

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Analisi e riorganizzazione di layout in ottica Lean Manufacturing di uno stabilimento di convertitori ausiliari per il settore ferroviario. Il caso ABB Spa.

Relatrice

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Co-relatore

Alessandro Bruno

Candidato

Alex D'Urso

Anno Accademico 2020/2021

Indice

Introduzione	7
1. Lean Production e Layout di Stabilimento.....	10
1.1 Il Lean Thinking.....	10
1.2 Storia della filosofia Lean e del Toyota Production System	11
1.3 I Principi del Lean Thinking	12
1.4 La casa della Lean	14
1.4.1 I 7 “muda” (più uno)	15
1.4.2 Just In Time	17
1.4.3 Jidoka	18
1.4.4 Miglioramento continuo - Kaizen	18
1.4.5 Standardizzazione	19
1.5 Dopo i concetti: gli strumenti della Lean Production	19
1.5.1 5S	19
1.5.2 Value Stream Map	21
1.5.3 Spaghetti Chart	23
1.5.4 5 Whys	24
1.5.5 Il ciclo di Deming.....	24
1.5.6 Visual Management.....	25
1.6 Il Layout di stabilimento	26
1.6.1 Definizione di Layout	26
1.6.2 Le cinque tipologie di layout.....	27
2. Storia di ABB e prodotti realizzati a Genova.....	34
2.1 Storia e organizzazione di ABB	34
2.1.1 Introduzione e pietre miliari.....	34
2.1.2 Organizzazione aziendale	35
2.2 Storia del sito di Genova e della divisione Traction nella città.....	37
2.3 I prodotti assemblati a Genova	39
2.3.1 I convertitori ausiliari – BORDLINE M	39
2.3.2 Caricabatterie – BORDLINE BC.....	42
2.4 I principali fornitori.....	42
3. Studio del layout di stabilimento “AS IS”	44
3.1 Descrizione del layout attuale	44
3.2 Descrizione del flusso produttivo	49
3.2.1 Preparazione della produzione.....	49

3.2.2 Assemblaggio del convertitore	49
3.2.3 Fase di collaudo e di chiusura	50
3.2.4 Flow Chart.....	51
3.3 Spaghetti Chart flussi attuali	52
3.3.1 Arrivo del materiale e set-up.....	52
3.3.2 Fase di assemblaggio	53
3.3.3 Collaudo e fase di chiusura del convertitore	54
3.3.4 Analisi degli Spaghetti Chart.....	55
3.4 Analisi del valore attuale – Value Stream Map	57
3.5 Principali “muda”	59
3.5.1 Movimentazione.....	59
3.5.2 Sovraproduzione.....	60
3.5.3 Attesa.....	61
3.5.4 Magazzino.....	62
3.5.5 Difetti	64
4. Layout di stabilimento “TO BE”	66
4.1 Descrizione della nuova planimetria	66
4.1.1 Piano terra	66
4.1.2. Piano primo	71
4.2 Analisi del nuovo flusso produttivo	74
4.2.1 Preparazione della produzione.....	74
4.2.2 Assemblaggio del convertitore	74
4.2.3 Fase di collaudo e di chiusura.....	75
4.2.4 Flow Chart.....	76
4.3 Spaghetti Chart.....	77
4.3.1 Arrivo del materiale e set-up.....	77
4.3.2 Assemblaggio dei prodotti intermedi e del convertitore	78
4.3.3 Fase di collaudo e di chiusura	79
4.3.4 Analisi	80
4.4 Analisi del valore futuro – Value Stream Map.....	82
4.5 Soluzioni per i “muda”	84
4.5.1 Movimentazione.....	84
4.5.2 Sovraproduzione.....	85
4.5.3 Attesa.....	86
4.5.4 Magazzino.....	87
4.5.5 Difetti	88

4.6 Implementazione di altri aspetti Lean.....	89
4.6.1 Progetto di Continuous Improvement.....	90
4.6.2 5S	92
4.7 Sintesi delle novità proposte e delle problematiche affrontate	94
5. Conclusioni	95
5.1 Benefici del lavoro di tesi	95
5.2 Limitazioni del lavoro di tesi.....	96
5.3 Passi futuri	97
Bibliografia.....	99
Sitografia.....	102

Introduzione

Una corretta organizzazione è il perno sul quale si poggia un'azienda dinamica e in continua evoluzione. Tutti gli aspetti di un'impresa devono essere definiti con precisi automatismi e i suoi meccanismi "ben oliati" al fine di esprimere il massimo potenziale: dal Reparto Vendite, alla Ricerca&Sviluppo, passando per l'Ufficio Acquisti. Ovviamente, anche il reparto produttivo non è esente dalla continua ricerca di quei meccanismi. Ed è allora che entrano prepotentemente in gioco la Lean Manufacturing e il Layout di stabilimento, i quali permettono di indirizzare correttamente i flussi operativi e dare l'organizzazione necessario a un efficiente funzionamento. Avere un layout di fabbrica ben centrato rispetto alle proprie esigenze permette di ottenere un corretto posizionamento spaziale delle varie fasi del flusso produttivo, necessario per semplificarlo e renderlo più coerente con gli obiettivi aziendali da raggiungere. In cooperazione con esso, l'adozione della cultura "snella" introdotta nel secondo dopoguerra dalla casa automobilistica giapponese Toyota permette di potenziare al massimo le prestazioni che la linea produttiva può raggiungere: l'eliminazione degli sprechi, l'identificazione del valore e il corretto tempismo del flusso produttivo sono tra i principali generatori di miglioramento per un'azienda. Si può, quindi, definire come condizione necessaria per il mantenimento della competitività produttiva.

Il presente lavoro di tesi è stato svolto presso la sede di Genova Sestri Ponente di ABB S.p.A., multinazionale svizzero-svedese del settore elettrico e dell'automazione. In particolare, è stato eseguito per la divisione Traction, la quale si occupa dello sviluppo, dell'assemblaggio e del collaudo di convertitori ausiliari per il settore ferroviario. La crescente domanda di questa tipologia di prodotti, spinta dai notevoli investimenti che molti governi e amministrazioni locali di tutto il mondo stanno facendo nell'ottica della mobilità sostenibile, ha reso necessario un ampliamento dell'attività produttiva con conseguente opera di re-layout al fine di ottimizzare i processi per poter soddisfare le nuove richieste del mercato.

Nel primo capitolo viene introdotta dapprima la filosofia della Lean Manufacturing: partendo dalle sue radici storiche degli anni '50 si giunge fino ai giorni nostri, mostrando quali sono i concetti teorici alla base di questa cultura industriale. Si passa quindi alla descrizione della "Casa della Lean" e delle parti che la compongono: tecniche di analisi come le 5S e il Value Stream Map vengono spiegate nella parte centrale del capitolo. Capitolo che si conclude con la definizione del Layout, cosa si intenda con questo termine e quali siano le diverse tipologie attualmente adottate.

Il secondo capitolo presenta la storia di ABB, dalla fondazione delle due anime svizzera e svedese che si sono poi fuse negli anni '80, all'attuale organizzazione della multinazionale in Business Area e Divisioni. Si prosegue, quindi, con la storia di ABB nel capoluogo ligure e con le fasi storiche che hanno contraddistinto il business dei convertitori, punto di partenza fondamentale per l'analisi delle origini dell'attuale layout. Nel corso del capitolo vengono quindi descritti i prodotti e i loro componenti, concludendo con i principali fornitori.

Nel terzo capitolo viene rappresentata la situazione di partenza della tesi: dalla disposizione sui due piani dell'area delle Operations al flusso produttivo, con l'analisi degli spostamenti degli operatori tramite l'utilizzo dello Spaghetti Chart. Vengono inoltre utilizzate la Value Stream Map (VSM) per identificare i flussi produttivi ed informativi e la tecnica dei 5 Perché per risalire alla reale causa dei principali "muda" riscontrati in via preliminare originati da un layout non ottimale.

Il quarto capitolo è quello della presentazione del progetto oggetto dell'elaborato. Ricalcando la struttura del capitolo precedente vengono spiegate le modifiche apportate alla disposizione delle varie aree, quindi le motivazioni e i potenziali benefici tramite la nuova VSM e lo Spaghetti Chart della situazione TO BE dopo l'implementazione delle modifiche. Viene quindi evidenziato come gli sprechi descritti in precedenza possano trovare giovamento dall'introduzione del nuovo layout e di alcune tecniche proprie della Lean Manufacturing come, ad esempio, le 5S. Il capitolo si conclude con la breve descrizione di un progetto di Continuous Improvement portato avanti in parallelo a quello principale sviluppato nella tesi e alla reintroduzione delle 5S nel reparto operativo.

Il quinto e ultimo capitolo è quello delle considerazioni finali, dei benefici che si attendono da questo lavoro. Sono trattate anche le limitazioni di applicazione della tesi in altri contesti e ulteriori spunti di miglioramento che possono essere introdotti dell'azienda a conclusione dell'implementazione dei passaggi chiave.

Il progetto qui descritto è, nel momento in cui viene completato il presente elaborato di tesi, ancora in corso. Ditte specializzate stanno effettuando i lavori necessari all'adeguamento delle varie aree ai criteri studiati per il miglioramento del layout della Produzione.

I principali risultati attesi sono una migliore gestione del processo produttivo unitamente ad una concreta riduzione degli sprechi e delle inefficienze del processo stesso: la diminuzione delle movimentazioni, l'eliminazione di magazzini di prodotti intermedi e un minor numero di

difettosità. Inoltre, questi aspetti, unitamente al discreto ampliamento dell'area produttiva e alla rivoluzione del layout, intendono soddisfare il crescente volume atteso nei prossimi anni.

1. Lean Production e Layout di Stabilimento

In questo primo capitolo verranno riassunti i principali concetti e le più importanti tecniche della Lean Production e della teoria del Layout di fabbrica. Questa filosofia affonda le sue radici nella metodologia di produzione che fu implementata dalla Toyota negli anni '50. Nella prima parte del capitolo vi sarà una introduzione alla “Produzione Snella” e al Lean Thinking e una breve storia dagli inizi fino al giorno d'oggi. La seconda parte della trattazione consisterà nell'analisi della cosiddetta “casa del Toyota Production System (TPS)” con approfondimenti sui vari argomenti come il Just In Time e il miglioramento continuo. Quindi, si definiranno gli strumenti di analisi del flusso produttivo e della creazione di valore adottate da questo metodo. Nell'ultima parte, partendo dalla definizione di Layout, si giunge alla classificazione delle varie tipologie con un'analisi sui loro pregi e difetti.

1.1 Il Lean Thinking

L'essenza stessa di della filosofia Lean è racchiusa all'interno del nome: Lean, ovvero snello. La capacità di semplificare ogni parte del processo produttivo e non solo è il punto di partenza di questo pensiero. Significa quindi cercare la massima efficienza nella gestione di tutti i vari aspetti allo scopo di aumentare la capacità produttiva diminuendo l'uso di risorse umani e materiali. Per applicare tutto ciò è essenziale la ricerca di ogni tipologia di spreco e la sua successiva eliminazione al fine di tendere alla standardizzazione, con conseguente diminuzione di costi e di tempo utilizzato i vari step produttivi (Chaudhar & Raut, 2017).

Altro punto cardine del pensiero snello è il consumatore finale, il cliente. Nell'analizzare qualunque tipo di processo produttivo in qualunque area industriale, la domanda che ci si deve porre è: “cosa genera valore per il cliente?”. È necessario mettere al centro del proprio business il cliente: tutte le fasi che non generano un valore aggiunto per esso devono essere analizzate, riviste e nel caso modificate o eliminate poiché il consumatore non è disposto a pagare per esso. Bisogna quindi immedesimarsi durante l'analisi del flusso sia informativo che produttivo nelle aspettative del cliente. Inoltre, il dialogo costante con esso aiuta a comprendere al meglio il suo fabbisogno andando quindi a trasportarlo nella propria organizzazione.

Vi è un secondo aspetto culturale molto importante per questa filosofia. Essa è una metodologia che si basa su una organizzazione collaborativa in cui ogni persona all'interno dell'azienda deve essere coinvolta e responsabilizzata affinché individui eventuali zone in cui si possono effettuare upgrade: da qui deve partire il miglioramento continuo che è alla base del Lean production.

Si può riassumere questa metodologia come una cultura che una volta implementata nell'azienda porta ad evitare sprechi, diminuire le attività non a valore aggiunto e produrre di più con minori costi e con minori sprechi di tempo, andando sempre a ricercare un miglioramento costante che tenda alla perfezione (Worley & Doolen, 2015).

1.2 Storia della filosofia Lean e del Toyota Production System

James P. Womack e Daniel T. Jones pubblicarono nel 1990 il libro dal titolo “La macchina che ha cambiato il mondo”. Questi due studiosi misero nero su bianco, teorizzandole, le differenze tra il modello produttivo della Toyota e i costruttori di automobili occidentali (Womack & Jones, 1990). Per trovare i principi ispiratori del Lean Thinking bisogna risalire all'origine del Toyota production system (Liker, 2014). Precedentemente nel 1988 era stato John Krafcik a coniare il termine “Lean Production System” (Krafcik, 1988).

All'inizio degli anni '50, nei primi anni dopo la Seconda guerra mondiale Eiji Toyoda, allora presidente della casa automobilistica, con il direttore generale della produzione Taiichi Ohno visitarono lo stabilimento di Detroit della Ford. Quella era la massima espressione del sistema produttivo utilizzato fino a quel momento, la “produzione di massa”. Era stato lo stesso Henry Ford a definire brillantemente la sua metodologia con la celebre frase “Ogni cliente può ottenere un'auto colorata di qualunque colore desideri purché sia nera”. Tornati in Giappone capirono che questo sistema non si adattava al mercato giapponese in quanto la richiesta interna non era così elevata da poter garantire quelle economie di scala che avevano fatto grande il meccanismo produttivo del modello T della Ford. Oltre alle problematiche commerciali vi erano inoltre anche difficoltà tecniche, poiché quel modello richiedeva la creazione di grandi scorte di materie prime, di semilavorati e di prodotti finiti. Nel corso degli anni successivi, in particolare Taiichi Ohno sviluppò progressivamente il sistema produttivo che rivoluziona prima la Toyota e poi il mondo. In particolare, l'ingegnere giapponese si concentrò sulla flessibilità dei macchinari utilizzati e sulla capacità degli operai di svolgere più mansioni. Inoltre, essi vennero responsabilizzati andando quindi a creare in loro un senso di orgoglio e di appartenenza, caratteristiche tipiche della cultura giapponese, che diedero effetti positivi nel coinvolgimento e nelle performance. Furono quindi gli stessi addetti a suggerire diverse idee di miglioramento grazie alle quali, oltre a migliorare le condizioni di lavoro, aumentò la produzione con diminuzioni dei costi (Ohno, 1978).

La sintesi del pensiero del Toyota production system e della filosofia Lean sono rappresentate dalla cosiddetta “Casa della Lean” che analizzeremo nel paragrafo 1.4

1.3 I Principi del Lean Thinking

Nel loro successivo manoscritto “Lean Thinking”, pubblicato nel 1996, Womack e Jones svilupparono la loro idea del concetto di produzione snella. Per implementarla con successo nella organizzazione aziendale i due studiosi identificarono cinque principi fondamentali (Fig. 1.1) (Womack & Jones, 1996).



