacco. Tempo richiesto circa 2 h; attrezzature: chiave combinata, avvitatore elettrico e loctite.



Figura 22. Ventilatori per l'aria compressa che circola nella macchina.

- *Montaggio staffe per la barra di troncaggio e catena portacavi.* Nella parte inferiore del modulo, lungo la linea di taglio, si fissa la staffa che dovrà supportare la barra di troncaggio. In particolare su di essa dovranno poggiare il cilindro pneumatico ed il perno che permette il sollevamento della barra verso l'altro. Invece la catena portacavi verrà posizionata sopra il ponte del modulo per accompagnare lo scorrimento dei carrelli a cui sarà collegata. Attrezzature richieste: chiave combinata ed avvitatore elettrico. Per completare l'operazione sono necessarie circa 3h.



Figura 23. Staffa di supporto per la barra di troncaggio.

4.3.2 Fase 2

Come avvenuto per il tavolo anche per il modulo nella seconda fase si alternano montaggi elettrici e meccanici che avranno una durata totale di 21h di lavoro misto, in questo modo si mantiene la durata fissa scelta in precedenza (avendo eguale durata per tutte le fasi).

- *Attacco al modulo e posizionamento del gruppo ribaltina,* 3 h di lavoro meccanico per il completamento. Il posizionamento della ribaltina consiste nel collegare la base del modulo con la base cuscino del gruppo, questa sarà la struttura sulla quale si andranno a montare le altre parti necessarie (cinghie, meccanismo di sollevamento, pannelli, sensori, tasselli e organi motore). Per eseguire l'operazione, dopo le guide, si esegue il collegamento del cuscino con la base tramite dei perni a leva che

serviranno per lo stacco delle lastre. Attrezzi necessari: pinze, loctite, silicone, chiave a brugola N.5 e martello in plastica;



Figura 24. Attacco del gruppo ribaltina al modulo, si vedono in ordine: leva di stacco, guide ortogonali al taglio (staccare la lastra) e plancia cuscino.

- *Posizionamento pannelli e guarnizioni* sulla parte posteriore del modulo per evitare perdite di aria e facilitare la movimentazione, 3,5 h previste. Come avvenuto per il tavolo anche per il modulo si dovrà disporre di una base su cui possa scorrere la lastra a seguito del taglio, per questo motivo si installano sulla ribaltina i pannelli di legno con il feltro e fissati tramite viti alla base. In seguito si verifica il parallelismo di questi con le cinghie della ribaltina, i tasselli di zero. In questa operazione saranno necessari occhiali protettivi, un alesatore e della loctite per le guarnizioni (sempre per impedire la fuoriuscita dell'aria);

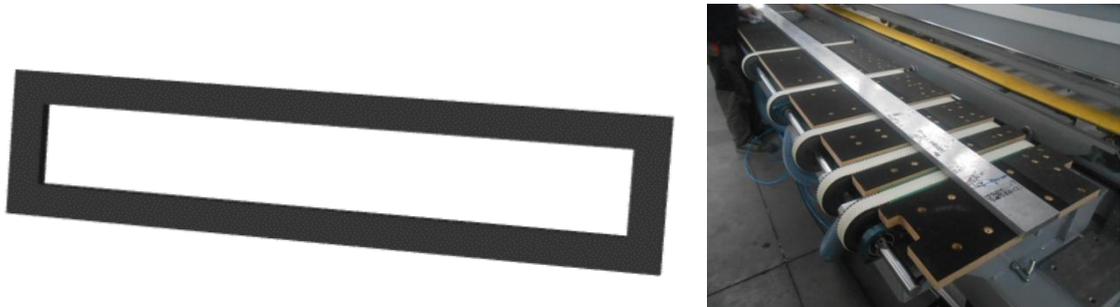


Figura 25. Guarnizione e ribaltina completa di pannelli e meccanismo.

- *Montaggio impianto pneumatico dei carrelli*, svolto dopo il montaggio di quest'ultimi sui pattini (il gruppo di riscaldamento può essere montato anche dopo). A causa della delicatezza di tali componenti sono richieste un totale di 8 h. I carrelli per essere montati devono avere già tutti gli accessori da taglio posizionati su di essi, altrimenti poi non sarebbe più possibile montare le testine sui carrelli che si troverebbero nel modulo. Per il montaggio sono richiesti: avvitatore, chiavi M19-M24-M30;



Figura 26. Cablaggio pneumatico dei carrelli, insieme di tubi e cavi che dirigono il processo di taglio.

- *Cablaggio pulsantiera di comando e collegamento cavi ai ventilatori, dalle 9 h.* In questa operazione vengono collegate le varie parti elettriche funzionali della macchina già montate (cinghie e carrelli). Vengono inseriti e cablati anche i sensori di regolazione e le elettrovalvole per la movimentazione;

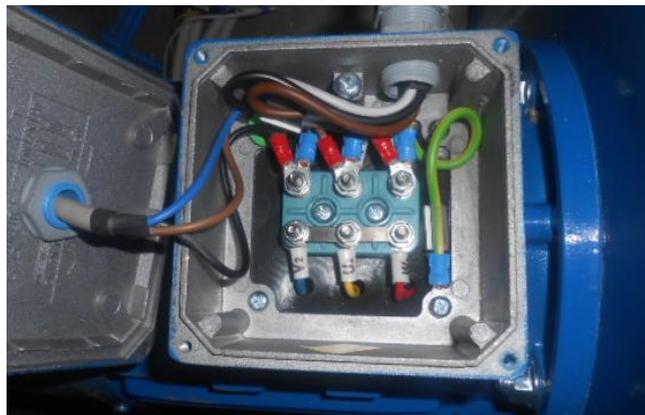


Figura 27. Sezione della parte elettrica di collegamento dei ventilatori.

- *Montaggio meccanismo sollevamento cinghie e fissaggio del gruppo al modulo (prodotto nella zona sottogruppi).* Le guide ed i pattini sono stati montati sulla ribaltina, questi permettono il movimento delle cinghie verso l'alto e far presa sulla lastra di vetro da spostare verso il retro della macchina. Il meccanismo è composto da due alberi collegati tramite una flangia incernierata nel mezzo, l'albero inferiore muovendosi sposta l'albero delle cinghie garantendo un movimento verticale del gruppo. Sono richieste 2 h circa per il suo completamento.

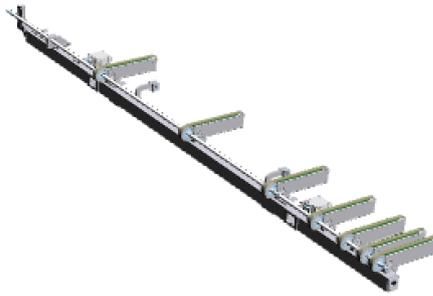


Figura 28. Movimentazione scarico ribaltina.

4.3.3 Fase 3

Qui sarà eseguita la gran parte dei montaggi elettrici necessari al modulo (2 operai), separazione decisa per evitare un'eccessiva quantità di attrezzature a bordo macchina (meccanici ed elettrici utilizzano strumenti diversi).

- *Test, collaudo e regolazione di motori, sensori e barra di troncaggio* alcune operazioni possono essere svolte in contemporanea (circa 4 h). La barra di troncaggio sarà già premontata nella zona sottogruppi, quindi avverrà solo l'assemblaggio finale dei vari componenti. Come mostrato in figura l'attacco verrà eseguito fissando per primi il perno, pistone e albero. In seguito ciascuna manovella verrà attaccata all'albero con le apposite cerniere e poi si fisserà sulle manovelle ed il perno la barra di troncaggio, tramite altre cerniere. In questo modo una sollecitazione del pistone spingerà la barra necessariamente verso l'alto;



Figura 29. Profilo barra di troncaggio, vista delle leve e perno per il movimento.

- *Collegamento componenti pneumatici, elettrici, pressostati e regolazione delle testine e sensori dei carrelli.* Si vanno a collegare i gruppi che sono stati appena aggiunti (ribaltina con cinghie e barra di troncaggio settata). Dopo aver collegato impianto elettrico ed idraulico dei gruppi, si possono svolgere le regolazioni dei sensori e delle elettrovalvole rispettivi. Il settaggio dei componenti richiede alcuni tentativi e aggiustamenti, per cui il tempo necessario sarà di circa 3h;
- *Montaggio ponte di stacco* sulla struttura e cablatura (assemblato nella zona sottogruppi), essendo molto ingombrante sarà presente nella zona di stoccaggio dei ponti vicino alle aree di montaggio. (5 h). Il ponte di stacco sarà collegato alla

ribaltina tramite i suoi piedi fissati con delle viti spesse. Anche per il ponte andrà controllato il parallelismo con l'altra parte del ponte di fronte (attaccato al modulo). Ci si servirà di un carro ponte per posizionare il gruppo dalla parte superiore del modulo ed eseguire il fissaggio con precisione. Il ponte sarà già provvisto di tutte le parti meccaniche.