Fig. 1.1 I 5 principi del Lean Thinking [1]

Value

Comporta l'identificazione del valore tramite l'immedesimazione nelle richieste del cliente. Solo le attività che producono valore per il consumatore finale hanno ragione di esistere. Tutte le attività non strettamente necessarie a questo scopo o al conseguimento di obiettivi obbligatori (es. Attività legate all'adempimento di normative e di leggi, al conseguimento di certificazioni) sono identificate come “muda”, termine giapponese che significa “spreco”. Il cliente è sempre posto al centro e con esso vanno identificate le esigenze e le caratteristiche che si aspetta dal prodotto. Tutto ciò al fine di una corretta identificazione di tutti gli step necessari alla creazione del valore. Una volta individuati, è necessario standardizzare i processi al fine di abbattere i costi pur cercando di mantenere una varietà del prodotto per intercettare il maggior numero di clienti

Value Stream

Analizzare il flusso del valore è un procedimento essenziale per evidenziare eventuali sprechi (Rother & Shook, 1998). Tutti gli step del processo devono essere inseriti in quest'analisi, dall'entrata delle materie prime alla spedizione del prodotto finito. La tecnica universalmente più utilizzata è quella della Value Stream Map (VSM) che analizzeremo nel paragrafo 1.5.2 in maniera approfondita. Le varie attività vengono quindi inserite in tre diverse categorie:

- *Value add*: sono le attività che creano valore come la trasformazione della materia prima o l'assemblaggio di due componenti. Sono queste per le quali il cliente è disposto a pagare.
- *Business non-value add*: Sono necessarie per la produzione e la vendita ma non creano valore. Di conseguenza non sono eliminabili dal processo poiché sono richieste per esempio dalle normative vigenti.
- *Non-value add*: sono gli sprechi. Tutte quelle attività che non sono necessarie virgola non producono valore, possono essere eliminate attraverso progetti di miglioramento continuo e di ridefinizione del processo. Sono le attività che il pensiero lean cerca di combattere.

Flow

Punto fondamentale di questo principio è il corretto scorrimento delle attività identificate come quelle a valore aggiunto. In quest'ottica quindi è fondamentale creare un flusso costante che non deve interrompersi andando quindi ad opporsi al metodo tradizionale di lottizzare la produzione. Significa tracciare e realizzare ininterrottamente l'attività dall'inizio alla fine. L'eliminazione dei tempi morti caratteristici della produzione a lotti rappresenta, nell'idea della Lean Production, un evidente risparmio. La produzione si deve concentrare sul prodotto, il quale deve essere ininterrottamente lavorato dal suo ingresso nel flusso fino alla sua uscita.

Pull

Si contrappone alla classica logica produttiva Push, la quale prevedeva la "spinta" da monte dell'inizio produzione seguendo i dati derivati da previsioni di mercato. Questo principio ha come focus la consegna del prodotto finito al cliente nel momento da lui richiesto. È chiaro che in quest'ottica si ribalta l'interruttore che fa scattare l'inizio della produzione; inoltre, l'adozione di questa metodologia permette di evitare la creazione di scorte eccessive. È applicabile anche all'interno dello stesso procedimento produttivo: non sono gli step precedenti che effettuano le loro lavorazioni per poi spingerle nelle stazioni successive, ma sono quest'ultime ad indicare ai loro

fornitori quando devono far trovare pronte i successivi semilavorati in modo da dare continuità al flusso. Se tale continuità non avviene, si può identificare un eventuale spreco (Hopp & Spearman, 2004).

Perfection

L'azienda deve tendere alla perfezione del processo produttivo con la sola presenza delle attività a valore aggiunto, eliminando ogni tipologia di “muda”. Per il raggiungimento di questo utopico obiettivo è necessario l'applicazione del “kaizen”, ovvero il miglioramento continuo che deve essere implementato e successivamente mantenuto nel tempo al fine di adattarsi sempre di più alle costanti nuove richieste del mercato.

1.4 La casa della Lean

La “Casa della Lean” o anche “Casa del TPS” (Fig. 1.2) è uno schema tanto semplice quanto efficace per rappresentare i concetti del Lean Thinking e dai quali si deve partire per implementare il pensiero snello nel proprio processo produttivo. Come per ogni edificio, alla base di esso ci sono le fondamenta, ovvero i concetti fondamentali per la costruzione della casa sopra di esso. Il miglioramento continuo, la standardizzazione sono le basi sul quale è edificata la metodologia Lean (Höök & Stehn, 2008).

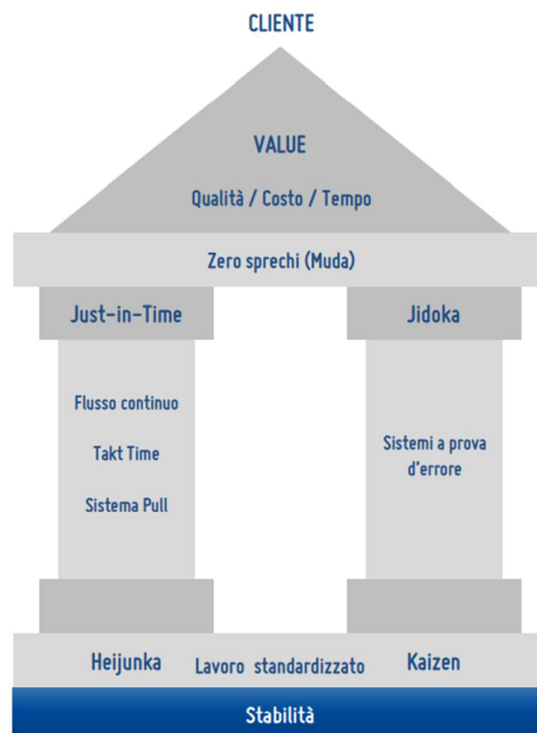


Fig. 1.2 La “Casa della Lean” o “Casa del TPS” [2]

Le colonne portanti sono due aspetti fondamentali del Toyota Production System: il Just In Time, che si fa scrigno dei principi di Pull e di flusso continuo, e il Jidoka, il quale prevede il cosiddetto “poke yoka” ovvero processi a prova di errore. Il tetto è formato dal valore in termini di costi, sicurezza e qualità; esso è poggiato sull’assenza di sprechi, il concetto fondamentale della Lean Manufacturing. Nei prossimi paragrafi verranno analizzate queste componenti della casa.

1.4.1 I 7 “muda” (più uno)

Gli sprechi identificati da Taiichi Ohno sono sette e riguardano diversi aspetti del processo produttivo. Come già detto, la loro identificazione e successiva eliminazione è probabilmente l'aspetto principale del TPS. La loro suddivisione mira a venire in aiuto a tutti gli addetti al fine di una più semplice e immediata presa di coscienza del problema (Duffy & Wong, 2013) (Pereira, 2009).

- **Sovraproduzione:** questo “waste” si genera quando la produzione non segue la domanda dei clienti utilizzando l’ottica Pull. Vengono così create grandi scorte di prodotti finiti che rappresentano un enorme spreco di risorse immobilizzate, le quali non generano un ritorno economico. Inoltre, lo stoccaggio dei prodotti finiti può avere costi di magazzino molto alti per l’azienda e un eccesso di offerta potrebbe costringere, nel medio periodo, ad un abbassamento dei prezzi o a una diminuzione della produzione per smaltirli. Un problema aggiuntivo può essere rappresentato dall’utilizzo errato di risorse umane che vengono impiegate per prodotti non necessari. È il primo spreco ad essere citato poiché è il più dannoso sia per gli effetti diretti sia poiché porta spesso ad altri “muda”.
- **Attese:** si verifica quando una risorsa umana o un’attrezzatura non svolgono alcun tipo di attività. Le cause possono essere diverse come il ritardo negli step di lavorazione precedenti oppure il fermo macchina a causa di un guasto. Di conseguenza si sostiene un costo senza che il lavoratore o il macchinario aggiunga valore trasformando il prodotto.
- **Trasporto:** è inteso come lo spostamento non necessario di materie prime, semilavorati o prodotti finiti. Il trasferimento da un reparto ad un altro per proseguire nella lavorazione deve essere il minore possibile poiché si tratta di tempi morti agli occhi del cliente, il quale non è disposto a pagarli. Non sono del tutto eliminabili ma bisogna tendere alla loro minimizzazione. Oltre all’interruzione del flusso, ogni trasporto è un pericolo che si corre: il prodotto può essere danneggiato o smarrito.
- **Movimentazione:** simile allo spreco precedente, esso è però riferito allo spostamento non necessario dell’addetto o del macchinario necessario per la lavorazione. Ogni istante che un

dipendente trascorre muovendosi da una zona all'altra dell'area di lavoro è un costo per l'azienda. Essa stessa è spesso la causa di questo “muda”, in quanto fornisce all'operatore una zona di lavoro con un layout inadatta per la massima riduzione dei suoi spostamenti. Lo studio del flusso di lavoro delle singole isole è fondamentale al fine di settare l'area nella maniera più efficiente per l'addetto. Anche questo spreco non si può eliminare ma bisogna tendere a farlo diminuire.

- **Processi incorretti:** si ha quando vengono eseguiti più lavorazioni del necessario, quando questi non vengono eseguiti nel modo corretto o quando vengono aggiunte caratteristiche non richieste dal cliente. Le cause quindi possono risalire a diverse funzioni dell'azienda: dall'ingegneria, che non ha ottimizzato la lavorazione del prodotto, al reparto commerciale, il quale potrebbe non avere ben definito quali siano le richieste del mercato. Gli effetti sono eventuali costi aggiuntivi sostenuti che non trovano riscontro nella volontà del cliente o necessità di rilavorazioni in caso di mancanza di qualità.
- **Scorte:** pur garantendo la sicurezza della continuità del lavoro e la gestione delle diverse varietà di prodotto, la creazione di riserve di magazzino eccessive creano capitali immobilizzati all'interno del processo produttivo. Inoltre, nascondono altri eventuali problemi come, ad esempio, la non fiducia nella regolarità delle consegne di un fornitore.
- **Difetti:** probabilmente si tratta dello spreco più evidente e riconoscibile. Prodotti con difettosità che li rendono non conformi alle richieste dei consumatori devono necessariamente essere rilavorati oppure scarti con conseguente abbassamento del margine di guadagno.

Durante il periodo all'interno della azienda presso la quale è svolto questo progetto di tesi, è stata fornita una formazione al fine di conseguire la certificazione Yellow Belt del Lean 6 Sigma nella quale è stata posta particolare attenzione ad un ottavo spreco:

- **Intelletto:** si tratta di un “muda” non teorizzato da Taiichi Ohno ma introdotto più recentemente all'interno di alcune imprese. Consiste nell'utilizzare personale con profili più elevati per effettuare delle attività nei quali risulterebbero sufficienti addetti con qualifiche minori. Ciò comporta non utilizzare efficacemente le risorse umane dell'azienda: il loro tempo non viene sfruttato al meglio, facendo sottoperformare l'azienda la quale potrebbe garantirsi un maggiore sviluppo assegnando ad ogni ruolo il corretto livello di competenze (Pereira, 2009).

Non tutti gli sprechi (Fig. 1.3) sono totalmente eliminabili; tuttavia le attività di miglioramento continuo portano l'azienda ad una costante diminuzione di essi alla ricerca di una perfezione a cui si deve tendere.



Fig. 1.3 Gli otto sprechi della Lean Production [3]

1.4.2 Just In Time

Il primo dei due pilastri del Toyota Production System è un'innovazione nel concetto delle tempistiche di produzione di cui fu padre Taiichi Ohno. In questo nuovo metodo si ribalta la logica produttiva fino a quel momento utilizzata: da Push a Pull. È il mercato che stabilendo la domanda, stabilisce a sua volta l'offerta poiché è solo in quel momento che il prodotto deve essere disponibile ai clienti. In questo contesto di "al momento giusto" non sono le fasi a monte a dettare i tempi ma quelle a valle. Tutto ciò contribuisce a diminuire diversi sprechi tra quelli elencati nel paragrafo precedente, in particolare quelli delle attese, del magazzino e della temibile sovrapproduzione.

Per perfezionare il Just In Time è stato altresì concepita la filosofia di One-Piece-Flow. Cardine di questo concetto è la produzione di un pezzo alla volta dall'inizio alla fine senza interrompere mai il flusso. Questo permette di non creare scorte di prodotti semilavorati e di poter cambiare modello per ogni nuovo pezzo, evitando quindi anche il formarsi di lotti numerosi dello stesso prodotto finale. Il set-up della linea deve essere rapido e di facile praticabilità per far risultare efficace questo metodo. In aggiunta, l'One-Piece-Flow previene la propagazione di errori sistematici: se un prodotto risulta difettoso si può immediatamente interrompere la produzione per sistemare la problematica

senza che nel frattempo si sia prodotti ulteriori elementi non conformi che dovrebbero essere rilavorati o eliminati.

1.4.3 Jidoka

Dal giapponese “automazione con un tocco umano” o anche in senso lato “automazione intelligente”, ha all’interno stesso del nome i suoi due aspetti fondanti. Da un lato, i macchinari devono saper riconoscere le anomalie in maniera autonoma, bloccando immediatamente la produzione o allertando un operatore il quale deve mobilitarsi per controllare l’effettiva correttezza della segnalazione da parte del sistema (Romero & al.,2019). Dall’altro deve essere mantenuta una costante formazione degli addetti i quali devono venire addestrati a riconoscere ed intervenire tempestivamente, controllando a campione che non vi siano mancate segnalazione da parte della macchina. Questo secondo pilastro della casa della Lean, permette inoltre ad un operatore di controllare contemporaneamente più fasi del processo o di dedicarsi ad altre attività a maggiore valore. Il Jidoka ha quindi lo scopo ultimo di diminuire “muda” come i processi non conformi o la presenza di difetti che possono risultare molto dispendiosi per l’azienda.

Inoltre, all’interno della colonna portante del Jidoka, si può inserire la tecnica del “Poke Yoka”. Tradotto in “a prova di errore” è un concetto che insiste nell’introduzione di passaggi e soluzioni in cui non vi può essere alcun tipo di errore umano. Con questo metodo nessun operatore può commettere errori anche di distrazione poiché il processo stesso è ideato affinché non possano essere commessi.

1.4.4 Miglioramento continuo - Kaizen

La parola giapponese “Kaizen” è composta da due termini: “kai” che significa cambiamento e “zen” il cui significato principale è buono o migliore. Di conseguenza, letteralmente “kaizen” vuol dire “cambiare in meglio” ed è stata in seguito adottata la traduzione di “miglioramento continuo”. Il miglioramento continuo, come il concetto di Lean Production, deve coinvolgere tutti dai dirigenti fino agli operai. Ognuno con la propria sensibilità in base al ruolo può sviluppare un’idea di miglioramento che, dopo un’analisi possono essere sperimentate e poi adottate al fine di semplificare il lavoro di tutti gli addetti. Al contrario dell’innovazione che può far fare grandi passi ma necessita di maggiori risorse, tempi lunghi e avviene saltuariamente, il “kaizen” ha come obiettivo quello di individuare piccole criticità e, con interventi anche banali e che non richiedono impegni, apportare quei piccoli miglioramenti che, sommati tutti insieme, possano fare una grande

differenza. A questa metodologia giapponese viene anche in aiuto un vecchio detto dei marinai genovesi: “il poco si conta”.