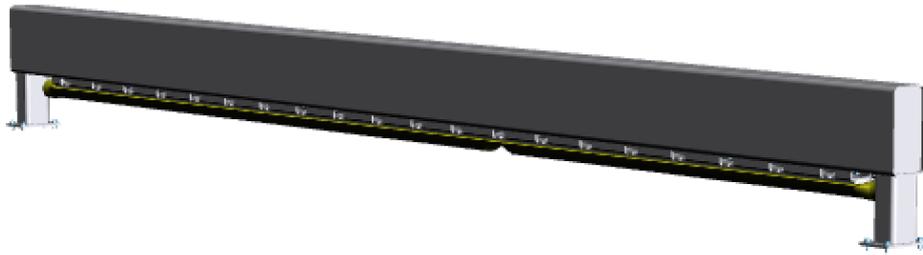


Figura 30. Ponte di stacco, si notano i pressori in gomma e le varie piastre per il serraggio.

- *Testing finale del modulo*, fissaggio degli elementi finali di copertura della macchina (carter) e cablature di attacco al quadro. Si richiedono circa 6h per svolgere le calibrature necessarie dei vari organi della macchina

4.4 Zona sottogruppi

In questa zona vengono assemblati tutti i sottogruppi relativi al tavolo e modulo che possono essere eseguiti in parallelo, senza richiedere quindi la presenza del tavolo o del modulo.

Il ponte di attestatura o la barra di troncaggio (sottogruppi con il maggior tempo di assemblaggio) vengono iniziati prima del posizionamento delle basi del tavolo e del modulo così da poterli montare immediatamente senza dover attendere il loro completamento ed aumentare i tempi della catena di montaggio.

La durata totale di assemblaggio dei sottogruppi è notevolmente più bassa delle altre due (tavolo e modulo) per la necessità di inviare le parti finite alle due linee produttive, che ovviamente per essere terminate devono poter disporre dei sottogruppi pronti.

Però se si va ad analizzare il tempo totale di lavoro svolto, ci si rende conto che le ore necessarie ad assemblare tutte le sottoparti della macchina sono molto simili alle due linee principali.

- Si inizia il montaggio del *ponte di attestatura* in anticipo rispetto al posizionamento delle basi di modulo e tavolo per permettere un fluido montaggio delle parti lungo la linea produttiva. Questo perché il ponte va montato prima di eseguire i collegamenti pneumatici ed elettrici, oltre alle varie fasi di collaudo e verifica. Il ponte si suddivide in molti componenti: la struttura di base su cui si attaccano i meccanismi di

movimentazione, gruppo rotatore con ventosa di attacco per la rotazione e proprio sistema di movimentazione elettrico, braccia di attestatura per portare la lastra nella corretta posizione verso i tasselli (collegamento delle molle di trazione e compressione con il ponte), alberi motore per la salita dei braccetti.

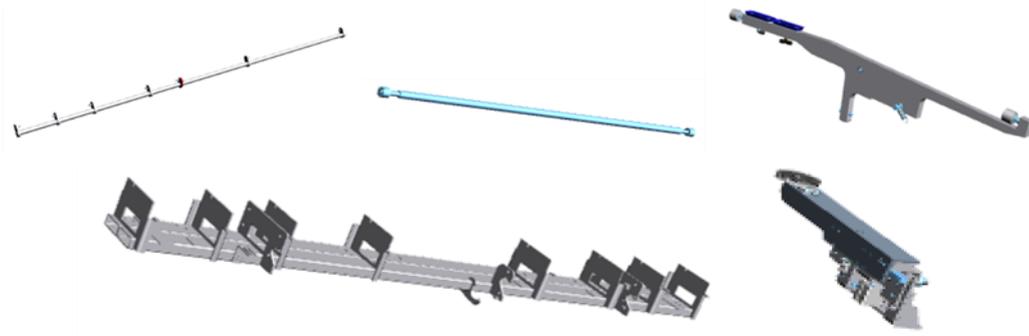


Figura 31. Componenti del ponte di attestatura e specifica del meccanismo del gruppo rotatore.

- *Barra di troncaggio* del modulo, il lavoro per la realizzazione delle varie sottoparti del gruppo verrà eseguito come per tutta l'area dei sottogruppi. Il gruppo barra di troncaggio si suddivide in molti componenti: albero, gruppo eccentrico con leva (ne sono richiesti 6), cilindro pneumatico con perno. Il tempo necessario per realizzare una leva è di circa 1h, mentre il cilindro sarà preso già completo. Una volta fissato al modulo si provvede a montare la leva di spinta.



Figura 32. Parti della barra di troncaggio.

- *Assemblaggio base cuscino e gruppo cinghia*, previste 4 h per il montaggio. La base cuscino si trova nella parte posteriore del modulo, sotto il gruppo ribaltina. Ad essa è ancorato il ponte di stacco, infatti per eseguire la separazione delle lastre, la base deve possedere delle guide poggiate sulla struttura del modulo che ne permettono lo spostamento ortogonale al taglio. All'interno è posizionato il gruppo cinghia che permette la movimentazione delle lastre in uscita dalla zona di taglio del ponte, tramite appunto delle cinghie in gomma che vengono sollevate nel momento dello spostamento. Prima di essere installato sul modulo andranno dunque applicati silicone e guarnizioni per le fessure, collegate le cinghie ed il relativo meccanismo di movimentazione;

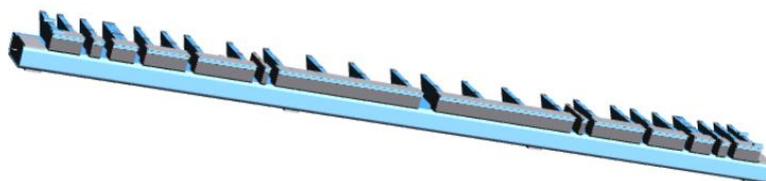


Figura 33. Cuscinetto ad aria spoglio, su di esso si monter  la ribaltina.

- *Gruppo scarico alto* da 2,5 a 1,5, si devono montare i braccetti di scarico che andranno inseriti all'interno delle braccia di scarico. Questi sono composti da un cilindro magnetico che ne permette la fuoriuscita attraverso delle rotelle montate sul braccio, a cui in punta   fissato un dado in plastica. Sono estensibili per permettere di manovrare anche delle lastre molto grandi (aumento della superficie di controllo della lastra);



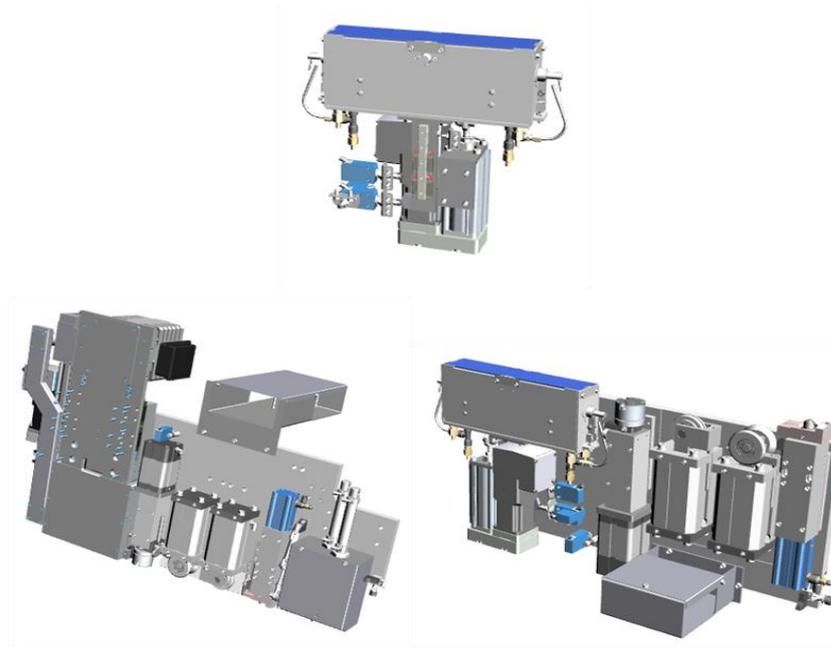
Figura 34. Immagine del braccetto interno delle braccia di scarico alto.

- *Assemblaggio di tutte le testine e rotelle, della protezione per il carrello superiore e il loro montaggio sui carrelli per poi essere posizionati sul modulo, dalle 13 h inizialmente previste si passa 8,5h, con 2 operatori. In questa fase si montano le rotelle di contrasto, due a 2 rotelle e 2 con rotella singola, poi vengono assemblati le 2 teste di bloccaggio necessarie per eseguire la rotazione con il gruppo rotatore del ponte di attestatura, poi si passa alle lamette necessarie per il taglio del PVB (ce ne sono 2 a seconda delle caratteristiche del vetro da tagliare). Poi vi sono i sensori che servono per osservare e regolare il movimento dei carrelli durante la fase di taglio. Infine la parte responsabile dell'incisione delle lastre, le 2 testine di taglio opposte con le rotelle in acciaio. Ognuno di questi componenti viene fissato al carrello tramite delle guide lineari che e permettono la movimentazione verticale. Lo specifico di ciascun montaggio non viene descritto essendo molto semplice ed in parte pre-assemblato dai fornitori.*



Figura 35. Componenti per il taglio e incisione delle lastre (da sinistra: rotella in acciaio per incisione, lama in acciaio per il taglio del PVC e rotelle per la rottura del vetro).

- *Gruppo di riscaldamento* assemblato separatamente rispetto alle testine per questione di componenti e di importanza all'interno dei montaggi sequenziali delle 2 parti della macchina. Da 7,5 h a 4 h. Composto da una resistenza interna che fornisce il calore ad elevata potenza, con un sistema di specchi che concentra il raggio ortogonalmente alla lastra evitando sprechi di energia.



*Figura 36. Parte superiore: gruppo di riscaldamento rivolto verso l'alto;
Parte inferiore: i due carrelli per il taglio completi di tutte le testine necessarie.*

- *Movimentazione stacco*, realizzato da un solo operatore per questioni di sequenza di montaggio, 8 h. Presenta un sistema di piastre (12) che, nel momento del serraggio della lastra, scendono facendo aderire il tubo di gomma gonfiato con il vetro mantenendoli a contatto ed evitando lo slittamento. Il tubo di gomma serve per dare il giusto attrito al ponte sulla lastra senza graffiarla. Le piastre sono composte da una molla ed una guida con pattino per il movimento di pressione (generato dall'impianto idraulico) e ritorno.

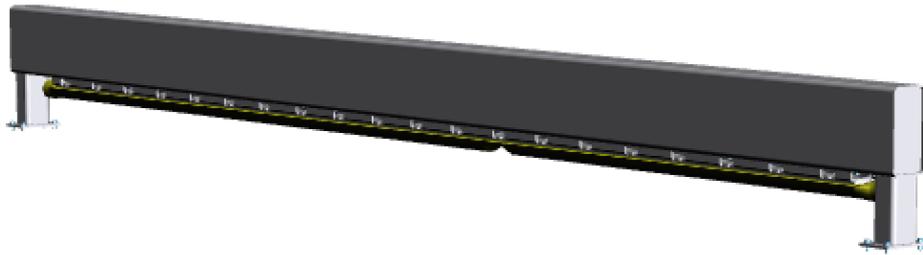
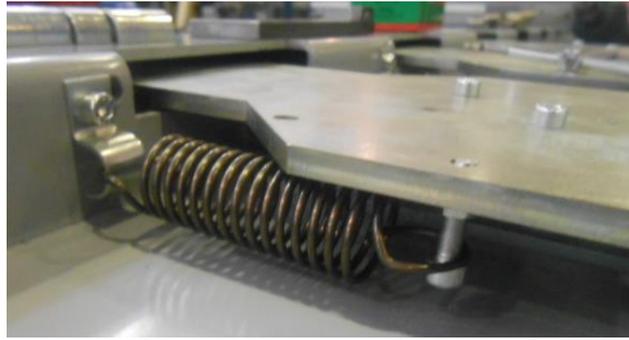


Figura 37. Esempio piastra del ponte di stacco con molla; Ponte di stacco completo.

- *Gruppo pressori*, richieste circa 2 h. Fa parte sia del ponte di stacco che del gruppo ribaltina. Rappresentano l'elemento che andrà a contatto con la lastra facendo attrito. Questi non sono altro che un tubo di gomma (per il ponte di stacco vi è anche una suola in gomma spessa per mantenere la presa sul vetro) serrato alle estremità con delle viti per collegarlo ai ponti. Verrà anche provvisto di attacco all'impianto idraulico ma dopo averli collegati alla struttura finale.



Figura 38. Tubolare in gomma per eseguire la tenuta della lastra durante il taglio e lo stacco.

5 TIPOLOGIE DI LAYOUT

Come accennato in precedenza si studiano diverse tipologie di layout per soddisfare le esigenze che si possono incontrare durante la fase di produzione.

Delle tre proposte quelle che verranno maggiormente analizzate saranno le due da considerarsi a regime, ovvero in cui la 548 occupa una parte limitata dell'impianto lasciando spazio al montaggio di altri prodotti. Queste due si differenziano per la quantità di risorse impiegate, la prima standard mentre la seconda con livelli di produzione più elevati (nel caso in cui si debba aumentare l'output).

La disposizione delle postazioni di lavoro sarà la stessa per motivi di movimentazione e di magazzino che verranno spiegati in seguito; anche se verranno studiate delle alternative, queste risultano insoddisfacenti. Infine per entrambe le soluzioni proposte a regime si analizzano due processi di montaggio che differiscono per l'ordine e le modalità di impiego delle risorse (la produttività resta praticamente la stessa). Nel terzo caso, in cui si dovrebbe occupare quasi metà del reparto Vetro Piano, si possono adottare dei sistemi di gestione diversi dai precedenti avendo a disposizione molto più spazio da sfruttare.

5.1 Gestione produzione

Dalla scomposizione dei lavori da svolgere su tavolo e modulo, sono stati ideati due sistemi di produzione. Entrambi vengono divisi in più fasi tali da separare in maniera efficiente i montaggi meccanici con quelli elettrici ed evitare la sovrapposizione di lavori non svolgibili in contemporanea e rispettando le precedenze di ingombro durante il montaggio (es. non si può montare sulla macchina il ponte di attestatura finché non sono montate le guide per lo stesso). Inoltre le fasi sono state appositamente separate per fornire una cadenza giornaliera nei ritmi di lavoro, cercando di terminare ciascuna fase con multipli di unità giornaliere. Si studia anche il ritmo di produzione, definendo quando cominciare il montaggio su ciascuna postazione così da evitare che vi siano arresti della produzione e permettere un processo fluido di montaggio senza interruzioni (o molto ridotte).

In entrambe le soluzioni si prevede una gestione di alcuni sottogruppi, gruppi e testine esterna alle zone di lavoro di tavolo e modulo. Per le testine si prevede una postazione che produce tutte le tipologie sia della 548 che delle altre macchine a montaggio. Invece per alcuni gruppi e sottogruppi si delimita un'area dedicata per l'assemblaggio vicino a dove dovranno essere montate sul tavolo o modulo. La maggiore attenzione che bisogna porre sta nel montaggio dei due ponti, i quali necessitano di molto tempo e devono già essere pronti quando si comincia il montaggio della macchina (le fasi iniziali di montaggio sui pianali

richiedono poche ore prima che si debbano montare il ponte di attestature e barra di troncaggio).

Nel layout è previsto che ogni tavolo e modulo che viene cominciato in una zona, non venga mai spostato se non per l'assemblaggio finale e testing. Nelle varie postazioni presenti, perimetrata da segnaletica a terra, si eseguono tutte le lavorazioni dall'inizio fino al completamento.

Tramite il programma project si osservano i ritmi di produzione, i lead time, i punti critici della fase di montaggio. Inserendo i tempi di montaggio, la quantità di risorse e le rispettive precedenze si ottiene la soluzione ottimale per quella specifica gestione.

La divisione dei processi produttivi in fasi distinte di uguale durata, permette di alternare le risorse tra le varie postazioni sfasate temporalmente. Significa che quando la prima postazione ha terminato la prima fase e si passa alla seconda, la seconda postazione inizia la prima e così anche per la terza o eventuale quarta. In questo modo si ha la possibilità di spostare le risorse dove sia necessario senza dover prevedere dei picchi di massimo personale con poi momenti di bassa attività.

La prima tipologia produttiva è quella che richiede il minor numero di risorse da impiegare. Questa ovviamente richiederà un tempo maggiore per il completo montaggio della macchina, rispetto ad altre possibili soluzioni. Per ottenere questa configurazione si è deciso di scomporre il montaggio in 4 fasi separate sia per il tavolo che per il modulo (la separazione in più fasi permette di gestire le attrezzature e le risorse presenti con maggiore flessibilità). Inoltre si nota che per raggiungere il target produttivo si necessita un montaggio contemporaneo e sfasato su tre postazioni, da cui deriva la divisione nelle tre fasi mostrate in precedenza.

La seconda invece prevede un incremento delle risorse nel reparto dedicato alla nuova macchina, questo permette di ridurre il tempo totale per il raggiungimento degli obiettivi preposti di produzione. Questo però comporta un aumento del totale delle ore lavorate, poiché in alcuni casi lo spostamento di alcune attività non permette una perfetta divisione dei carichi di lavoro (è una tipologia meno flessibile).

Questa soluzione permette di occupare uno spazio maggiore rispetto alla precedente tipologia in modo da potersi dedicare al montaggio di un numero superiore di macchine.

Inoltre, sempre nel caso si voglia aumentare l'output, aggiungendo una quarta postazione si può andare incontro a diverse esigenze o strategie produttive da parte dell'azienda (nel caso si voglia coprire in minor tempo la produzione della 548 per poi dedicare altre risorse a reparti che hanno accumulato dei ritardi).