1.4.5 Standardizzazione

Alla base della “Casa della Lean”, insieme al miglioramento continuo, si trova un altro concetto fondamentale per lo snellimento del processo produttivo: la standardizzazione. Creare un processo standard può sembrare banale ma non lo è affatto: all’interno di una azienda che produce molte varianti di un prodotto o diversi prodotti trovare soluzioni che si adattino il più possibile ai diversi modelli è di fondamentale importanza. L’introduzione di passaggi identici per diverse produzioni è essenziale per semplificare il lavoro degli addetti e abbattere i costi. Se uno stesso componente viene utilizzato in più modelli può essere acquistato in quantità maggiori permettendo economie di scala che possono portare benefici ai conti dell’azienda; oppure l’applicazione di uno stesso passaggio di produzione permette un più rapido apprendimento dell’operatore, il quale non deve imparare un gran numero di procedimenti.

1.5 Dopo i concetti: gli strumenti della Lean Production

Nei paragrafi precedenti ho illustrato la filosofia Lean con focus sui diversi aspetti concettuali sui quali punta l’attenzione la metodologia sviluppata dai Taichii Ohno nei suoi anni di presenza in Toyota. Questi aspetti sono ovviamente accompagnati da tecniche più o meno recenti per rendere applicativi gli insegnamenti teorici della Produzione Snella.

1.5.1 5S

La tecnica delle 5S (Fig. 1.4) è così chiamata dai 5 step che vanno effettuati i cui nomi in giapponese iniziano con la lettera S. Il fine di questi passaggi è di riorganizzare il posto di lavoro in modo che sia pulito, standardizzato e sicuro. L’eliminazione delle attrezzature superflue, di oggetto in eccesso e di una generale pulizia permette un risparmio in termini di tempo sprecato nella ricerca di materiale e un migliore qualità del lavoro per l’operatore stesso. Un posto di lavoro pulito, organizzato e sicuro è un vantaggio sia per l’azienda sia, in particolare, per il lavoratore. Questo porta a un ulteriore aumento della produttività (Dennis & Shook, 2007).



Fig. 1.4 Gli step delle 5S [4]

Per arrivare a questo obiettivo è necessario seguire i seguenti passaggi:

- *Seiri (Separare)*: in questa prima fase è necessario distinguere gli strumenti e gli oggetti che vengono utilizzati da quelli che sono in eccesso. L'essere umano ha una naturale tendenza all'accumulo, poiché se dovesse in futuro riutilizzare un oggetto lo avrebbe a portata di mano, ritenendo così erroneamente di fare meno fatica. Il continuo accumulo porta ad un inevitabile disordine. Per sistemarlo la tecnica più utilizzata è quella del "cartellino rosso": consiste nel contrassegnare gli oggetti che non vengono più utilizzati o solo in rari casi con appunto un cartellino rosso. Questa fase deve essere svolta da ogni addetto responsabile della propria zona. In seguito, vengono spostati momentaneamente in una cosiddetta "red tag area" e quindi presa una decisione su uno spostamento in magazzino o all'eventuale dismissione.
- *Seiton (Sistemare)*: gli oggetti ritenuti utili in precedenza vanno sistemati e organizzati per garantire un rapido utilizzo. Devono essere posti il più vicino possibile al luogo di utilizzo, su supporti che ne evidenzino la presenza e correttamente etichettati per garantire una veloce identificazione. Queste tre attività permetteranno all'operatore di non sprecare tempo alla ricerca degli strumenti. Inoltre, è necessario studiare al massimo la corretta ergonomia della postazione di lavoro al fine di assicurare minore stress e maggiore sicurezza del luogo di lavoro.
- *Seiso (Pulire)*: mantenere il luogo di lavoro pulito è utile per non nascondere eventuali criticità e rendere i lavoratori più felici. Sono quest'ultimi, incentivati dal responsabile a

dedicare una piccola parte del loro tempo, che devono assicurare la pulizia e l'ordine dei banchi e riporre l'attrezzatura comune al proprio posto.

- *Seiketsu (Standardizzare)*: l'adozione di banchi di lavori con tutti gli oggetti necessari è solo un esempio di standardizzazione che porta a un miglioramento e all'organizzazione del luogo di lavoro. Anche la creazione di procedure e cicli di pulizia standard permettono il controllo delle zone al fine di garantire un corretto e continuo ordine.
- *Shitsuke (Sostenere)*: il mantenimento delle attività elencate nei quattro punti in precedenza è fondamentale. Il personale con il tempo tende a seguire meno le procedure: è quindi compito del responsabile mantenere alta l'attenzione sulle tematiche di ordine e pulizia, responsabilizzando i singoli addetti o alcuni di loro al fine di mantenere nel tempo le buone abitudini prese nell'implementazione delle prime quattro S.

1.5.2 Value Stream Map

La Value Stream Map è lo strumento di analisi del flusso più importante della Lean Production. La sua principale funzione è quella di aiutare a mappare ed indentificare il flusso del valore, andando a soddisfare uno dei cinque principi della filosofia Lean.

Ricopre una grande importanza poiché contiene al suo interno sia il flusso del prodotto sia quello delle informazioni. Il primo è rappresentato dall'arrivo delle materie prime dalla fornitura fino alla sua consegna al cliente, passando per tutte le varie fasi in cui si è deciso di suddividere il processo produttivo. Il secondo invece mostra come le informazioni che arrivano dal cliente sono gestite e comunicate tra le diverse funzioni aziendali identificando chi comunica alla produzione e al fornitore gli input per l'inizio attività o la consegna merci.

Inoltre, vengono sempre costruite sue Value Stream Map: la Current State Map e la Future State Map. La prima fotografa la situazione attuale e ricopre un ruolo importante nell'identificazione dei diversi sprechi. Grazie a questa analisi si possono quindi effettuare misure correttive, al fine di eliminarli o mitigarli. La seconda illustra invece lo stato a tendere, quello ideale, che si pone come obiettivo alla fine delle varie attività di ottimizzazione (Gunaki, Teli & Siddiqui, 2015).

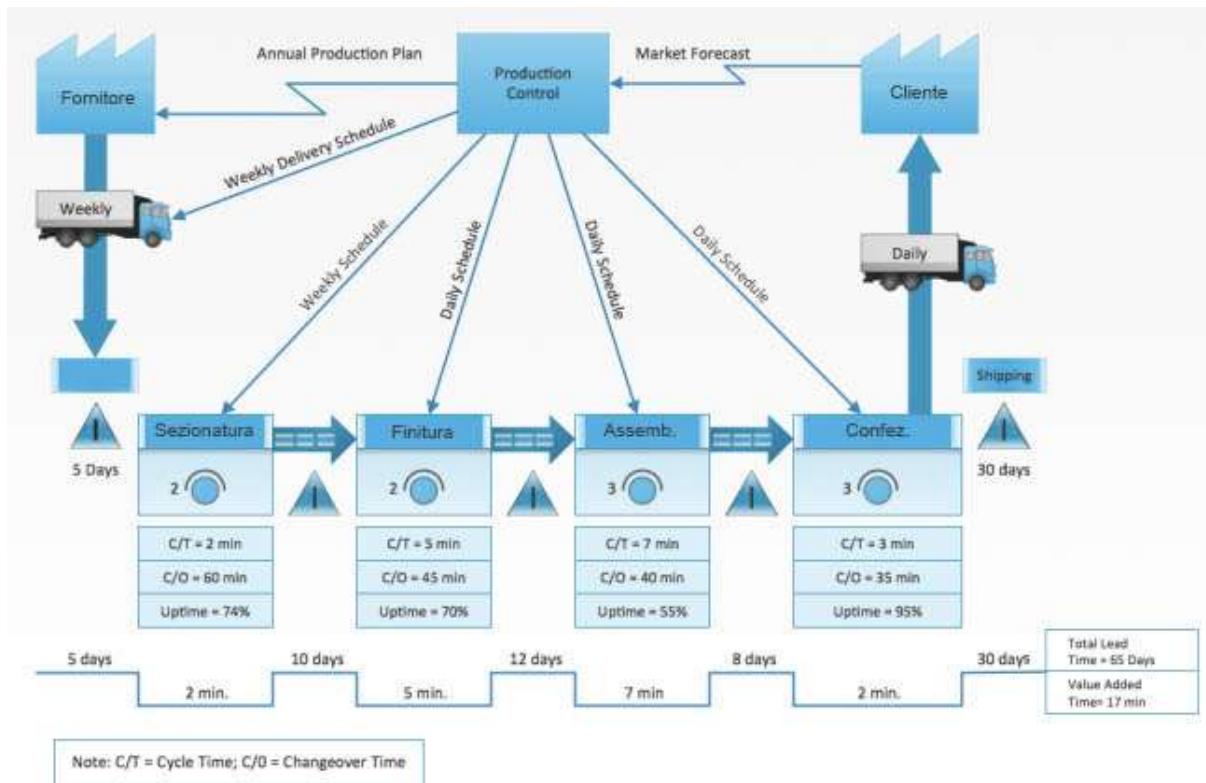


Fig. 1.5 Un esempio di Value Stream Map [5]

Come si può vedere dalla Value Stream Map (Fig. 1.5) riportato come esempio, il grafico è suddiviso idealmente in tre fasce. Nella parte alta si trova la parte del flusso informativo descritto in precedenza. Nella parte centrale si trova il flusso produttivo dove ogni step del processo è indicata da un rettangolo: all'interno di essi si possono inserire diversi dati come il Takt Time al fine di garantire una maggior visione d'insieme del ciclo. Infine, nella parte finale si trovano indicati i Lead Time di processo e i tempi che intercorrono tra le varie fasi in modo da poter calcolare il tempo di attraversamento totale e il tempo di lavorazione.

Questa mappatura dettagliata ma schematica delle fasi del processo permette al responsabile di focalizzarsi sia sulle fasi che generano valore ma soprattutto su quelle che non lo creano adottando opportune modifiche. L'utilizzo di un flusso di tipo pull o la continuità del ciclo produttivo sono elementi chiavi di un processo produttivo che vengono evidenziati dalla creazione di una Value Stream Map.

1.5.3 Spaghetti Chart

Lo Spaghetti Chart (Fig. 1.6) è realizzato per analizzare lo spostamento di persone o cose all'interno dell'area produttiva o più in generale in ogni area dell'azienda. La costruzione di questo grafico parte da una planimetria in scala reale dell'area di cui vi vuole effettuare l'analisi. Quindi si tracciano tutti gli spostamenti del personale o le movimentazioni dei materiali e si inseriscono nella mappa eventualmente di colori differenti per evidenziare i percorsi seguiti da diversi addetti. È inoltre consigliato indicare in una tabella allegata le misure degli spostamenti in modo da identificare quali incidano maggiormente. Spesso il risultato finale è una fitta rete di linee colorate che si intersecano e possono assomigliare a un piatto di spaghetti, da cui poi ha preso il nome. Una volta terminata la redazione del grafico, lo si analizza per capire quali siano i movimenti più frequenti e più dispendiose dovuti a una incorretta disposizione del layout di fabbrica (Senderská, Mareš & Václav, 2017). Lo studio deve poi proseguire nella realizzazione di una nuova disposizione delle aree e dei macchinari al fine di eliminare o ridurre questi spostamenti che fanno parte della setta muda della filosofia Lean.



Fig. 1.6 Esempio di Spaghetti Chart [6]

1.5.4 5 Whys

La metodologia dei “5 perché” è una tecnica di approfondimento molto usata e assimilata in alcuni contesti di utilizzo della Lean Production. Si basa su concetto di investigazione profonda di un qualunque avvenimento. Prende forma dall’idea che una sola domanda sia superflua e non scalfisca la superficie reale delle cause di un problema. Ha un’applicazione estremamente versatile: può essere applicata in una qualunque situazione, anche di vita quotidiana, al fine di giungere all’origine del problema. Per scavare più in profondità e giungere al vero motivo scatenante di un problema, questa tecnica si pone l’obiettivo di rispondere iterativamente per cinque volte alla semplicemente domanda “perché”. Il tutto ha il via con la frase riassuntiva della problematica in esame: una volta definita ci si chiede il perché e si cerca di rispondere. Una volta data la prima risposta ci si pone nuovamente “Perché?” e così via per un totale di cinque perché. L’ultima risposta è la più profonda e quindi considerata la radice del problema definito all’inizio. Quindi si inizia a mobilitarsi per effettuare correzione per risolverla. La tecnica è stata sviluppata da Sakichi Toyoda e Taiichi Ohno (Serrat, 2017). Uno degli esempi più famosi legati al contesto industriale è il seguente:

“Il robot ha smesso di funzionare”

1. Perché? Il circuito è andato in sovraccarico.
2. *Perché?* Non vi era una sufficiente quantità di lubrificante tra gli ingranaggi
3. *Perché?* La pompa dell’olio non riesce ad immettere in circolo abbastanza lubrificante
4. *Perché?* L’ingresso della pompa è ostruito da frammenti di metallo
5. *Perché?* Non è presente un filtro dell’olio per bloccarli

1.5.5 Il ciclo di Deming

Ideato da William Deming, il quale lo promosse nell’ambito della gestione della qualità, questa tecnica è ampiamente utilizzata nell’ambito dei progetti di miglioramento continuo e nelle loro applicazioni. Conosciuto più comunemente come ciclo “Plan-Do-Check-Act”, basa le sue fondamenta sull’esecuzione di questi quattro passaggi:

- Plan: dopo un’analisi dei punti deboli o ancora da migliorare, si pianificano le attività in maniera strategica con relative tempistiche e KPI di valutazione in seguito alla loro implementazione.
- Do: vengono adottate le misure correttivi pianificate in via sperimentale o in progetti pilota.

- Check: si analizzano i dati emersi dalla sperimentazione attraverso gli indici identificati nella fase di Plan e si effettuano sondaggi e interviste agli operatori.
- Act: in caso di esito positivo, il nuovo sistema viene esteso a tutto il processo.

Nel suo utilizzo in ambito Kaizen, questo è un ciclo senza fine: una volta raggiunti gli obiettivi settati nella prima fase e raggiunto un più elevato standard, il lavoro continua ripartendo da un nuovo Plan che porterà a un'ulteriore strategia da ideare e implementare (fig. 1.7).

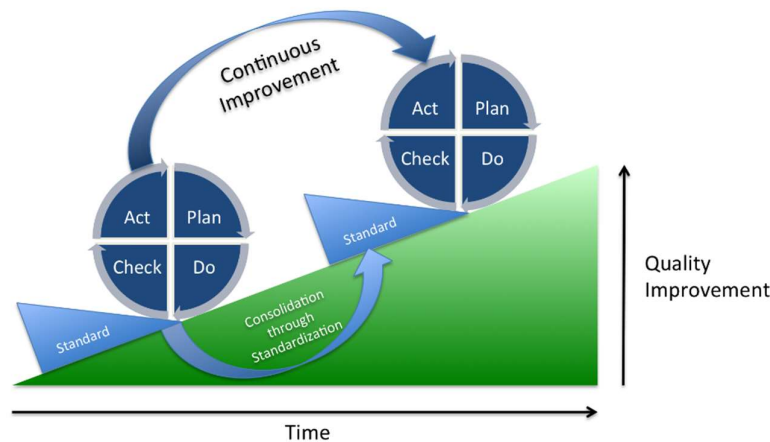


Fig. 1.7 Il ciclo di Deming applicato al Continuous Improvement [7]

1.5.6 Visual Management

Il Visual Management (fig. 1.8) è la tecnica attraverso la quale molte metodologie della Lean Production, quali ad esempio le 5S, trovano una maggiore facilità di applicazione da parte dei soggetti coinvolti. Alla sua base, vi è il trasferimento di informazione attraverso la rappresentazione grafica. Quest'ultima deve risultare di veloce e semplice comprensione fornendo un quadro completo dell'informazione fornita e, soprattutto, continuamente disponibile per la fruizione (Tezel, Koskela & Tzortzopoulos, 2009). È tuttavia importante che le bacheche nella quali vengano esposte le informazioni, siano costantemente aggiornate. Inoltre, la visualizzazione di un problema o di un'indicazione stimola ad agire per migliorare il proprio lavoro, supportando il percorso di Continuous Improvement dell'azienda.