5.1.1 Tipologia 1

La prima tipologia di produzione è quella che prevede il minor impiego di risorse per il montaggio. Nello specifico la separazione delle fasi di montaggio richiede la presenza fissa di un solo operaio per volta, sia per il tavolo che per il modulo, tranne o nel caso di movimentazione di grandi gruppi che richiedono un lavoro di due persone per essere svolto in sicurezza. In totale lavoreranno 2 meccanici ed un elettrico in contemporanea per il tavolo e per il modulo, mentre per eseguire i test sarà sufficiente un meccanico che prima si occuperà del tavolo e poi del modulo.

Quindi per la linea di montaggio della 548 saranno necessari 5 meccanici e 2 elettrici, totale di 7 risorse impiegate. Utilizzando project si è cercato di risparmiare sul numero di risorse cercando di gestire per le fasi di tavolo e modulo le risorse per i montaggi elettrici, in particolare questi vengono svolti verso la fine dell'assemblaggio. Sono state inserite per le fasi di montaggio le dovute precedenze che permettano alla risorsa meccanica ed elettrica di scambiarsi tra le postazioni di tavolo e modulo così da effettuare i montaggi necessari perdendo il minor tempo possibile e senza l'ausilio di altri operai (per quanto raggruppati gli assemblaggi, nelle fasi 2-3 si alterneranno al loro interno entrambe le risorse).

Per quanto riguarda il testing, il tavolo viene terminato prima del modulo e richiede un minor tempo rispetto al secondo per essere testato. Questo implica che nello sfasamento di un giorno tra l'uscita del tavolo e del modulo, si possa terminare il testing del primo e poi cominciare subito il secondo. In questo modo sarà richiesta una sola risorsa per eseguire tale ultima fase. Nel complesso per terminare la prima macchina entrata in fase di montaggio sono necessari circa 8,2 g, mentre la seconda ne richiederà circa altri 2,5 g per essere portata a termine. Allo stesso modo anche la terza, quarta e così via usciranno distaccate di 2,5 g, ovvero il lead time più elevato tra le varie fasi di montaggio proposte.

Da questi dati si ricava una produzione totale annua di circa 78 macchine, in linea con la previsione di vendere un numero tra le 70 e le 90 macchine all'anno (leggermente sovrastimata). In seguito studiando la disposizione di tavolo e modulo si analizzeranno anche altri parametri che non siano produttività annua e risorsa impiegata.

Di seguito si presenta la tabella estratta da project relativa alle 3 postazioni.

	WORK TIME	RESOURCES	TOTAL WORKLOAD
MACCHINA 548	8,2	7	17
TAVOLO	8,2	3	8,5
MODULO	8,1	3	8,5

Tabella 1. Divisione dei lavori tramite 3 postazioni, i numeri sono espressi in giorni di lavoro effettivo.

La lieve maggiorazione del carico totale di lavoro (TOTAL WORKLOAD) è dovuta al fatto che alcune operazioni di posizionamento richiedono la momentanea presenza di un secondo operatore per eseguire correttamente ed in sicurezza il lavoro (movimentazione dei pianali, ponte di stacco), quindi aumenta l'effettivo numero di ore lavorate senza aumentare i tempi per la singola postazione.

Le attenzioni principali nella gestione sono rivolte alla intercambiabilità degli operatori nelle fasi, la 2 e la 3 hanno bisogno sia di un meccanico che di un elettrico per essere svolte (non in contemporanea). Per questo motivo nella seconda fase i montaggi elettrici sono posti in coda mentre nella terza ad inizio fase. Questo permette alla risorsa impiegata di potersi dedicare ad entrambe le fasi senza necessità di coprire eventuali vuoti durante la produzione.

Allo stesso modo l'operaio meccanico verrà utilizzato nelle medesime fasi per garantire, in maniera speculare all'elettrico, la piena copertura delle operazioni da svolgere e la sua intercambiabilità tra le due postazioni oltre alla coincidenza tra le operazioni meccaniche di una e dell'altra fase.

Osservando nello specifico la situazione si analizzano le sequenze di interscambio delle risorse tra le postazioni, prima si osserva l'elettrico poi il meccanico. Lo scambio di risorse viene calcolato sia per il tavolo (primo ad essere analizzato) che per il modulo.

Per quanto riguarda i montaggi elettrici nella seconda fase si hanno: cablatura del ponte di attestatura (elettrovalvole), dei tasselli di zero e attacco elettrico dello scarico alto. Nella terza fase invece vi sono i collegamenti del quadro generale, dei vari sensori e la verifica del corretto funzionamento e settaggio. Nella fase due le operazioni da svolgere sono nettamente inferiori rispetto alla fase successiva (6h contro 15h), però si rimane su un totale di ore pari al tempo richiesto per eseguire i montaggi di una fase (22 h). Questo permette di avere un utilizzo della risorsa nel corso dei montaggi pari al 95%. Inoltre per quadrare al meglio tutte le tempistiche alcune operazioni, come la cablatura del ponte, vengono svolte in postazione piuttosto che nella zona dei ponti (azione che verrà eliminata nel caso della seconda tipologia).

La risorsa meccanica invece dovrà eseguire altre operazioni, nella seconda fase: attacco dello scarico alto, impianto pneumatico del sottogruppo cilindri magnetici e fissaggio pannelli in legno con verifica di planarità e parallelismo. Nella terza invece: montaggio della pompa del vuoto, serbatoio ad olio e collaudo pneumatico ed elettrico. Qui contrariamente a quanto visto per la parte elettrica sarà la seconda fase quella che impiegherà il maggior tempo essere eseguita (15h contro 7 h), in modo tale da avere una reciprocità dei tempi tra i montaggi elettrici e meccanici nelle due fasi. Quindi si ha la possibilità di fondere le operazioni distinte all'interno delle due fasi.

Da questa disposizione dei tempi ed operazioni si nota la differenza di un'ora tra i montaggi elettrici e meccanici, questo porta al non completo utilizzo di una risorsa. Per questa tipologia si è giunti a tale conclusione dopo vari tentativi nella disposizione delle sequenze di montaggio specialmente sfruttando la possibilità di caricare o scaricare la zona dei sottogruppi (la quale presenta la maggiore flessibilità avendo dei tempi di produzione nettamente inferiori ai montaggi di tavolo e modulo).

TAVOLO	FASE 1	FASE 2	FASE 3
ELETTRICO	0	0,8	1,7
MECCANICO	2,5	1,7	0,9

Tabella 2. Divisione tra le fasi del tavolo per i due tipi di risorse.

Per quanto riguarda invece il modulo, si giunti ad una soluzione molto simile al tavolo che permetta il minor spreco di tempo per le risorse, in termini di attesa per le successive operazioni.

La risorsa elettrica dovrà eseguire montaggi, come per il tavolo, solo nelle ultime due fasi proposte per concentrare le operazioni meccaniche nella prima. Nel dettaglio si occuperà di: attacco pulsantiera e comandi, collegamenti elettrici della ribaltina e dei ventilatori. Queste operazioni non sono successive l'una all'altra per questioni di precedenza (prima si monta il cuscino della ribaltina poi si inseriscono pannelli e guarnizioni). Questo vuoto verrà colmato inserendo delle operazioni elettriche nella terza fase in corrispondenza di tale periodo. Successivamente la terza fase sarà composta da: collegamenti elettrici delle testine, del ponte di stacco (montato nella stessa fase) e calibratura nei test finali. In totale sono necessarie 12h per la seconda fase e 7h per la terza. Questo scarto rispetto al tavolo è dovuto al fatto che i montaggi elettrici per il modulo sono minori rispetto al tavolo (il modulo invece ha bisogno di più tempo per il testing).

Per i montaggi meccanici la seconda fase prevede: posizionamento dei pannelli e delle guarnizioni sulla plancia e collegamenti pneumatici e meccanici dei carrelli alla struttura. Invece durante la terza fase verranno montati: meccanismo sollevamento cinghie, testing motori elettrici, setting barra di troncaggio e montaggio del ponte di stacco. Complessivamente le ore di lavoro totali ammontano a 11,5h per la seconda e 15h per la terza fase.

Dai numeri appena citati si nota lo scarso utilizzo della risorsa elettrica rispetto al meccanico, per ovviare a tale problema una parte del testing ricadrà sulle spalle dell'elettrico (anch'esso abilitato a svolgere queste operazioni seguendo il manuale di controllo). In questo modo si riesce ad ottenere una divisione dei lavori simile a come fatto per il tavolo, in cui le sequenze

vengono equamente divise nelle due fasi e sequenzialmente garantiti gli scambi di risorse tra le postazioni.

MODULO	FASE 1	FASE 2	FASE 3
ELETTRICO	0	1,5	0,8
MECCANICO	2,5	0,8	1,7

Tabella 3. Divisione tra le fasi del modulo per i due tipi di risorse.

Infine si mostrano i dati complessivi riguardanti questa tipologia. Si mettono in correlazione la produttività per risorsa e tempo oltre ai carichi di lavoro delle risorse per la tipologia 1 (si ricorda la non completa occupazione per le risorse elettriche) con i dati privi dello studio delle sequenze presentato finora (come proposto dal reparto prototipi).

TAVOLO	RISORSA 1	RISORSA 2
ELETTRICO	95%	0%
MECCANICO	100%	100%

Tabella 4. Percentuale di utilizzo delle risorse per il tavolo.

MODULO	RISORSA 1	RISORSA 2
ELETTRICO	90%	0%
MECCANICO	100%	100%

Tabella 5. Percentuale di utilizzo delle risorse per il modulo.

5.1.2 Tipologia 2

La seconda tipologia prevede invece un aumento di risorse impiegate, scambiando alcune fasi di montaggio con altre per concentrare certi tipi di assemblaggi. Si mantiene l'impronta su cui ogni postazione sarà governata da un solo operaio (meccanico o elettrico) nello stesso momento, a cui si aggiunge la solita specifica che per alcune movimentazioni sarà necessaria una seconda risorsa.

Si mantengono separate le operazioni meccaniche da quelle elettriche (non operano insieme). Inoltre per ottenere un incremento della produttività, l'assemblaggio è stato scomposto in 4 fasi sia per il tavolo che per il modulo.

Tale gestione delle risorse e degli spazi è configurata per un aumento della produzione rispetto a quanto preventivato, quindi viene considerata come una soluzione di scorta per rendere più flessibile la gestione della produzione nell'arco di un intero anno. Infatti tramite questa configurazione per raggiungere i target di produzione è richiesto meno tempo rispetto alla configurazione precedente.

La cadenza di uscita finale in questo caso prevede che la prima macchina esca dal reparto dopo 8,7g mentre le seguenti ogni 2g, portando il totale della produzione a circa 98 unità annue. Questa è un'offerta che supera i limiti preventivati di produzione, ma risulta in ogni caso realizzabile ed applicabile. La quantità di risorse necessarie sale a 6 meccanici e 2 elettrici al lavoro in contemporanea nel reparto.

	WORK TIME	RESOURCES	TOTAL WORKLOAD
MACCHINA 548	8,7	8	17,6
TAVOLO	8,5	4	8,8
MODULO	8,5	4	8,8

Tabella 6. Tabella per 4 postazioni, i numeri sono giorni di lavoro effettivo.

Come si può vedere dai dati il Lead Time di produzione del tavolo e del modulo (quindi per la macchina 548) rimane lo stesso, ovviamente avendo una postazione aggiuntiva ci sarà una maggiore cadenza di uscita dalla produzione.

Rispetto a quanto visto per la tipologia 1 si avranno delle perdite di tempo ridotte (coefficienti di utilizzo della risorsa) grazie alla migliore suddivisione dei lavori e delle sequenze di montaggio. Quindi rispetto al caso precedente si potranno raggiungere degli utilizzi del 100% per tutte le risorse coinvolte. Questo rappresenta uno degli aspetti positivi della tipologia proposta, che rende interessante svolgere lo studio.

	RISORSA 1	RISORSA 2	RISORSA 3
MECCANICO	100%	100%	100%
ELETTRICO	100%	0%	0%

Tabella 7. Utilizzo delle risorse per 4 postazioni, valida sia per il tavolo che per il modulo.

Andando a comparare la prima con la seconda tipologia (la terza viene proposta ma per problematiche di utilizzo delle risorse non sarà applicabile) vediamo come la produttività per risorsa impiegata è molto simile come anche rispetto allo spazio impiegato. Quindi per quanto riguarda i dati produttivi sembra migliore la seconda opzione avendo un utilizzo delle risorse ottimo paragonato alla prima. Però tenendo conto della necessità di produrre ancora

alcuni modelli vecchi (più economici) la prima tipologia viene presa come principale facendo particolare attenzione agli scambi nelle fasi 2 e 3 tra la risorsa meccanica e quella elettrica. Inoltre la sovrapproduzione ottenuta con la seconda tipologia, per le linee guide della Lean Manufacturing, spinge ad evitare tale soluzione. Lo stoccaggio delle macchine terminate ha uno spazio molto limitato, avendo eliminato in tutto l'impianto i magazzini o zone non produttive. Infatti per la gestione 2 si dovrebbe prevedere una zona in cui vengono stoccate le macchine terminate così da liberare la postazione per i successivi assemblaggi.

Tale problema non si verifica per la prima tipologia, perché volendo imporre una produzione push anziché pull ed avendo spalmato gli ordini ricevuti l'anno precedente lungo il periodo temporale produttivo, lo stoccaggio viene limitato a 2 o 3 macchinari per volta (superficie necessaria ridotta). Quindi tramite quest'analisi aggiuntiva si nota come la produttività per spazio occupato aumenti a causa della gestione dello stoccaggio. Infine si aggiunge che aumenta il rischio effettivo di non poter spostare il macchinario completato (verificabile nella parte finale dell'anno) nel reparto di carico/trasporto perché già saturo di altri macchinari (del vetro piano o altri reparti).

5.1.3 Tipologia 3

La terza tipologia proposta prevede di utilizzare uno spazio intermedio tra le due proposte scendendo a tre postazioni per tavolo e mantenendone quattro per il modulo. In questo caso la durata complessiva di montaggio aumenta leggermente a causa della gestione delle risorse tra le varie postazioni. Si cerca di mantenere sempre un solo operaio al lavoro su ciascuna postazione, però in questo modo si creano dei brevi tempi morti per l'attesa della risorsa adeguata (simile a come avvenuto nella prima tipologia).

Di conseguenza la produzione annua risulterà intermedia tra le due tipologie sopra presentate, poiché a fronte di una precedente cadenza di una macchina prodotta ogni 2 g si sale a circa 2,3g che porta la produzione annua a 85 macchine. Sebbene sia un valore accettabile per le previsioni, risulta scarsamente utilizzabile a causa dei tempi morti che si generano per far coincidere i tempi di montaggio delle fasi tra modulo e tavolo.

Per far coincidere i tempi di assemblaggio si andrà ad alleggerire il carico nella zona dei sottogruppi (montaggio testine su carrelli e gruppo pressori) e aumentando di conseguenza le operazioni nelle postazioni del modulo. In questo modo prende significato l'aggiunta di una postazione.

	WORK TIME	RESOURCES	TOTAL WORKLOAD
MACCHINA 548	9	7	18
TAVOLO	8,5	3	8,8

MODULO	9	4	9,2
---------------	---	---	-----

Tabella 8. Tipologia 3, carichi di lavoro in giorni di lavoro effettivo.

I ritardi citati in precedenza si accumulano nelle ultime due postazioni in cui, a causa delle precedenze di montaggio, il terzo meccanico inserito avrà una percentuale di lavoro pari all'80% mentre l'elettrico del 100%. Questo risultato non è auspicabile nella gestione della produzione, in quanto si dovrebbe cercare di mantenere vicino al 100% l'utilizzo di tutte le risorse coinvolte nelle sequenze di montaggio.

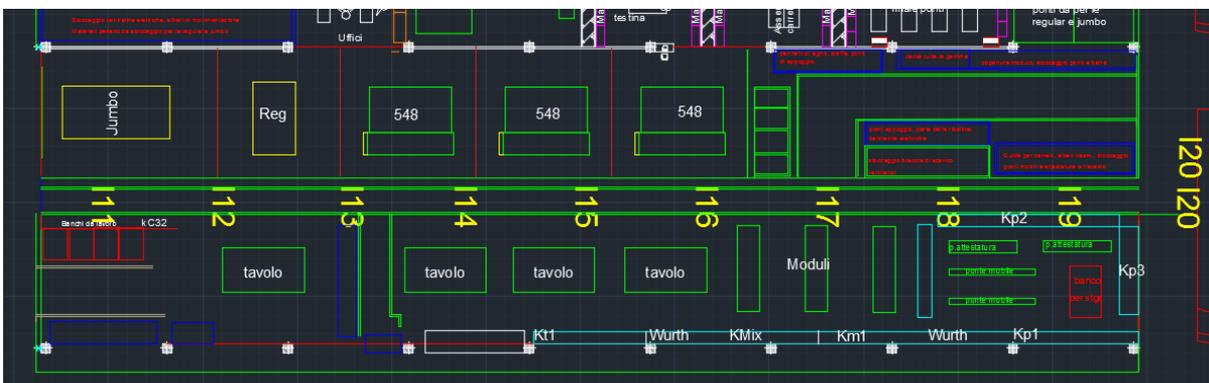
	RISORSA 1	RISORSA 2	RISORSA 3
MECCANICO	100%	100%	80%
ELETTRICO	100%	0%	0%

Tabella 9. Utilizzo delle risorse nella terza tipologia.

5.2 Analisi delle posizioni per i tavoli

Partendo dalla necessità di mantenere un corridoio centrale nella navata dedicata al montaggio, dovuto ad un miglior accesso alle varie postazioni, si studiano le possibili disposizioni con cui si possono essere allocati i tavoli. Date le dimensioni della struttura di base (5400 x 3000 mm), si è immaginato di disporre i tavoli in due configurazioni. La prima in cui il lato maggiore sia parallelo al corridoio e la seconda in cui sia ortogonale.