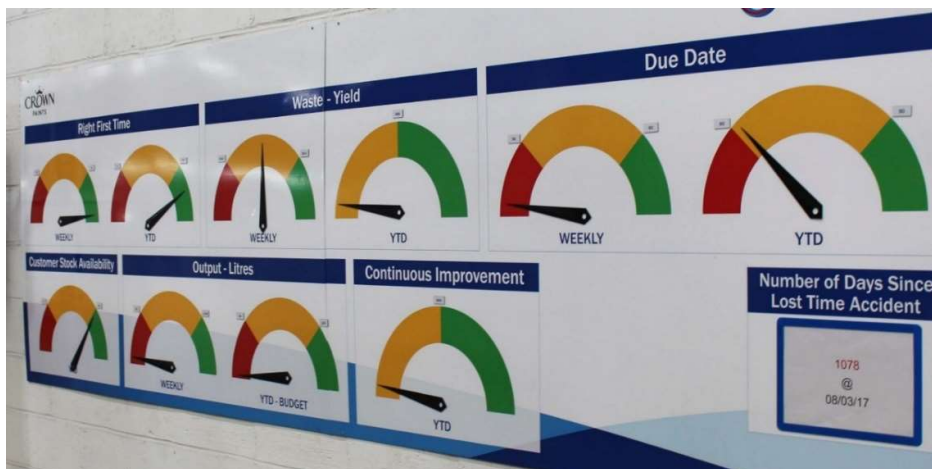


Fig. 1.8 Visual Management: un esempio reale [8]

1.6 Il Layout di stabilimento

Quest'ultimo paragrafo fornirà un'introduzione dapprima alla definizione di layout di stabilimento e, in seguito, un elenco delle cinque diverse tipologie di layout che vengono normalmente adottate negli stabilimenti produttivi di tutto il mondo, insieme alle loro principali caratteristiche e alla tipologia di produzione e di ambiente industriale per la quale meglio si adattano. Darà quindi un'introduzione alle motivazioni, spiegate nel capitolo 4, per l'adozione della tipologia di layout più adatta alla conformazione dell'edificio e della produzione, per la quale è stato svolto questo lavoro di tesi.

1.6.1 Definizione di Layout

Con il termine "layout" si intende la disposizione spaziale di tutti i reparti all'interno dell'area produttiva e dei macchinari e attrezzature all'interno dei reparti e come i materiali e altri input (come persone e informazioni) fluiscono all'interno di esso (Avai et al., 2011). Questo concetto si può studiare anche perché altre parti di un'impresa come gli uffici al fine di garantire una corretta disposizione per facilitare il lavoro.

Si rivela necessario uno studio approfondito degli spazi a disposizione, dei macchinari disponibili e dei flussi al fine di garantire lo sviluppo di un design che si riveli più funzionale alla produzione e porti benefici come la riduzione dei costi. Il primo punto da cui partire è il corretto posizionamento dei diversi reparti: è fondamentale che dipartimenti tra loro strettamente collegati sia posti nelle vicinanze gli uni dagli altri (Kikolski, 2018). Dopo questa disposizione delle macroaree, si passa ad

approfondire come in ogni area debbano essere inseriti i vari macchinari, attrezzature e soprattutto persone che ne fanno parte: questo studio sarà influenzato dalla precedente analisi dei flussi, dalla dimensione produttiva e dalla tipologia di prodotto dell'azienda. Il problema dell'ottimizzazione dei costi viene parzialmente risolto adottando nel corso dello studio uno o più criteri, come ad esempio (Lis & Santarek, 1980):

- Minimizzazione del materiale trasportato;
- Minimizzazione dei percorsi;
- Minimizzazione delle operazioni di trasporto;
- Minimizzazione degli addetti dedicati al trasporto;
- Minimizzazione delle aree da cui iniziano o finiscono i trasporti.

Occorre selezione alcuni di questi o altri criteri ma non tutti, in quanto alcuni potrebbero entrare in conflitto con altri. In conclusione, una disposizione corretta sia dei dipartimenti all'interno dello stabilimento che dei macchinari all'interno dei dipartimenti dovrebbe accorciare il ciclo produttivo, ridurre i costi di produzione o migliorare la produttività attraverso il corretto utilizzo delle risorse (Vergara & Kim, 2009)

1.6.2 Le cinque tipologie di layout

Comunemente vengono identificati cinque layout caratteristici, i quali vengono selezionati a seconda del volume produttivo, del tipo di prodotto e al mix. In base, dunque, a questo tre principali input che verta la scelta preliminare sul modello di layout da seguire. Verranno ora esaminate in dettaglio le tipologie di layout:

- A posizione fissa
- Per processo o funzionale
- A celle
- Per prodotto
- Ibridi

Layout a posizione fissa

Il tipo di layout (Fig. 1.9) più particolare di tutti poiché il prodotto da assemblare è statico e ferma nella stessa posizione. È tutto il resto dai macchinari e le attrezzature fino alle componenti, passando per gli operatori che si muovono verso di esso (Brandon-Jones, 2015). Alcune applicazioni di questo layout:

- Costruzione di infrastrutture;
- Costruzione di grandi mezzi di trasporto come aerei, navi e treni.

Come si evince da queste categorie le principali motivazioni sono l'eccessiva grandezza del prodotto o la sua intrinseca staticità.

Nel layout a posizione fissa si possono identificare le seguenti caratteristiche:

- Possibilità di un elevato mix e di eccellente flessibilità di prodotto
- Costi unitari alti per il gran numero di trasporti di materiali e persone
- Complicata organizzazione degli spazi per l'alternanza delle fasi costruttive
- Possibile impiego di operatori specializzati per ogni singola fase

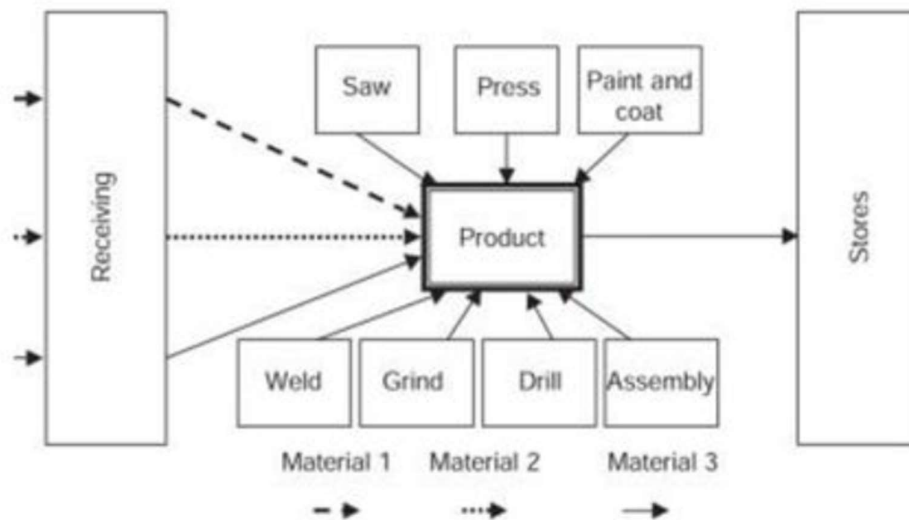


Fig. 1.9 Rappresentazione grafica di un layout a posizione fissa [9]

Layout per processo o funzionale

Questo layout è caratterizzato da una divisione in aree distinte di macchinari che effettuano le stesse tipologie di lavorazione o abbiano affinità tecniche. Vi sono dunque operatori specializzati nei singoli reparti e i prodotti vengono movimentati da un reparto a un altro. Questa tipologia di layout (Fig. 1.10) è visibile, ad esempio, in molte fabbriche di lavorazioni meccaniche, dove si possono trovare reparti di piegatura, tornitura, taglio, verniciatura nelle quali sono racchiusi tutte le macchine e le attrezzature necessari a quella determinata fase del processo (Bennett, 2015).

I principali punti chiave a sfavore di questa disposizione sono:

- Movimentazioni molto elevate in quanto ogni pezzo deve compiere tragitti da una zona all'altra della fabbrica che possono essere lunghi
- Utilizzo di lotti per raggruppare i prodotti con le stesse lavorazioni
- Creazione di magazzini di prodotti intermedi
- Gestione complessa della produzione in quanto ogni prodotto o modello può avere ciclo produttivo con fasi molto diverse sia in termini di sequenza che di tempistiche

Tuttavia, le caratteristiche favorevoli riguardano:

- Specializzazione degli addetti
- Flessibilità produttiva
- Corretto numero di macchinari per una determinata lavorazione
- Facilità di back-up in caso di guasto
- Corretto utilizzo delle risorse umane numericamente
- Bassa percentuale di tempo di inutilizzo dei macchinari

Solitamente il layout per processo viene utilizzato vi sono volumi non elevati con una consistente differenziazione di prodotti e modelli che non permettono di individuare una o più flussi omogenei necessari all'implementazione di un layout a celle o per prodotto.

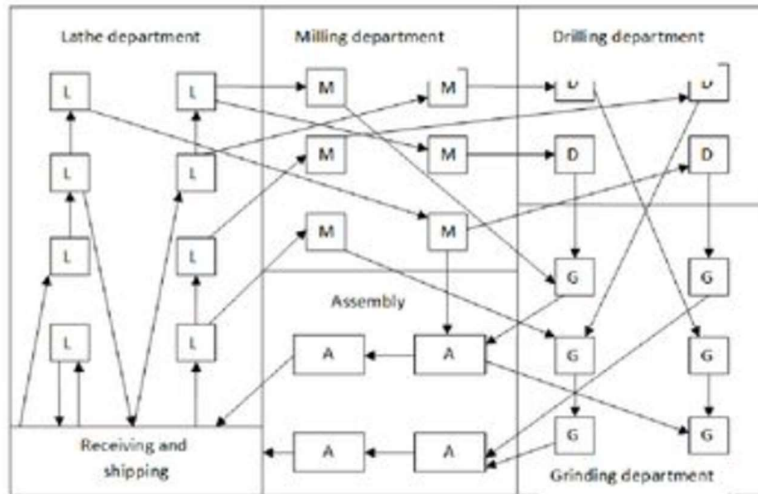


Fig. 1.10 Rappresentazione grafica di un layout funzionale o per processi [9]

Layout a celle

Il layout a celle (fig. 1.11) permette di raggruppare in un'unica area le risorse sia materiali che umane al fine di produrre modelli di un prodotto o un insieme di prodotti con caratteristiche costruttive simili. Ogni cella è come una piccola linea produttiva che deve essere organizzata nel modo più appropriato sia spazialmente che come flusso. Inoltre, una gestione tramite il layout a celle permette di sbrogliare l'intricata matassa di movimentazioni da un reparto all'altro tipica del layout per processi, in quanto tutti i macchinari necessari sono presenti all'interno della zona assegnata (Bennett, 2015).

Pro:

- Tempi di attraversamento minimi
- Ottima comunicazione tra gli addetti in quanto raggruppati nella stessa area
- Equilibrio tra flessibilità e investimenti richiesti per la realizzazione
- Set-up immediato e rapido
- Possibilità di utilizzare il medesimo addetto in diverse fasi della cella

Contro:

- Rischio di duplicare macchinari e addetti che possono essere sottoutilizzati e conseguente inefficienza
- Necessità di una approfondita conoscenza di tutte le fasi produttive di ogni gruppo di oggetti al fine di poter sviluppare per le diverse celle il flusso ottimale e la sua corretta gestione

- Possibili colli di bottiglia all'interno delle celle
- Pericolo di interruzione dell'intero flusso produttivo in caso di malfunzionamento di una macchina

Questo layout è utilizzato in caso di richieste di lotti piccoli o medi di un consistente numero di differenti modelli. In caso di lotti di dimensioni maggiori o di un ridotto numero di variante di un oggetto si potrebbe optare per un layout per prodotto.

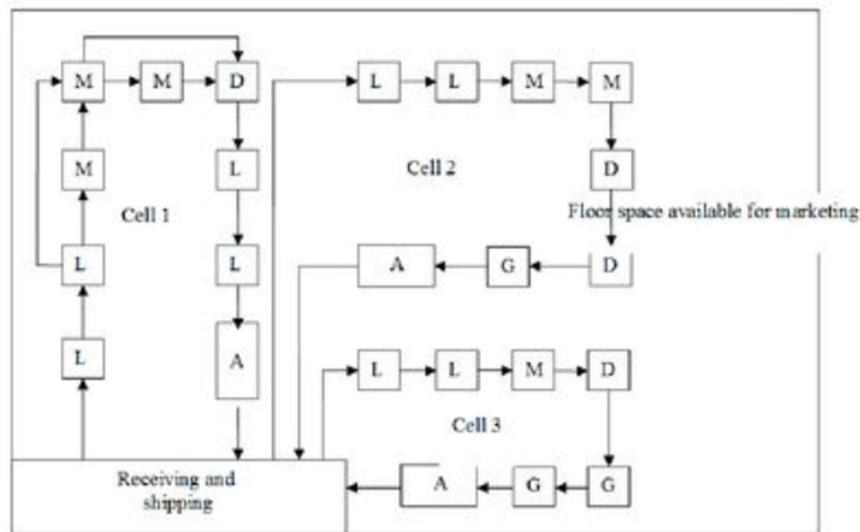


Fig. 1.11 Rappresentazione grafica di un layout a celle [9]

Layout per prodotto

Nel caso di utilizzo di un layout per prodotto (Fig. 1.12), lo stabilimento viene suddiviso in varie zone, ognuna delle quali garantirà la lavorazione di un unico prodotto o di un ridotto gruppo. È la cosiddetta linea di produzione, dove la materia prima entra all'inizio e attraversa sequenzialmente tutte le fasi. Solitamente questa tipologia di layout è fortemente automatizzata con nastri trasportatori che portano le materie in trasformazioni attraverso le diverse fasi. Esempi caratteristici sono le linee di produzione alimentari, le linee di inscatolamento e di imbottigliamento, senza dimenticare la produzione automobilistica. Il layout è molto rigido in quanto ideato e pensato per un solo o pochissimi prodotti. Ciò le rende estremamente ottimizzate per il flusso scelto con elevati livelli di efficienza, i quali sono raggiunti tramite un consistente impiego d'investimento su macchinari a grande automazione e customizzazione (Bennett, 2015).

Una variante del classico layout lineare è quello a “U”. Se per quanto riguarda molte delle caratteristiche principali coincide con il primo, si differenzia nella disposizione spaziale delle varie stazioni. Se nella linea l’entrata delle materie prime e l’uscita dei prodotti finiti è agli estremi dello stabilimento, nella versione a U inizio e fine sono affiancate. Ciò implica che la parte finale della lavorazione abbia un’inversione della direzione affiancandosi alle prime fasi. Ciò permette di implementare alcuni ulteriori benefici come la possibilità di un addetto di controllare più stazioni e un minore spostamento all’interno dello stabilimento degli addetti (Aase & Jacobs, 2000).

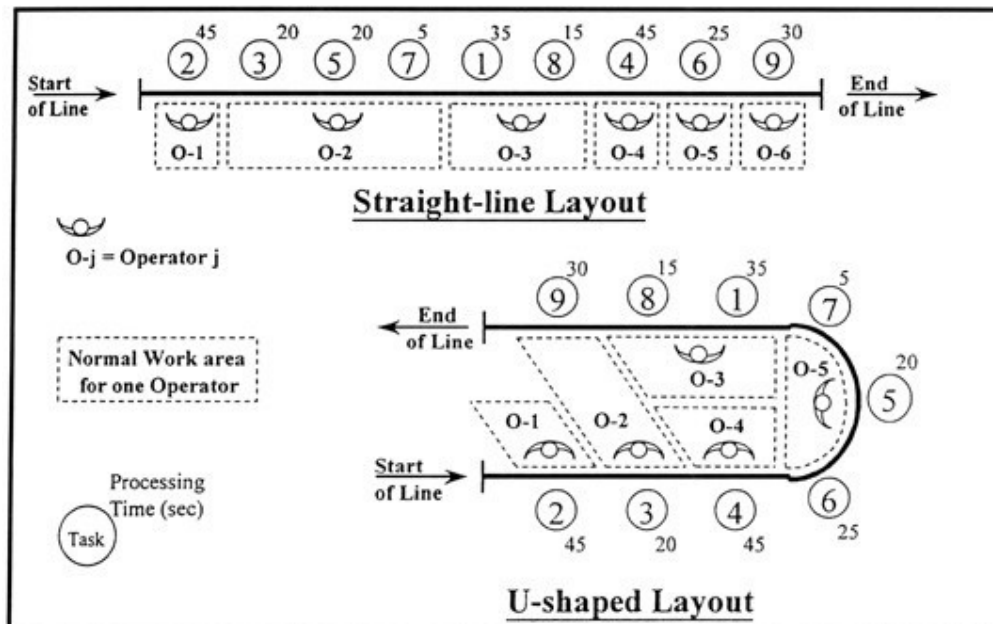


Fig. 1.12 Rappresentazione grafica di un layout per prodotto in linea e a U [10]

Le caratteristiche favorevoli ad un layout per prodotto sia in linea che a “U” sono:

- Alta efficienza
- Alti livelli produttivi
- Semplicità gestionale
- Riduzione di magazzini intermedi e adeguata gestione delle scorte
- Costi di movimentazione molto bassi e prestabiliti all’interno della linea

A discapito della sua implementazione, vi sono problematiche come:

- Rigidezza del layout
- Necessità di importanti investimenti
- Pericolo di collo di bottiglia
- Manutenzioni straordinarie e guasti impattano su tutta la catena produttiva

Layout ibridi

Sono tipologie di layout composti da una pluralità dei quattro modelli descritti in precedenza. Non si tratta di un layout utilizzato in casi particolari ma, al contrario, è molto diffuso al fine di integrare al meglio le diverse fasi del processo produttivo. Ovviamente la corretta integrazione delle differenti metodologie non è scontata e porta a una più complessa fase progettuale con conseguente aumento dei costi sia per lo studio che per l'effettiva installazione nel sito. D'altro canto, può generare riduzioni di costo o incrementi di produttività grazie alla realizzazione specifica per le funzioni richieste dall'azienda.

2. Storia di ABB e prodotti realizzati a Genova

Dopo il primo capitolo di introduzione ai concetti teorici di Lean Production e di layout di stabilimento, questo capitolo ha lo scopo di fornire una descrizione dell'azienda caso di studio. In seguito a una prima parte in cui viene riassunta la storia della multinazionale svizzero-svedese e ne viene descritta l'organizzazione aziendale, la seconda parte si concentra sulla divisione Traction di Genova e di come essa sia entrata a far parte della galassia ABB, evidenziando alcuni elementi chiave per la trattazione dei capitoli successivi. Viene, quindi, fornita una descrizione dei prodotti che vengono progettati, assemblati e testati nel capoluogo ligure. In conclusione, vengono indicati i fornitori dei componenti più importanti e delicati.

2.1 Storia e organizzazione di ABB

Nel presente paragrafo verrà fornita una sintesi degli eventi fondamentali della storia di ABB, dalla fondazione al giorno d'oggi e verrà descritta l'organizzazione che l'azienda si è data per la gestione dei vari business in cui opera.

2.1.1 Introduzione e pietre miliari

ABB è una multinazionale svizzera-svedese nata dalla fusione della scandinava ASEA e dell'elvetica Brown-Boveri. Nonostante la sua fondazione risalgia dunque solamente al 1988, la sua storia è ultracentenaria. Le aziende fondatrici iniziarono le loro attività nei propri paesi d'origine rispettivamente nel 1883 e nel 1891. Dopo un secolo di storia individuale negli anni '80 per far fronte alla crescente sfida del mercato mondiale le due imprese si accorparono in un'unica entità, andando ad unire due importanti cataloghi di prodotti e di clienti.

ABB opera principalmente nei settori dell'elettrificazione, dell'automazione industriale, della conversione di potenza, dei motori elettrici e della robotica. Ha sedi attive in più di 100 paesi del mondo e nel 2020 il fatturato, complice la crisi provocata dal COVID-19, ha segnato un -7% per un totale di 26,1 miliardi di dollari.

Tra gli eventi più importanti del 2020 vi è stato l'arrivo di un nuovo CEO: dopo alcuni anni di difficoltà con calo del fatturato e su pressioni dell'azionariato, l'azienda infatti sta portando avanti un processo di rinnovamento del proprio modello di business e di creazione di una propria nuova e ben definita identità. Infatti, tutte le grandi aziende del settore ingegneristico quali GE, Hitachi, Siemens, Mitsubishi, solo per citare alcuni esempi, si sono trovate chi prima e chi dopo di fronte ad una scelta:

tornare ad essere aziende con una forte propensione per l'innovazione tecnologia e la ricerca di nuove soluzioni o concentrarsi di più sui mercati esistenti focalizzando la propria crescita su un incremento della produzione manifatturiera di prodotti esistenti migliorando la propria competitività. L'azienda svizzera ha optato per la prima delle due strade che ha condotto, nel 2018, alla vendita per 8 miliardi di dollari ai giapponesi di Hitachi dell'81% della business unit Power Grids, che si occupava di prodotti per le linee ad alta e altissima tensioni, le cui prospettive di crescita e di creazione di valore mediante l'innovazione non si allineavano al nuovo piano industriale di ABB, nonostante fosse l'unità con il fatturato maggiore (più di 10 miliardi di dollari) delle 5 esistenti e godesse di buona salute. Questa strada ha portato anche all'annuncio nel novembre scorso della futura fuoriuscita di altre 3 divisioni con caratteristiche di mercato simili a quelle di Power Grids.

2.1.2 Organizzazione aziendale

La multinazionale ha decentralizzato sempre di più la sua gestione, ponendo nelle mani delle singole divisioni maggiori poteri e responsabilità. Le divisioni hanno infatti grandi libertà di manovra e di decisione come se fossero tante diverse aziende sotto il marchio ABB e la comunque presente direzione da parte della sede centrale di Zurigo.

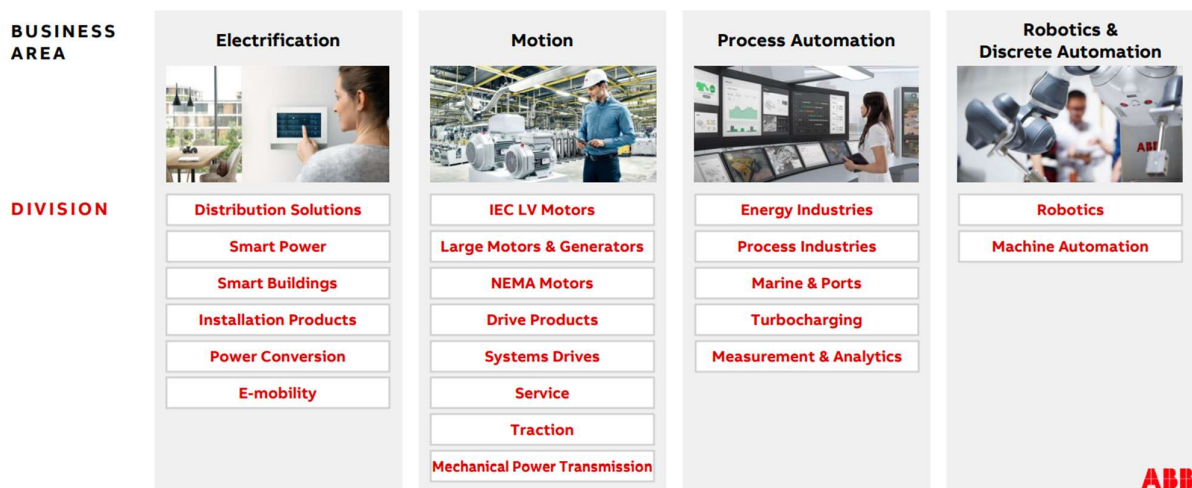


Fig. 2.1 La struttura organizzativa aziendale a partire dal 1° gennaio 2021 [11]

Come si può vedere dalla figura 2.1, ABB è attualmente divisa in 4 Business Unit principali:

- *Electrification*: si occupa dei prodotti di bassa e media tensione che possiamo trovare nelle nostre case, di ottimizzazione attraverso le smart grids e del supporto all'e-mobility, settore di punta per l'azienda, come dimostra il title sponsor al campionato mondiale di ABB Formula E.

- *Process Automation*: il cui focus principale è l'automazione delle grandi industrie di processo quali il settore Mining, Paper, Metals, Food & Beverage. Particolare importanza la ricopre il settore marino dove ABB è leader nella propulsione elettrica con prodotti di alta gamma come gli Azipod®.
- *Motion*: il core business di questa unità sono i motori e i generatori per tutte le applicazioni da quelli di piccole dimensioni fino alle grandi potenze. Inoltre, vi rientrano tutti i prodotti riguardanti la gestione dell'energia, i cosiddetti "Drives", e la conversione dell'energia come gli inverter per il settore eolico e quelli per la trazione ferroviaria.
- *Robotics & Discrete Automation*: l'ultima nata tra le business unit comprende nel suo catalogo prodotti per l'automazione dell'industria manifatturiera quali i PLC e della robotica come i bracci robotizzati per molte applicazioni. Prodotti di punta sono i piccoli robot collaborativi come YuMi® (fig 2.2) che interagiscono nel processo di produzione con l'addetto.



Fig. 2.2 Il "Cobot" YuMi®, prodotto di punta di ABB

Esse sono a loro volta suddivise in un numero variabile di divisioni per un totale di 21. Queste sono focalizzate sulla singola tipologia di prodotto al fine di ottimizzare e saper rispondere in maniera più efficace e concreta alle singole richieste del cliente, comunque interagendo in una continua collaborazione al fine di dare il massimo supporto possibile.

L'attività di tesi è stata svolta all'interno della divisione Traction (MOTR). Parte della business unit Motion, questa divisione si occupa di ciò che riguarda la trazione e la conversione dell'energia sia per la trazione stessa sia per i servizi ausiliari del settore tram-ferroviaria. I principali clienti sono le aziende costruttrici di questi veicoli (es: Alstom, Stadler) e gli operatori ferroviari (es: Ferrovie dello Stato).

2.2 Storia del sito di Genova e della divisione Traction nella città

L'attenzione di ABB nei confronti del settore navale ha reso Genova una città da sempre strategica per il business italiano della multinazionale. Attualmente ABB ha 2 sedi nella città ligure: il Molo Giano nei pressi del porto, dove vi si concentrano le attività relative al settore marittimo e portuale, e quello principale, il cosiddetto Green Building (Fig. 2.3), dove si trovano gli uffici di MOTR, quelli di Process Automation – Energy Industries (PAEN) e quelli della Business Area Power Grids ormai ceduta. Inoltre, vi sono le attività di produzione della prima e di laboratorio e di magazzino della seconda.



Fig. 2.3 Il Green Building ABB di Genova Sestri Ponente

Per quanto concerne la divisione MOTR, la storia in ABB nasce nel 2012. In quell'anno, spinta dall'intenzione di espandere il proprio business nel settore ferroviario, con un occhio di riguardo a quello della penisola, ABB acquista da RGM s.r.l. il ramo d'azienda che progettava, realizzava e collaudava i convertitori ausiliari e che aveva come principale cliente Trenitalia, assorbendo quindi

il business, i dipendenti e il know-how dell'azienda genovese. Grazie alla spinta di investimenti introdotta dall'azienda svizzera e al giro di affari internazionale che una "big company" riesce a creare il numero di dipendenti è passato dai circa 50 del 2012 agli 82 di inizio 2021 e da 200 convertitori ai più di 300 previsti per il 2021.

Il processo di trasferimento dell'attività da RGM ad ABB si è rivelato un punto cruciale nell'identificazione della causa che ha condotto all'attuale disposizione su 2 piani delle unità produttive all'interno del Green Building di Genova:

- Prima del 2012, i piani 0 e 1 erano interamente occupati dall'odierna divisione PAEN.
- Nel 2013 con l'arrivo della divisione di MOTR si decide per dividere i due piani a metà: la nuova divisione dedicò la sua parte del piano terreno al magazzino e quella del primo piano al collaudo. È importante sottolineare come in quegli ABB decise di costruire i convertitori in outsourcing: il materiale veniva mandato dal magazzino alle tre aziende che realizzavano i macchinari, i quali, una volta ultimati, venivano spediti a Genova per il collaudo.
- Il 2016 è l'anno dell'inizio di un progressivo processo di insourcing, fortemente voluto dal management locale, ai fini di una più semplice gestione e di un maggiore controllo qualità. Ad oggi il 98% dei convertitori viene assemblato internamente. Solo alcune macchine di vecchia concezione ed alcuni sotto assiemi vengono esternalizzati. L'area dedicata alla produzione si posizionò dove si trova tutt'ora al piano terra mentre il magazzino venne spostato in un edificio esterno a circa 200 metri dal Green Building.
- A seguito di un accordo con la business area Motion, nel 2019 parte del magazzino venne sistemata in una piccola area del piano terra dove vennero installati due scaffali rotanti. In essi vennero stoccati i materiali di più largo consumo e di ridotte dimensioni. Il restante materiale, in particolare quello di dimensioni più notevoli venne spostato nel Logistic Center di ABB di Vittuone (MI).
- Infine, è in programma nel corso del 2021 l'espansione dell'area produttiva, oggetto di questo lavoro di tesi, con conseguente installazione di nuove gabbie di collaudo al piano 0, per far fronte a volumi produttivi sempre più crescenti e dedicare al reparto del Service maggiori spazi sulla base del business plan, il quale prevede per questa unità un ruolo sempre più importante.

2.3 I prodotti assemblati a Genova

All'interno della divisione Traction, la quale oltre all'impianto italiano vanta stabilimenti produttivi in Svizzera, Germania, Polonia, India e Stati Uniti, l'azienda di Genova ha una caratteristica unica. Mentre negli altri siti produttivi si assemblano principalmente convertitori di trazione, a Genova si assemblano esclusivamente convertitori ausiliari stand-alone e caricabatterie e le ha permesso di diventare Centro di Eccellenza ABB in questo particolare segmento. In base al progetto del costruttore di veicoli tram-ferroviari, la componente ausiliaria è talvolta inserita all'interno del convertitore di trazione; nonostante ciò, il mercato degli ausiliari indipendenti è in crescita grazie alle sempre maggiori potenze richieste e alle nuove richieste di maggiore sostenibilità che stanno portando, per esempio, all'introduzione di treni ibridi sulle linee non elettrificate: sono motorizzati con il classico diesel fuori dai centri abitati e con motori elettrici alimentati da batterie all'interno di essi. Inoltre, la previsione dell'introduzione di motori a idrogeno renderà ancora più importanti il ruolo del convertitore che andrà ad alimentare i servizi del treno proprio a partire da questa nuova tecnologia. A causa delle loro importanti differenze produttive analizzerò brevemente in maniera separata i convertitori dai caricabatteria.