Nello studio della posizione si considera in maniera preliminare la tipologia di produzione che necessita di 4 postazioni sia per il tavolo che per il modulo e due postazioni di testing. Questa è la tipologia produttiva che risulta migliore ma verrà spiegata in seguito.



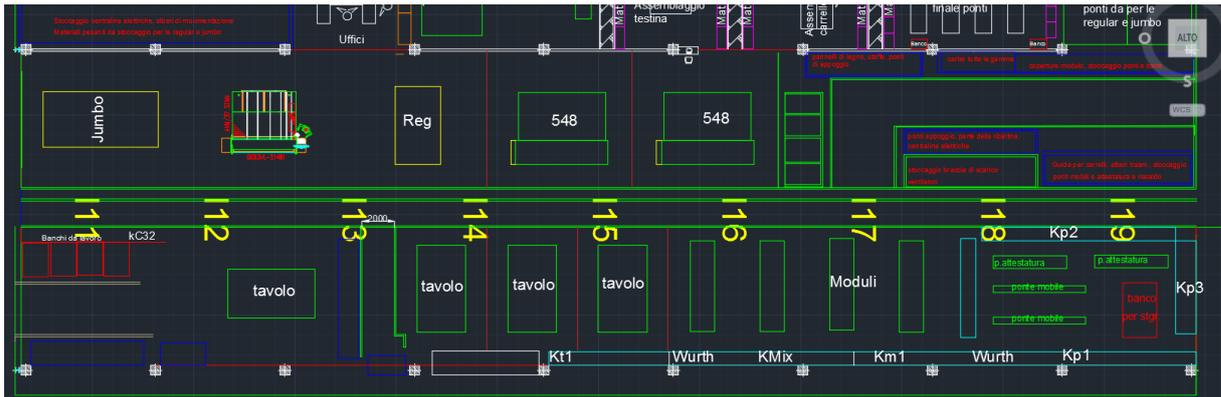


Figura 39. Sopra: 3 postazioni per tavolo e modulo, sotto 3 per tavolo e 4 per modulo.

Come si può osservare dalle immagini, la disposizione del lato lungo parallelo al corridoio obbliga a dover sfruttare un'area maggiore. Le norme di sicurezza nell'ambiente di montaggio obbligano che ciascuna risorsa debba avere uno spazio di lavoro attorno alla struttura di montaggio di base. Si prevede che tra la base della macchina e l'inizio della postazione vicina vi sia almeno 1-1.5 m nei quali l'operatore possa muoversi in completa sicurezza e avere vicino un banco di lavoro che non si trovi tra due postazioni. In questo modo l'area necessaria per il montaggio del tavolo diventa maggiore, nel caso 2 raggiunge 8 m per 5.6 m.

Un altro dettaglio importante relativo alla prima immagine è che non sarebbe possibile rispettare le norme di sicurezza tra i tavoli, infatti la distanza tra due postazioni dei tavoli si riduce a meno di 1 m.

Inoltre nella prima immagine si vede che una parte della zona produttiva non viene utilizzata, anche se si cercasse di sfruttarla inserendo un modulo tra tavolo e il magazzino di postazione, sarebbe una soluzione non proponibile a causa del notevole affollamento per raggiungere i componenti stoccati che potrebbe generare rischi per le risorse, disordine e problemi nell'allocazione a magazzino. Dato che molti componenti di tavolo e modulo sono diversi si verrebbe a creare un movimento continuo delle risorse per recuperare i codici necessari al montaggio nelle varie scaffalature presenti nel reparto.

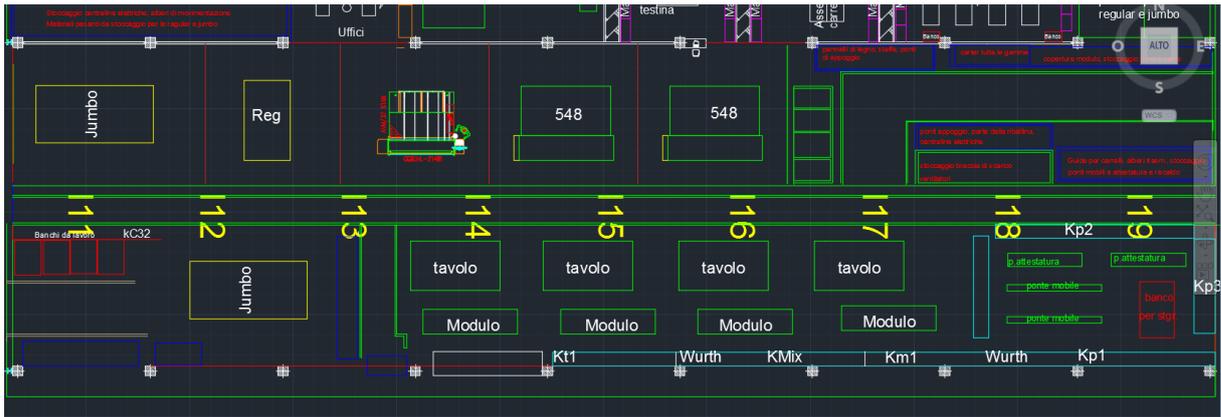


Figura 40. Quattro postazioni per tavolo e modulo.

Come mostra la figura sembra che si possa sfruttare meglio lo spazio dedicato al montaggio della macchina ed in particolare del reparto (infatti occupa un'area minore rispetto alle altre configurazioni), però anche in questo caso non si rispettano le norme di sicurezza per gli operai portando ad escludere tale configurazione.

Quindi per i tavoli non si può utilizzare la disposizione parallela al corridoio poiché necessiterebbe di postazioni aggiuntive, generando un notevole spreco di spazio rispetto all'altra soluzione presentata che sarà l'unica che verrà mantenuta nello studio del layout 4-4. L'analisi non prosegue oltre essendo il vincolo dell'area utilizzata estremamente stringente per un reparto produttivo.

Nel caso in cui si debba diminuire lo spazio occupato per il montaggio delle 548, si dovrà rivedere la scelta delle 4 postazioni diminuendole a 3 sia per tavolo che per modulo (devono cambiare insieme per rispettare i ritmi produttivi). In questo caso per l'area di test si prevedono comunque 2 postazioni per fare le verifiche, motivo imposto dalle scelte aziendali di non avere un magazzino per lo stoccaggio dei prodotti finiti, che una volta terminati devono essere spediti il più velocemente possibile. A tal proposito non essendo sempre possibile inviare al cliente la macchina completa appena viene terminata, sarà utile prevedere uno spazio aggiuntivo per l'attesa della spedizione.

In ogni caso il layout si presenterebbe come in figura, da cui si nota come rispetto alle configurazioni precedenti si venga a risparmiare solamente una postazione di lavoro. Inoltre si modificano anche i carichi di lavoro, poiché per rispettare i ritmi produttivi si debbano aggiungere risorse nelle varie fasi di lavoro per velocizzare il montaggio.



Figura 41. Tre postazioni per tavolo e modulo.

Risultando praticabili entrambe le soluzioni ora si devono analizzare nello specifico altri parametri per avere un'idea dei pro e contro di ciascuna tipologia. Quindi si osservano le movimentazioni delle strutture tramite carroponte e il trasporto con montaggio dei gruppi più grandi, i quali possono essere portati in modalità differenti nella postazione.

5.3 Analisi delle posizioni per i moduli

Per svolgere l'analisi delle posizioni delle postazioni per i moduli si considera la tipologia produttiva che impone la presenza di 4 postazioni per i tavoli e per i moduli più due per la zona di test. Anche in questo caso si studiano due tipologie di posizionamento dei moduli, una ortogonale al corridoio ed una parallela ad esso.

L'analisi tiene conto di fattori quali l'area occupata, le distanze di sicurezza da rispettare, l'utilizzo del carroponte ed il passaggio delle risorse. Inoltre nota la grandezza del modulo (5700 x 1500 mm), si vanno a dimensionare le grandezze delle postazioni.

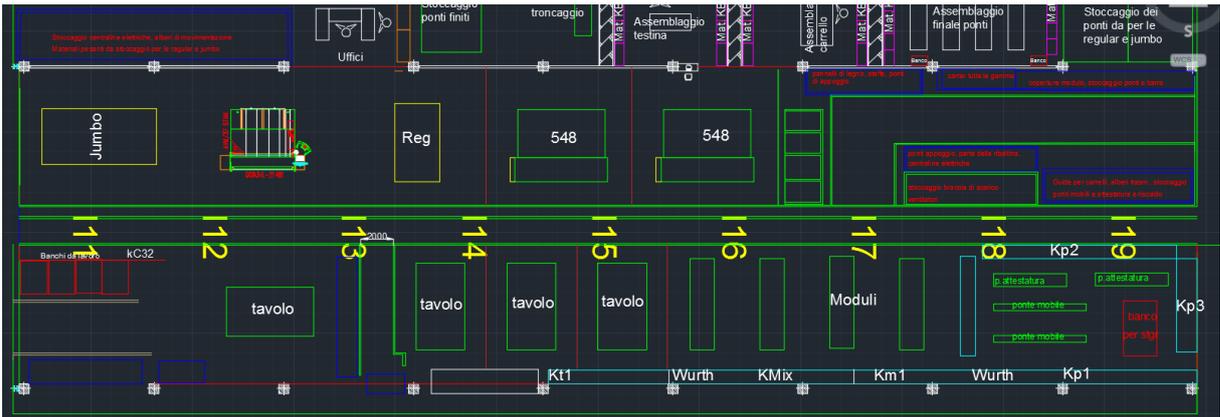


Figura 42. Tre postazioni per tavolo e modulo.