2.3.1 I convertitori ausiliari – BORDLINE® M

Un convertitore, per definizione, trasforma l'energia in entrata per renderla disponibile in un'altra forma per l'utilizzo finale. Mentre quelli di trazione alimentano i motori elettrici che fanno muovere il treno, quello ausiliario converte l'energia che verrà utilizzata da tutte le apparecchiature del treno che non siano quelle motrici. Il riscaldamento, l'illuminazione, il sistema di bordo e anche la banale presa elettrica sono alimentati dal convertitore ausiliario.

La caratteristica più importante di questi prodotti è la customizzazione: è il cliente finale che indica le dimensioni fisiche, la tipologia di tensione in ingresso e tutte le caratteristiche tecniche, come numero e potenze delle uscite, che sono a lui necessarie e che devono essere assolutamente implementate al fine di garantire il corretto funzionamento del veicolo. È quindi evidente che ogni convertitore è molto differente dagli altri rendendolo un prodotto manifatturiero con un'importante componente di artigianalità. Ovviamente ABB ha cercato la massima standardizzazione possibile di quegli elementi aventi caratteristiche comuni per ottimizzare i costi e i processi produttivi. Anche nell'area degli ausiliari, si sta cercando una standardizzazione con

l'introduzione di "Base Product" per le 3 potenze che si stanno dimostrando le più utilizzate per i veicoli della prossima generazione: 55, 90 e 170 kVA (Fig. 2.4).



Fig. 2.4 Due convertitori assemblati a Genova a confronto: sulla sinistra il BORDLINE® M170, sulla destra il BORDLINE® M90 [12]

All'interno della carpenteria metallica si possono identificare tre componenti principali:

- *Power Electronics Building Block (PEBB)* (Fig. 2.5): gli elementi principali dei convertitori i quali svolgono la funzione di conversione e ridistribuzione dell'energia. Sono prodotti intermedi che si caratterizzano dalla base che dissipa il calore, dalla presenza di molti particolari e dall'assemblaggio di consistenti durate (da 5 a 8 ore per unità). Sono assemblati in area dedicate con criteri ESD per via della presenza di componentistiche elettroniche.
- *Sottoassiemi meccanici* (Fig 2.6): vengono così identificati tutti gli elementi a supporto della funzione principale dei convertitori, che vengono assemblati in precedenza su basi metalliche. Vi possono essere inseriti elementi come interruttori, toroidi, piccole resistenze, barre di distribuzione, ventole, PEC. Sono di facile assemblaggio che varia da 10 a 45 minuti per unità.
- *Cavi e cablaggi*.

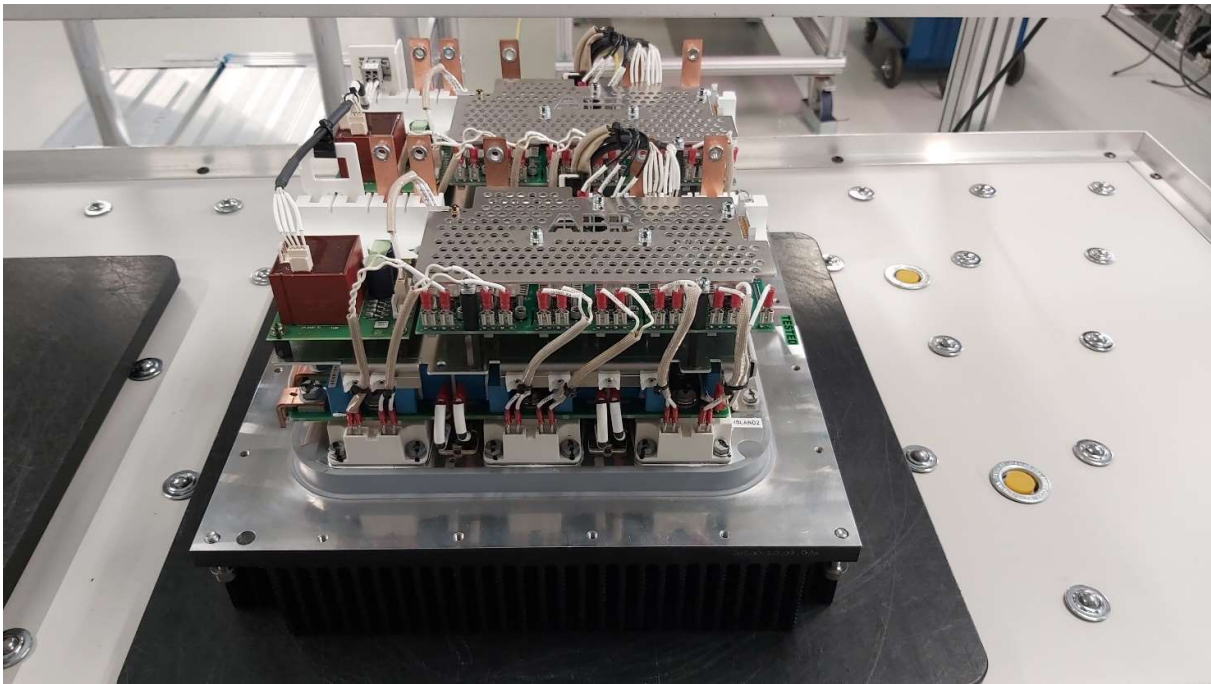


Fig. 2.5 Esempio di un PEBB assemblato

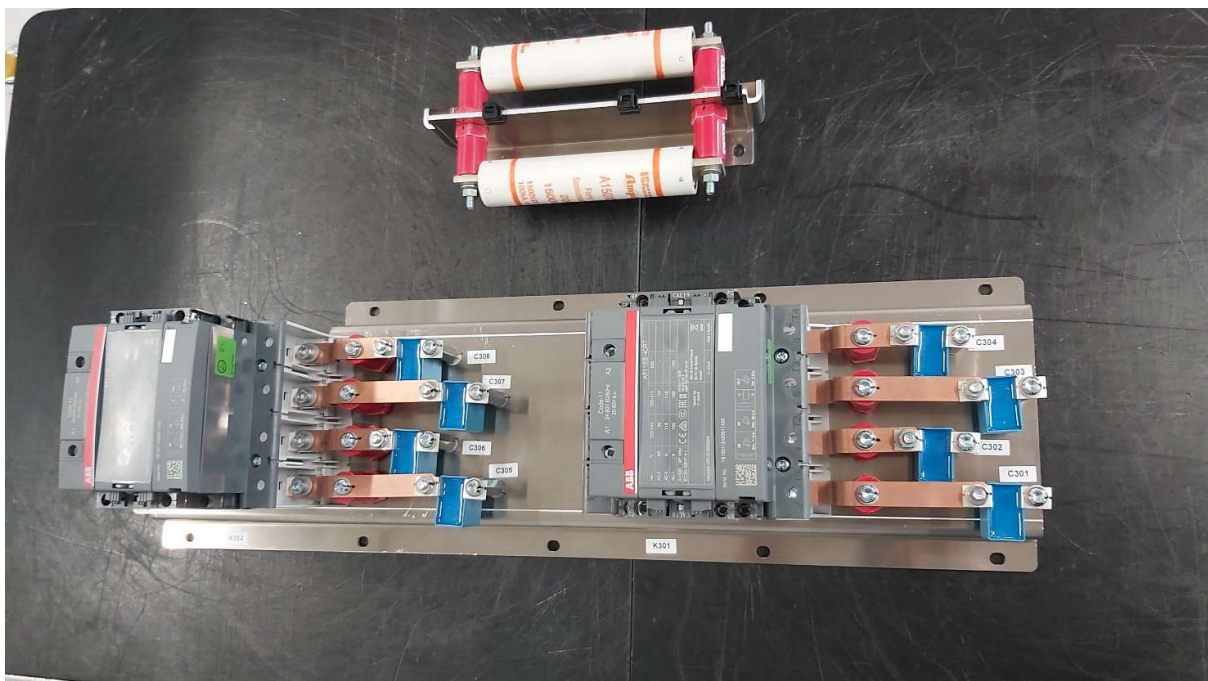


Fig. 2.6 Due sottoassiemi meccanici: si nota la differenza di dimensione e di complessità costruttiva

2.3.2 Caricabatterie – BORDLINE® BC

Questi caricabatterie di nuova generazione basati su tecnologia SiC, sono di dimensione e peso molto ridotti (Fig. 2.7): all'incirca come una scatola di scarpe con una massa di 10 kg ed erogano una potenza massima di 10 kW. Sono disponibili in 8 varianti in base alla tensione di ingresso, alla tensione di uscita e al sistema di comunicazione. Si assemblano in un reparto a loro dedicato e viene quindi caricato un software con parametri specifici sulla base delle richieste del cliente. Oltre alla classica vendita in lotti, le loro caratteristiche di modularità permettono di proporre soluzioni con più BORDLINE BC (attualmente da 3 a 6) all'interno di una carpenteria al fine di aumentare la potenza o di operare in condizione di malfunzionamento di un prodotto. Vengono inoltre inserite all'interno di molti convertitori ausiliari quando ad essi vengono richieste modalità di funzionamento di ricarica delle batterie del treno.



Fig. 2.7 Il caricabatterie compatto BORDLINE® BC [13]

2.4 I principali fornitori

All'interno di un convertitore vi è un gran numero di componenti: le Bill Of Material (BOM) dei convertitori più complessi comprendono 300 codici diversi. I componenti più importanti e delicati sono:

- Schede elettroniche di potenza e semiconduttori IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor): sono i prodotti più tecnologicamente avanzati e di grande delicatezza e vengono acquistati da ABB Svizzera, la quale le acquista da terzi ma con il marchio ABB

- Carpenteria ed elementi meccanici: sono realizzati customizzati per ogni prodotto e sono acquistati da ditte con certificazioni che soddisfano gli importanti requisiti ferroviari, come le normative ISO/TS 22163:2017 e COCS30. I principali fornitori sono GS Mercallese e RGM, con la quale, dopo l'acquisizione del business dei convertitori ausiliari nel 2012, sono stati mantenuti diversi rapporti commerciali.
- Elementi magnetici: i trasformatori, le induttanze e i condensatori ricoprono un ruolo vitale all'interno di un convertitore pur non essendo elementi complessi nella costruzione. Vengono acquistati esternamente da produttori specializzati come Elettromil o la stessa RGM.
- Elementi elettrici: ad esempio interruttori, sezionatori e contatori, i quali come da policy aziendale vengono acquistati dalla divisione ABB Electrification.

Vi sono poi un elevato numero di fornitori qualificati, spesso leader nel proprio campo, dal quale vengono acquistati ad esempio diodi, cablaggi, guarnizioni, torrette distanziali, selle e fusibili. Le viterie comuni sono acquistate da Bossard, uno dei più importanti fornitori di questi oggetti, che fornisce all'impianto genovese un sistema di scaffali con bilance che riordinano automaticamente quantità fisse di bulloni o rondelle se il loro numero in stock scende sotto il limite prefissato dal Reparto Supply Chain Management (SCM).

3. Studio del layout di stabilimento “AS IS”

In questo capitolo viene analizzata la situazione in essere al Green Building di ABB Genova, prima dello sviluppo e dell’implementazione del progetto, argomento di questo lavoro di tesi. Viene fornita per prima una descrizione del layout presente ai due piani del reparto produttivo della divisione MOTR e in seguito del flusso operativo al fine di dare una panoramica sulle varie fasi che compongono il processo produttivo. Quindi, sulla base di questi due argomenti, vengono analizzati le movimentazioni effettuate attraverso l’uso degli Spaghetti Chart e il flusso produttivo e informativo con l’aiuto della Value Stream Map. Per ultimo, facendo ricorso alla teoria della Lean Manufacturing, la tecnica dei 5 Perché verrà impiegata al fine di conoscere l’origine dei principali muda che si possono riscontrare nello stabilimento genovese.

3.1 Descrizione del layout attuale

Lo stabilimento produttivo ABB di Genova Sestri Ponente progetta, assembla e collauda convertitori ausiliari per il settore ferroviario sia leggero (tram, LRV, monorotaie e metro) sia pesante (treni regioni, treni ad alta velocità e locomotive).

L’edificio era adibito a spazio per uffici dal secondo piano, il primo per laboratori e il piano terra come magazzino e centro logistico. Come già illustrato al Paragrafo 2.2, nel corso degli anni la destinazione d’uso dei primi due piani ha subito una modifica che vede ora una metà del primo piano occupato dall’area di collaudo e una metà del piano terra dedicata alla produzione di questi convertitori. L’edificio infatti ha una pianta stretta e lunga ed è disposto su piani livelli, pertanto non ideale per le attività produttive che invece prediligono spazi più ampi e su un unico piano (Goetschalckx & Irohara, 2007).

Al piano terra, attualmente, vi è un’area dedicata alla logistica, un’area dedicata alla produzione dei convertitori e un’area adibita a magazzino di un’altra divisione di ABB. Fondamentali al fine dello svolgimento dell’attività della divisione di ABB oggetto di studio sono i due montacarichi che permettono il trasporto dei prodotti finiti al piano superiore dove verranno testati.

Entrando nel dettaglio dell’area della divisione MOTR (fig. 3.1) si trovano:

- 4 aree di assemblaggio dei convertitori;
- una zona per il montaggio dei prodotti intermedi (PEBB e sottoassiemi);

- un'area di magazzino dove sono presenti due scaffali rotanti verticali per ottimizzare lo spazio;
- un'area per l'entrata e uscita merci;
- 3 gabbie di collaudo (una di grandi dimensioni e due ridotte).

Come si evince dalla descrizione la superficie disponibile è destinata a tante attività separate e non organiche che rendono la disposizione attuale inefficiente per diversi motivi che saranno spiegati nei Paragrafi 3.3 e 3.5.