Nella prima si vede come il layout sia praticamente identico alla soluzione 2 per il tavolo, occupando la stessa area. Quindi la distanza di sicurezza tra le macchine sarà di 1.4 m che rispetta a pieno le norme.

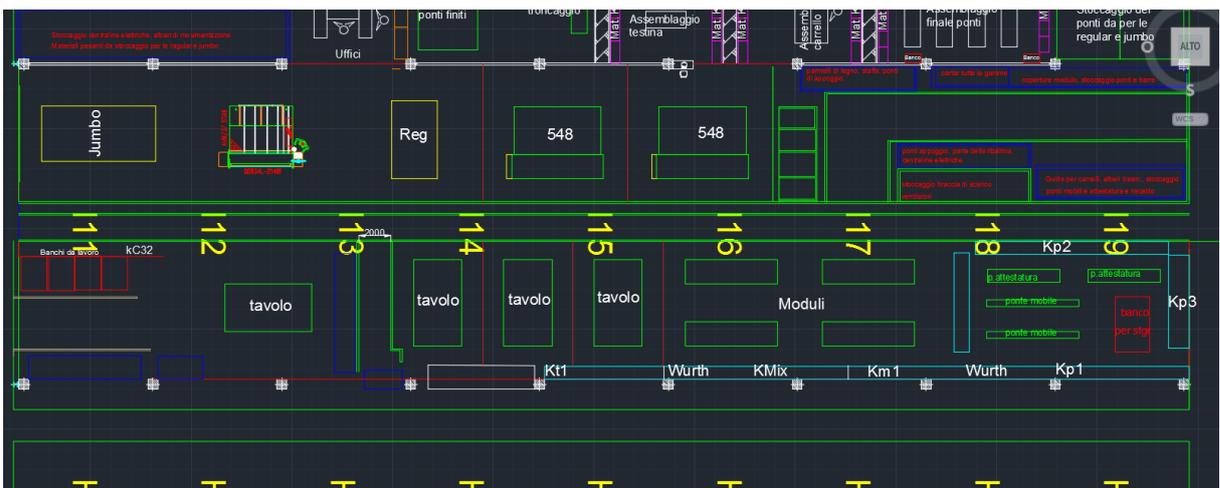


Figura 43. Tre postazioni per tavolo e quattro per il modulo.

Nella seconda si nota che la larghezza del modulo, molto più piccola rispetto al tavolo, permette di inserire due moduli uno di fronte all'altro mantenendo uno spazio per il movimento delle risorse e il banco di lavoro necessari. Inoltre occupa la medesima area della tipologia numero 1.

Come si vede dalle figure entrambe le soluzioni sembrano accettabili. Ora si analizzano le differenze tra le due tipologie:

- La prima riguarda il movimento delle risorse, in particolare per andare a prendere i componenti necessari al montaggio nei magazzini del reparto. La prima tipologia non presenta problemi in quanto l'operaio effettuerà un percorso attraverso la propria postazione e poi passerà vicino alle scaffalature senza disturbare le postazioni

adiacenti. La seconda, invece, obbliga le risorse che lavorano sui moduli più esterni, a passare attraverso la postazione che si trova tra la propria ed il magazzino generando un traffico indesiderato.

- La seconda problematica riguarda l'utilizzo del carro ponte, in questo caso quando si deve posizionare un nuovo modulo per il montaggio, per questioni di sicurezza si deve momentaneamente bloccare la produzione nelle postazioni adiacenti. La prima tipologia quindi porta a fermare due sole postazioni (confinando solo due che siano modulo-modulo o tavolo-modulo), mentre la seconda obbliga l'arresto di tre postazioni adiacenti in tutti i casi.

Come osservato per la posizione dei tavoli anche qui si possono studiare alcune soluzioni nel caso in cui si debba modificare lo spazio necessario al montaggio della 548. In particolare si aggiunge una terza soluzione alle due già presentate, in cui il modulo viene disposto in obliquo. Il vantaggio che porta tale disposizione rispetto alle altre sta in un'agevolazione del passaggio delle risorse attraverso sia il corridoio e vicino al magazzino.

5.4 Analisi posizioni sottogruppi e ponti

Per ridurre i tempi di montaggio della macchina si deve suddividere in tutti i vari gruppi e sottogruppi della macchina per osservare cosa possa essere montato in parallelo rispetto alla plancia base e cosa invece deve essere montato nella postazione principale. Come studiato nel capitolo precedente si sono scomposte tutte le varie parti da montare, quelle che si possono assemblare parallelamente si scompongono a loro volta in due categorie, le testine dei carrelli ed i ponti (attestatura, stacco, barra di troncaggio e gruppo pressore).

Nel reparto per il vetro piano esiste già una postazione dedicata al montaggio delle testine per i carrelli per tutte le tipologie di macchine prodotte dall'azienda. Data la velocità con cui si possono assemblare tali componenti risulta inopportuno ed inefficiente creare una seconda zona di montaggio per le testine. Infatti questa postazione è perfettamente in grado di soddisfare la domanda di componenti per l'intero reparto.

Discorso differente invece per i ponti, i quali necessitano di maggiore tempo per il loro completamento, oltre a notevoli differenze di componenti rispetto a quelli prodotti per le altre categorie di macchinari. Quindi si decide di creare una zona dedicata al montaggio dei gruppi più grandi.

La scelta della posizione deriva da questioni pratiche:

- Deve essere il più vicino possibile alle zone di montaggio delle postazioni e di stoccaggio su cantilever;
- Facile accesso dall'esterno di mezzi di movimentazione (rispetto a tavolo e modulo vi è una maggiore dinamicità di spostamenti);

- Spazio per poter inserire i codici aggiuntivi per i gruppi.

I sottogruppi diversi dai ponti sono: testine, braccetti e braccia di scarico, preparazione dei pannelli e le leve della barra di troncaggio.

6 MAGAZZINO

Per completare la trattazione della gestione produttiva bisogna analizzare anche la logistica dei materiali per i montaggi che non devono mancare nel momento dell'assemblaggio.

Come accennato in precedenza e rimarcato dalle tecniche della Lean Manufacturing, si cerca di eliminare quanto più possibile la presenza di magazzini a bordo macchina (nelle zone produttive) o comunque di limitare la quantità di materiali presenti in modo da occupare meno spazio. Questo è un aspetto molto importante poiché le zone che sono occupate dalle giacenze non sono zone produttive, quindi non creano un valore aggiunto per l'azienda. A tale proposito quindi si studia la metodologia di ricambio/fornitura delle scaffalature poste lungo i bordi del reparto.

Come suggerito dalla Lean Manufacturing l'ideale sarebbe quello di non possedere alcun magazzino ed avere i materiali necessari al montaggio solo quando sono richiesti. Ovviamente tale aspetto è quasi puramente teorico poiché vi sarebbe un eccessivo via vai vicino alle postazioni, per cui si opta una gestione in cui il materiale a bordo macchina sia effettivamente limitato ma permetta di montare più di una macchina alla volta senza dover ricaricare ogni giorno i materiali.

Inoltre la gestione a Kanban dipenderà anche dal tipo di materiale necessario, in definitiva si spiegano 3 diverse metodi di gestione: viteria e piccoli componenti pneumatici, elementi pesanti e prodotti intermedi a basso consumo. Ovviamente dovrà essere presente un magazzino di raccolta per eliminare eventuali imprevisti dovuti a ritardi o errori dei fornitori nella consegna. Per occupare il minor spazio possibile si utilizza un magazzino verticale che permette di sfruttare al meglio l'area concessa. In questo magazzino si stoccheranno tutte le tipologie di componenti necessari per tutti i reparti produttivi dell'azienda (VP, VC, GI). Inoltre il magazzino sarà diviso in due parti separate: una con magazzino meccanico verticale che gestisce i componenti più piccoli e facili da muovere in maniera autonoma (quando si lancia l'ordine la macchina va a prendere nello scomparto la cassetta necessaria), mentre l'altra riguarda componenti più delicati e pesanti. Questi elementi verranno prelevati direttamente da un operatore e riguardano: alberi motore, scocche, assi, ventilatori ed altri elementi pesanti. Si ricorda inoltre che i pianali e le plance di tavolo e modulo sono elementi molto pesanti che non vengono stoccati a magazzino in quanto vengono ordinati dalla carpenteria e subiscono continue lavorazioni (aggiustamento particolari ed unione con altri pezzi, verniciatura ed essiccazione) da quando entrano fino all'arrivo in postazione, quindi per questi elementi non si prevede una gestione a Kanban.

Per quanto riguarda il primo gruppo di materiali si separano le due categorie. La prima, viteria, essendo dei componenti di larghissimo consumo anche in tutti gli altri reparti, ha una gestione in cui ogni cassetta possiede dalle 100 alle 1000 unità (a seconda della grandezza

del singolo pezzo) e riguarda nello specifico: viti, dadi, bulloni e rosette. Le cassette, come in generale l'armadio di raccolta della viteria viene preparato direttamente dal fornitore (WURTH).



Figura 44. Armadio della WURTH contenente varie tipologie di viti, dadi, bulloni e rosette.

L'armadio presenterà due cassette per ogni codice prodotto (una dietro l'altra) in modo da non dover mai arrestare la produzione per mancanza di componenti e come spiegato in precedenza, appena una termina si esegue l'ordine per farne arrivare una nuova dal magazzino. Tali armadi non sono unici per ogni postazione, ma permettono di servire più postazioni contemporaneamente e vengono evidenziati dal colore rosso dell'armadio.

La possibilità di riconoscere immediatamente la posizione di questi componenti aiuta l'ordine all'interno del reparto senza che la risorsa debba osservare tutto il magazzino a muro.

Si aggiunge che non tutti le tipologie di viteria saranno presenti su ogni armadio (troppi codici diversi) soluzione che implica l'asservimento da più zone. Nel caso specifico per il montaggio della 548 si richiedono due armadi della WURTH, con un terzo in aggiunta per completare le richieste del reparto del Vetro Piano. Oltre alla comune pratica di gestione già presente in azienda, dai numeri si ottiene che tale quantità di componenti è più che sufficiente per garantire l'asservimento dei componenti per almeno una settimana (considerando le due cassette).

Gli altri componenti più piccoli come camme, staffe, guarnizioni, tasselli, distanziali, pressostati e componentistica elettrica, invece verranno gestiti in maniera diversa. Verranno disposte delle confezioni preconfezionate in cui saranno presenti un numero di componenti necessario per produrre una macchina intera (per il numero di componenti presenti in una macchina si rimanda alla distinta base). Tutti questi componenti verranno disposti lungo il perimetro del reparto VP in modo tale da essere recuperabili da tutte le postazioni. Per

facilitare l'asservimento di tali componenti, il magazzino viene diviso a scacchiera in righe e colonne con codici alfanumerici così da velocizzare la ricerca dei materiali. Oltre a questa divisione si prevede anche una separazione tra le varie scaffalature per tipologia di componenti, ovvero: meccanici, elettrici, pneumatici e di copertura.



Figura 45. Scaffalatura con cassette per la gestione a Kanban e divisione alfanumerica.

Infine la gestione dei componenti più pesanti seguirà delle logiche diverse, come già accennato in precedenza. Tutte le parti pesanti necessarie per il montaggio dei ponti saranno disposte direttamente nel perimetro della zona loro ricavata in modo da non eseguire delle movimentazioni lunghe attraverso il reparto. In particolari tali elementi sono: gli alberi, i gruppi delle braccia terminati. Per quanto riguarda gli altri componenti pesanti saranno allocati presso le zone limitrofe del reparto su dei cantilever di grandi dimensioni (necessario anche un accesso dedicato per i muletti). In particolare questi sono: pannelli di legno, alberi, ventilatori, quadri ed altri elementi di carpenteria. Sono tutti a molteplicità 1 per la macchina, ovvero che per un prodotto sarà necessario un solo componente, ragione per cui la gestione sarà ad esaurimento.

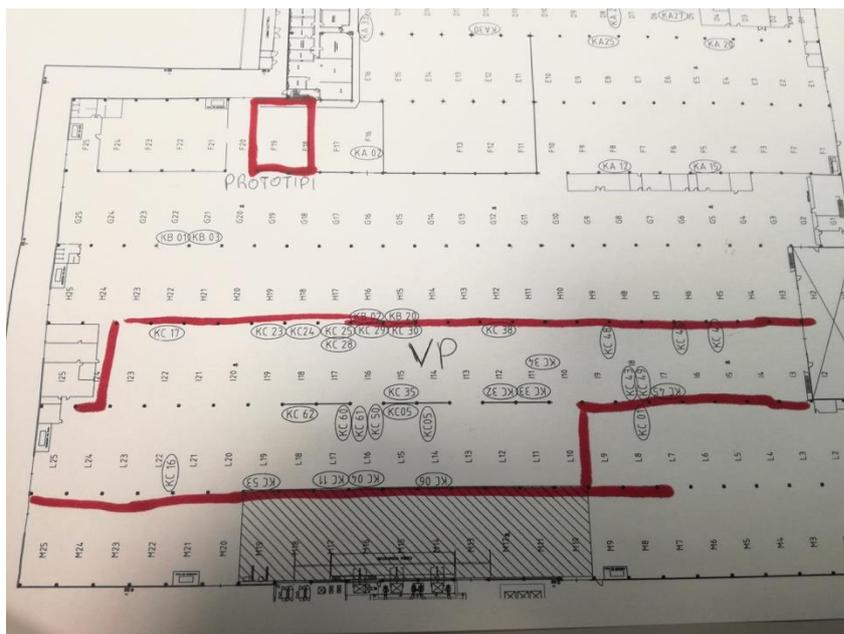


Figura 46. Schema dei reparti produttivi, la zona delimitata in rosso sarà relativa al vetro piano.

Lo schema mostrato nella figura soprastante rappresenta l'intero reparto produttivo in cui si notano le strutture dei magazzini disposti a muro attorno al Vetro Piano. Come accennato in precedenza per questioni di logistica vi è la tendenza a posizionare la maggior parte degli stoccaggi nella zona centrale del reparto (minor distanza media da tutte le postazioni di montaggio).

7 CONCLUSIONI

In conclusione si propone la migliore tipologia produttiva che emerge da questo studio tenendo conto di tutte le problematiche e varianti che possano essere applicate nella realizzazione del layout dell'impianto.

Per quanto riguarda la posizione dei tavoli e dei moduli, come osservato nel capitolo 5, si ritengono utili e realizzabili in termini di organizzazione del lavoro e per logistica all'interno del reparto quelle presentate nelle figure 39 e 45. In queste si prevedono 3 o 4 postazioni per entrambe le parti della macchina con delle distanze di sicurezza leggermente maggiorate rispetto alle norme previste. La gestione dei materiali è univoca in quanto la loro posizione, oltre che confermata dalla pratica comune di lavoro, risulta già ottimale e non variabili per questioni di spazio limitato e da dedicare agli altri prodotti offerti dall'azienda. Si può intervenire sui componenti più piccoli tramite la gestione a Kanban che ne determina il grado di rifornimento alle postazioni a seconda della produzione scelta (maggiore ricambio se si scegliesse la seconda tipologia). Quindi la loro posizione verrà concentrata nei magazzini vicini alla 548, che avrà la precedenza rispetto ai macchinari più vecchi, essendo un nuovo modello.

Invece per le tipologie produttive si prende come migliore la prima proposta. I motivi di tale scelta ricadono su vari fattori:

- La produzione totale richiesta viene soddisfatta (78 prodotti sugli 80 richiesti);
- Occupa il minor spazio tra le altre tipologie, avendo meno postazioni, permettendo di dedicare più energie agli altri prodotti;
- Meno risorse da destinare alla 548 con un carico di lavoro comunque ben distribuito tra le risorse.
- Riduzione del rischio di trovarsi con delle macchine pronte ma ferme nel reparto di montaggio, che implicherebbe di ricavare altre zone per lo stoccaggio con conseguente aumento di spazio non produttivo.
- La gestione a Kanban subirebbe delle variazioni non solo per la 548 ma anche per le altre macchine da montare.

Bibliografia

- Lean Thinking, James Womack e Daniel Jones, 1997.
- The Machine that Changed the world, James Womack e Daniel Jones, 1990.
- Lo spirito Toyota. Il modello giapponese della qualità totale. E il suo prezzo, Ohno Taiichi, 2004.
- Moliterni M., 2007, Applicazione dei principi di Lean Production alla gestione del flusso di materiali in Pentair Water Italy, Tesi di laurea magistrale, Università di Pisa, Pisa, Italia.
- Comis A., 2012, Progetto per la creazione di istruzioni e procedure per il controllo in linea della qualità in ottica lean. Il caso API Applicazioni Plastiche Industriali SpA, Tesi laurea magistrale, Università degli Studi di Padova, Padova, Italia.
- Consultazioni aggiuntive:
- <https://jetop.com/2018/03/14/sette-muda/>
- <https://www.organizzazioneaziendale.net/lean-production>
- <http://www.mfconsultinglean.it/pages/mentalit%C3%A0-kaizen--136.asp>
- <https://www.tesionline.it/appunto/Differenze-tra-produzione-di-massa-e-produzione-snella-della-giapponese-Toyota/78/3>
- <http://www.microcae.com/Lean-stampaggio.htm>
- <http://www.ilmuleanodelcambiamento.it/toyota-production-system-tps/>
- <https://it.wikipedia.org>