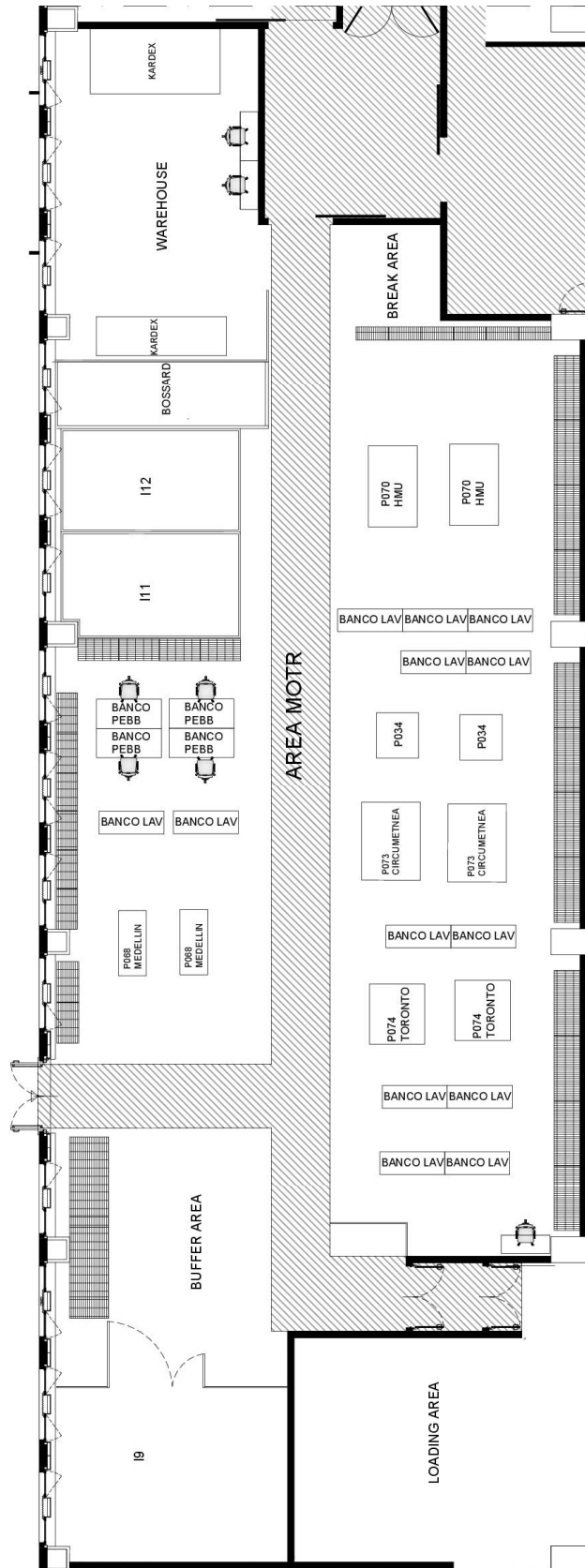


Fig. 3.1 Attuale planimetria dell'area occupata al piano terra dalla divisione MOTR nello stabilimento

Il piano 1 (fig. 3.2) è suddiviso in due parti di simili dimensioni dedicate alle due principali divisioni presenta nel Green Building. Una problematica di questa divisione netta del primo piano è la presenza di uno dei due montacarichi nell'area dedicata alla business unit PAEN, come si vede dalla planimetria.

La zona della divisione Traction è occupata da un'area dedicata all'assemblaggio dei prototipi e delle prime macchine di serie, le quali richiedono un'attenzione maggiore dato che possono essere afflitte da problematiche di progettazione, e una zona predisposta per la produzione dei caricabatteria di nuova concezione e ridotte dimensioni BORDLINE BC. Tuttavia, il cuore pulsante del primo piano è rappresentato da ben 13 gabbie di collaudo. Sulla carta queste sono suddivise tra le attività di collaudo, di R&D e di service. Molte delle gabbie sono di piccole dimensioni (circa 18 m²) mentre solo 3 di dimensioni maggiori (28-35 m²). La superficie di una gabbia sta diventando sempre più un punto critico: come già detto, le richieste di mercato si stanno spostando sempre più verso l'utilizzo di maggiori potenze con conseguenti maggiori dimensioni sia del convertitore stesso, sia degli strumenti come alimentatori, sezionatori e carichi necessari per le attività di test. Ne emerge quindi uno scarso utilizzo di alcune di esse che rappresentano dei costi fissi di manutenzione che possono essere risparmiati o di costi di affitto dello spazio da utilizzare in maniera più consona alle nuove caratteristiche del mercato o per attività a maggiore valore aggiunto come quelle di service. Inoltre, i target di crescita sia in termini di fatturato che di quota di mercato, con l'obiettivo di diventare il player numero 1 del mercato mondiale dei convertitori, pongono quesiti importanti sull'utilizzo dello spazio a disposizione che, a Genova, è limitato e costoso.

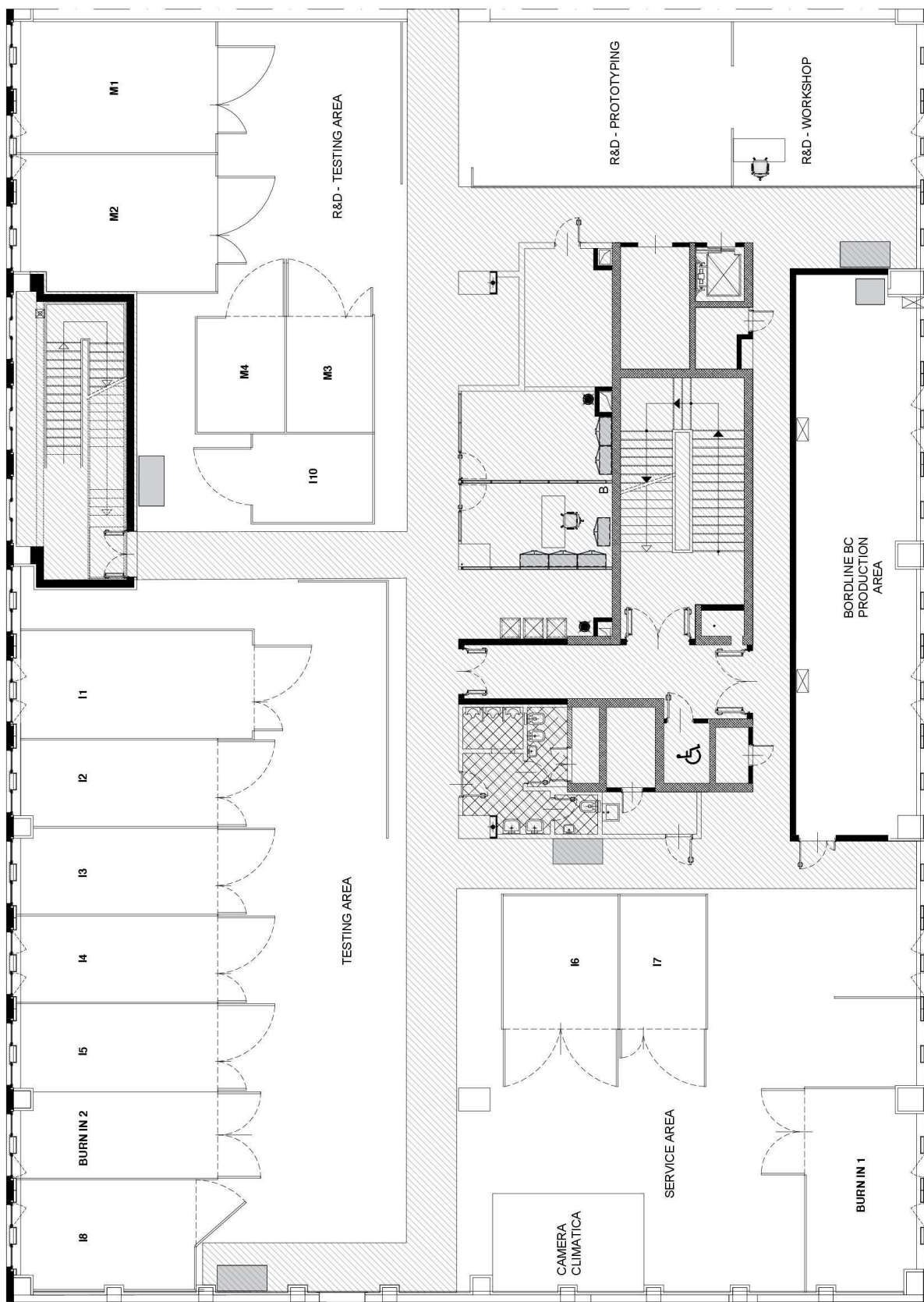


Fig. 3.2 Attuale planimetria dell'area occupata al primo piano dalla divisione MOTR nello stabilimento

3.2 Descrizione del flusso produttivo

Nel presente paragrafo viene fornita una breve descrizione di quello che è il processo produttivo. Esso è stato diviso in tre parti distinte che verranno analizzate nel dettaglio singolarmente, in modo da fornire dettagli utili per la contestualizzazione delle problematiche evidenziate nei paragrafi 3.3, 3.4 e 3.5.

3.2.1 Preparazione della produzione

In base alla tipologia di commessa, al numero di consegne da garantire nei mesi successivi e alla complessità del convertitore, il Reparto di Pianificazione suddivide i vari progetti in lotti variabili da 6 a 12 convertitori prima di procedere alla richiesta di composizione del kit da parte dei due magazzini di Vittuone e Genova. Circa due mesi prima della data di consegna del primo convertitore del lotto avviene la richiesta di prelievo per i PEBB e i sottoassiemi meccanici, i quali devono essere assemblati prima di essere installati nella carpenteria del convertitore. In un secondo momento, a ridosso dell'inizio produzione del lotto, viene inviata la richiesta di prelievo per i codici (cablaggi e componenti magnetici) che con i semilavorati assemblati in precedenza andranno a comporre all'interno del cabinet il prodotto finale.

Una volta inoltrata la richiesta e preparata da parte degli addetti di magazzino, i kit arrivano nell'area assemblaggio divisi per codice del prodotto intermedio sul quale andranno montati; i componenti di piccole dimensioni arrivano dal magazzino interno mentre quelli più voluminosi dal Logistic Center ABB di Vittuone. Quindi vengono smistati tra i componenti per i PEBB che verranno messi a scaffale nell'area omonima, mentre quelli per i sottoassiemi e l'assieme finale vengono stoccati nell'area produttiva dedicata a quella commessa. Prima di essere riposti vengono messi in contenitori a bocca di lupo etichettati per una maggiore semplicità nella fase successiva.

3.2.2 Assemblaggio del convertitore

Quando il set up dei componenti è stato effettuato si può procedere all'assemblaggio dei prodotti intermedi. Vengono quindi assegnati gli incarichi agli operatori: solitamente 2 operai producono in contemporanea i PEBB mentre altri 2, che si occuperanno anche del montaggio del convertitore, assemblano i sotto assiemi. I primi una volta terminato il montaggio, lo ripongono sugli scaffali della zona PEBB o in casse di legno che vengono sistemati negli appositi scaffali con l'elevatore. I secondi dispongono i sotto assieme sui ripiani della area di produzione dedicata o, in mancanza di spazio, anche essi in casse di legno su scaffale. Questa fase può richiedere fino a 8 ore per unità per i PEBB

più complessi e tra i 5 e i 30 minuti per i sottoassiemi. Mediamente sono presenti 4 PEBB e 15 sottoassiemi per convertitore.

Nel momento in cui arriva dal fornitore la carpenteria del convertitore, si può procedere al suo assemblaggio. Un pezzo per ciascun prodotto intermedio, a seconda di dove era stato riposto, viene prelevato dalle casse di legno, selezionato dagli scaffali o prelevato dalla zona stessa di assemblaggio e quindi montato in macchina. Ad essi si aggiungono tutti i componenti facenti parte dell'assieme finale quali trasformatori, induttanze, condensatori e soprattutto cablaggi. Questa parte varia molto tra le varie commesse e si attesta generalmente tra le 50 e 130 ore di lavoro.

Terminata la produzione, effettuati i controlli con le checklist e inseriti i dati nel tool della tracciabilità il convertitore è pronto per essere collaudato. Solo nel 10% dei casi esso viene collaudato nelle tre gabbie presenti al piano terra. Quindi ai fini dell'analisi, mediante l'utilizzo dello Spaghetti Chart effettuato nel capitolo 3.3, è stata presa in esame lo spostamento della macchina al primo piano tramite uno dei due montacarichi come avviene effettivamente per la maggior parte dei casi.

3.2.3 Fase di collaudo e di chiusura

Prelevata l'Auxiliary Power System (APS) dal montacarichi, essa viene portata in gabbia I10 dove si effettua il precollaudo: controlli visivi e test di isolamento e di bassissima tensione vengono eseguiti in questa fase dove si accerta in modo preliminare il corretto montaggio e funzionamento della macchina. Il convertitore viene quindi trasferito nella gabbia attrezzata per il collaudo. Dopo svariate ore di test (da 6 ore dei più semplici sino alle 40 dei più complessi), nel caso di esito positivo di tutte le procedure la macchina è dichiarata collaudata e conforme alle richieste del cliente. Lo Spaghetti Chart di questa fase è rappresentato in figura 3.4.

La fase successiva prevede, quindi, lo spostamento di ritorno al piano terra dove l'addetto si assicura che le componenti che possono essere state toccate in fase di collaudo siano ben serrate; si chiude quindi la macchina con i pannelli e coperchi procedendo alla siliconatura dove necessario. Il convertitore è quindi pronto per essere imballato nella zona arrivo merce, dove si conclude il suo viaggio all'interno della fabbrica.

3.2.4 Flow Chart

Tutte le fasi presentate nel paragrafo 3.2 sono rappresentate in figura 3.3, per riassumerle e renderle schematiche tramite un Flow Chart.

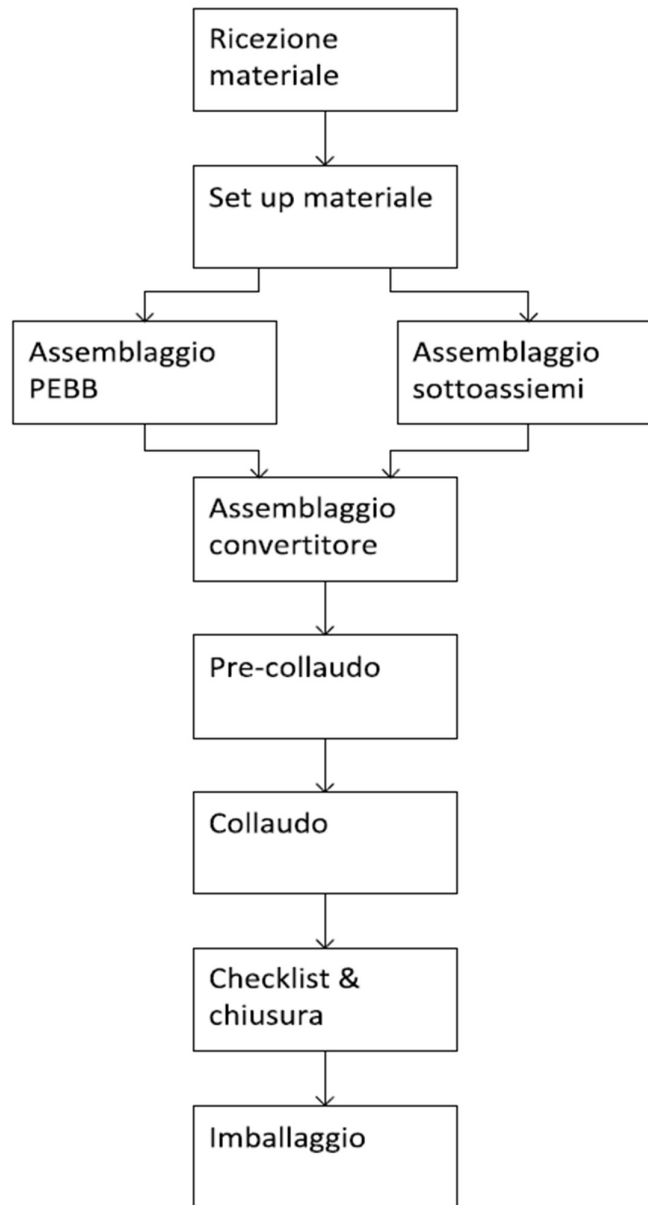


Fig. 3.3 Flow Chart delle varie fasi del flusso produttivo

3.3 Spaghetti Chart flussi attuali

Nel terzo paragrafo verranno discusse le problematiche relative agli eccessivi spostamenti del personale che ne riducono la produttività: questa analisi sarà effettuata con il metodo dello Spaghetti Chart. Al fine di creare questi grafici, sono stati rilevati dall'autore da osservazioni visive per un totale di 14 giornate: le attività svolte dagli operatori sono state quindi suddivise per individuare i movimenti necessari e quelli identificabili come sprechi.

3.3.1 Arrivo del materiale e set-up

L'area rappresentata in figura 3.4 ha dimensioni di circa 40 metri di lunghezza e 17 di larghezza. Partendo da questo dato e osservando le linee verdi che rappresentano gli spostamenti dall'addetto si evince facilmente la grande quantità di metri percorsi ogni giorno. Il materiale giunto da Vittuone è momentaneamente posizionato nella zona di arrivo merci mentre quello del magazzino di Genova è reso disponibile all'interno del magazzino stesso. L'operatore addetto al set-up deve quindi muovere tra due punti diverse di prelievo del materiale. Inoltre, deve riconoscere se si tratti di materiale per un sottoassieme, un PEBB o per il convertitore. A questo punto può dislocare i componenti nelle zone dedicate: nella zona di assemblaggio PEBB o nelle varie celle per i singoli prodotti. In aggiunta, la scarsità di posto disponibile sulle scaffalature obbliga l'addetto ad andare alla ricerca di un luogo adeguato, talvolta senza successo. Accade quindi che i materiali vengano posizionati su bancali nei ripiani alti degli scaffali, tramite l'utilizzo di un carrello elevatore, o in zone lontane da quello dove si effettua la produzione. Questo impatta notevolmente le tempistiche del processo e gli spostamenti dell'addetto. Seguendo per una giornata intera l'addetto nei suoi movimenti, con le partenze e gli arrivi delle attività svolte, sono stati rilevati 32 percorsi superiori ai 40 metri per una stima complessiva di più di 8 chilometri al giorno. Anche l'ammontare del numero di componenti disposti in linea ogni giorno è significativo: mediamente 95, tra cui anche articoli ingombranti come trasformatori e induttanze o delicati come le schede elettroniche.

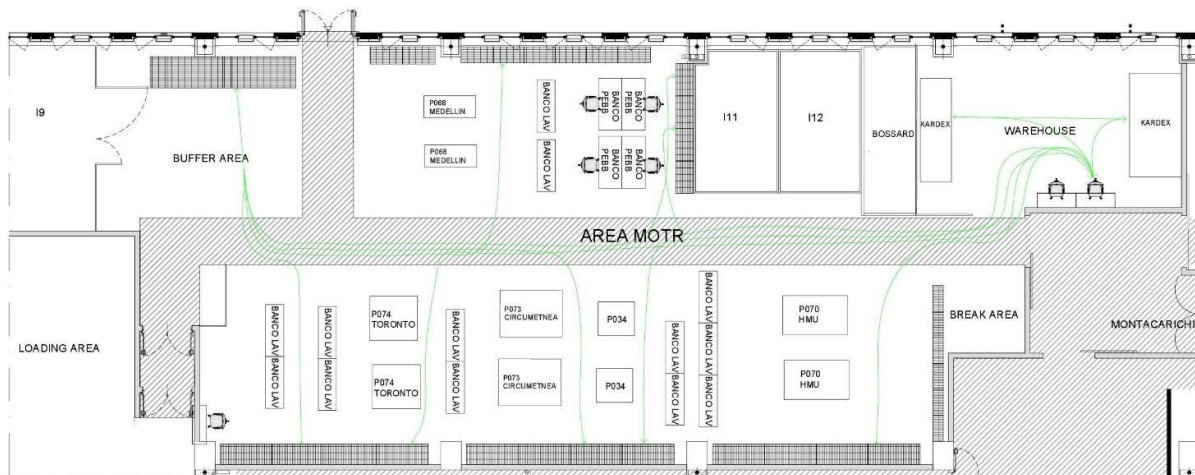


Fig. 3.4 Spaghetti chart riferito all'attività di set-up dei materiali in linea

3.3.2 Fase di assemblaggio

Come visto nel Paragrafo 3.2, vi sono addetti specializzati nel montaggio dei PEBB e altri che curano la produzione del convertitore compresi i sottoassiemi meccanici.

I primi, il cui percorso medio è in rosso nella figura 3.5, assemblano i PEBB nell'omonima area dedicata. Questa è di dimensioni piuttosto contenute: un quadrato di 7 metri circa. Nonostante ciò, complice la scarsità di spazio e il gran numero di componenti dei prodotti intermedi, gli operatori compiono brevi ma frequenti spostamenti per prelevare i materiali dagli scaffali e posizionarli sul banco di assemblaggio. Tuttavia, l'elemento maggiormente critico giunge con la conclusione di un PEBB. A causa della produzione in lotti, della poca disponibilità di scaffali e delle dimensioni non trascurabili di questi oggetti, gli addetti sono costretti a reperire un bancale e trovare un posto disponibile dove stocarli. Anche in questo caso quindi i PEBB non saranno a portata di mano dell'operatore che deve inserirli in macchina.

Il percorso blu rappresenta, invece, gli spostamenti dall'addetto all'assemblaggio del convertitore. Esso svolge gran parte del suo lavoro intorno alla macchina con spostamenti minimi e necessari per il corretto montaggio del prodotto. Eppure, è obbligato a lunghi percorsi per prelevare i materiali di dimensioni più consistenti come PEBB e componenti magnetici, sistemati in luoghi non idonei come appurato nelle fasi produttive precedenti. Si tratta di spostamenti che si verificano mediamente 4,5 volte al giorno: non troppo rilevanti ma non trascurabili. A questo si aggiunge il lungo trasferimento che deve essere fatto per portare il convertitore nel montacarichi: effettuato circa una volta a

settimana, risulta comunque impattante poiché consistente nello spostamento di un oggetto dal peso medio di 600 kg per più di 30 metri.

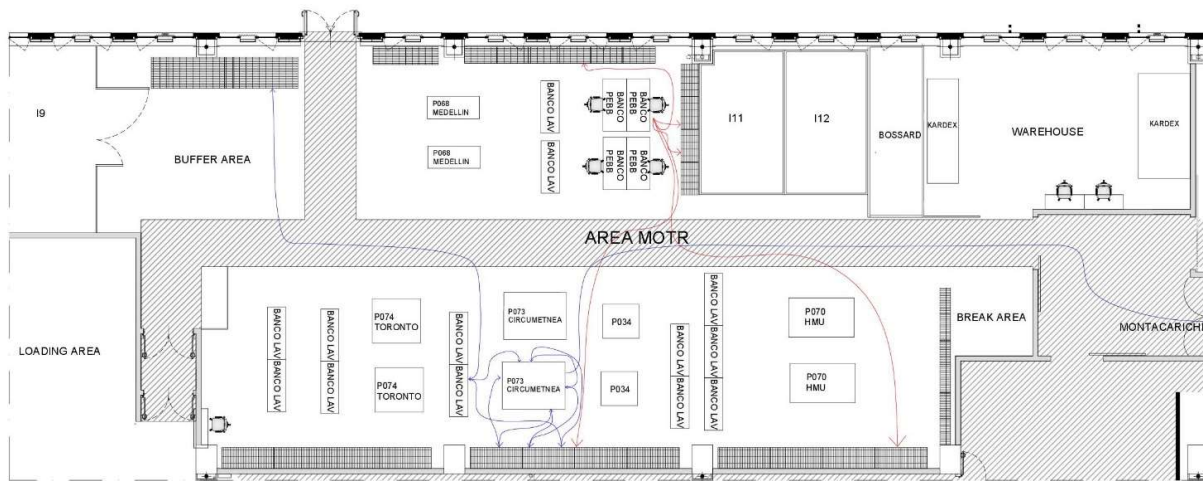


Fig. 3.5 Spaghetti chart riferito all'attività di assemblaggio (Rosso: addetto ai PEBB, Blu: addetto ai sottoassiemi e al convertitore)

3.3.3 Collaudo e fase di chiusura del convertitore

A questo punto del flusso produttivo, il convertitore è stato spostato al primo piano dove viene prelevato dal montacarichi e portato a circa 40 metri in una gabbia dove l'operatore effettua l'ispezione visiva e le fasi di precollaudo con test a bassissima tensione, entrando e uscendo dalla gabbia per ragioni di sicurezza. Una volta terminata questa fase, la macchina viene posizionata al di fuori dell'area dove poi sarà collaudato con un'ulteriore movimentazione di 20 metri. Quando la gabbia è disponibile, il convertitore viene portato all'interno e si effettuano i cicli di test con l'operatore che esegue tutte le attività necessarie sia all'interno che all'esterno della suddetta gabbia. Terminato il collaudo, la macchina viene nuovamente portata sul montacarichi con un ulteriore percorso di 40 metri.

Il convertitore viene nuovamente spostato dal montacarichi alla zona di produzione con un nuovo percorso di circa 30 metri. Vengono quindi effettuati gli ultimi passaggi di siliconatura e di installazione delle portelle di chiusura. La macchina effettua il suo ultimo tragitto di circa 35 metri verso la zona di imballaggio.

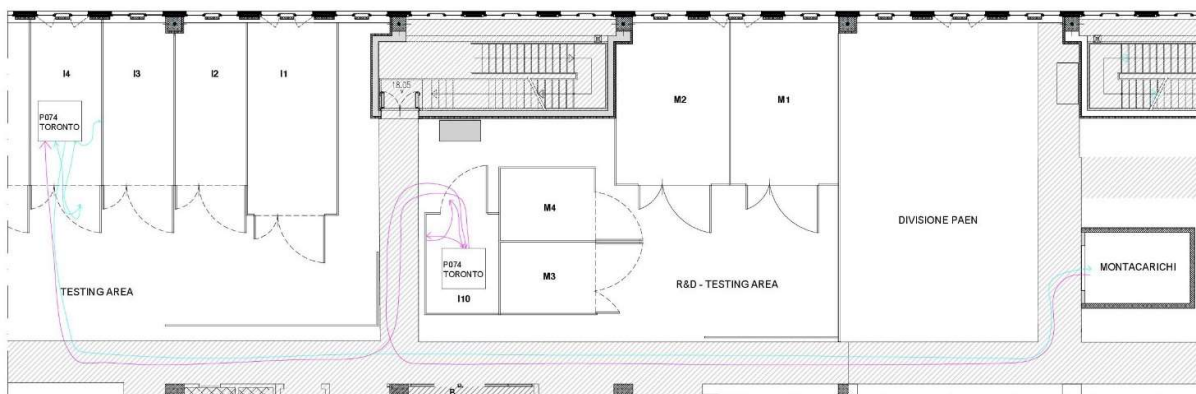


Fig. 3.6 Spaghetti Chart riferito all'attività di collaudo (Viola: addetto alle attività di rigidità e precollaudo, Azzurro: collaudatore)

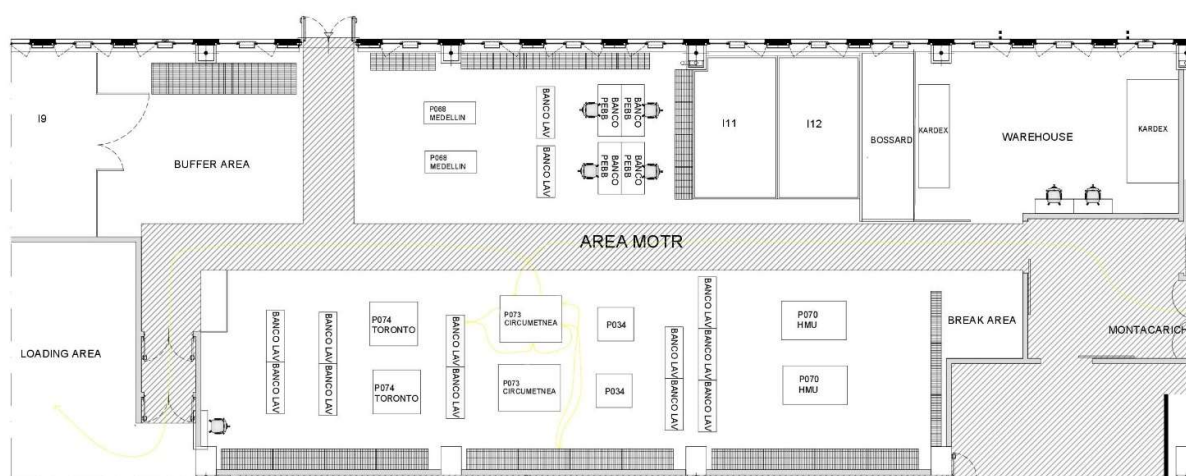


Fig. 3.7 Spaghetti chart riferito all'attività di chiusura macchina

3.3.4 Analisi degli Spaghetti Chart

Come si evince dallo Spaghetti Chart completo (fig. 3.8), il convertitore, il quale pesa mediamente 600 kg, compie un percorso di circa 185 metri dovuto principalmente a due motivi:

- La disposizione su due piani del sito produttivo che implica un'eccessiva movimentazione con spreco di tempo elevato.
- Il layout del piano terra è diviso secondo un criterio a reparti, il quale implica maggiori spostamenti di materiali e operatori.

Inoltre, ad esclusione delle fasi di collaudo e chiusura, gli addetti sono costretti a compiere molti spostamenti per stoccare o prelevare da altre zone i prodotti intermedi come sottoassiemi e PEBB.

In certi casi è necessario l'utilizzo del carrello elevatore con un'ulteriore maggiorazione di tempi e percorsi.

Questi due aspetti combinati creano un'intricata ragnatela di movimentazione di personale, di materiali delicati e di macchinari pesanti che creano quindi sprechi di tempo, potenziali difettosità e problematiche di sicurezza degli operatori.



Fig. 3.8 Spaghetti chart totale della produzione di un convertitore

3.4 Analisi del valore attuale – Value Stream Map

La Value Stream Map, icona della metodologia Lean, si presta maggiormente alla rappresentazione di una produzione ciclica, seriale e ripetitiva; meno si adatta alla produzione su commessa di prodotti altamente customizzati per differenti clienti e applicazioni. Ogni convertitore ha, nelle fasi di produzione e collaudo, attività molto specifiche che vengono effettuate solo su quel modello. È quindi assai complicato individuare tempi di ciclo o Takt Time che abbiano un vero valore ai fini dell'analisi in quanto i tempi di assemblaggio sono, come visto, molto variabili così come quelli di collaudo. Tuttavia, è stato ritenuto che fosse molto utile per rappresentare le difficoltà che si riscontrano nel flusso informativo a valle della produzione e nei tempi di attraverso della linea. Infatti, come viene spiegato nel paragrafo 3.5, la maggior parte degli sprechi e delle problematiche arriva da una carente comunicazione. Dalla Value Stream Map in figura 3.9 si evidenzia, per esempio, come sia mancato un flusso informativo tra la fase di collaudo e di assemblaggio del convertitore. I valori rappresentati nel grafico sono valori medi rilevati durante un arco temporale di 3 mesi. Sebbene i progetti non siano accomunati da specifiche tecniche, lo sono per le tempistiche di assemblaggio: 35 ore per i PEBB (2 giorni con un team di 2 addetti), tra le 80 e le 90 per il convertitore (5 giorni per squadra) e 32/35 ore per il collaudo (4 giorni lavorativi circa).

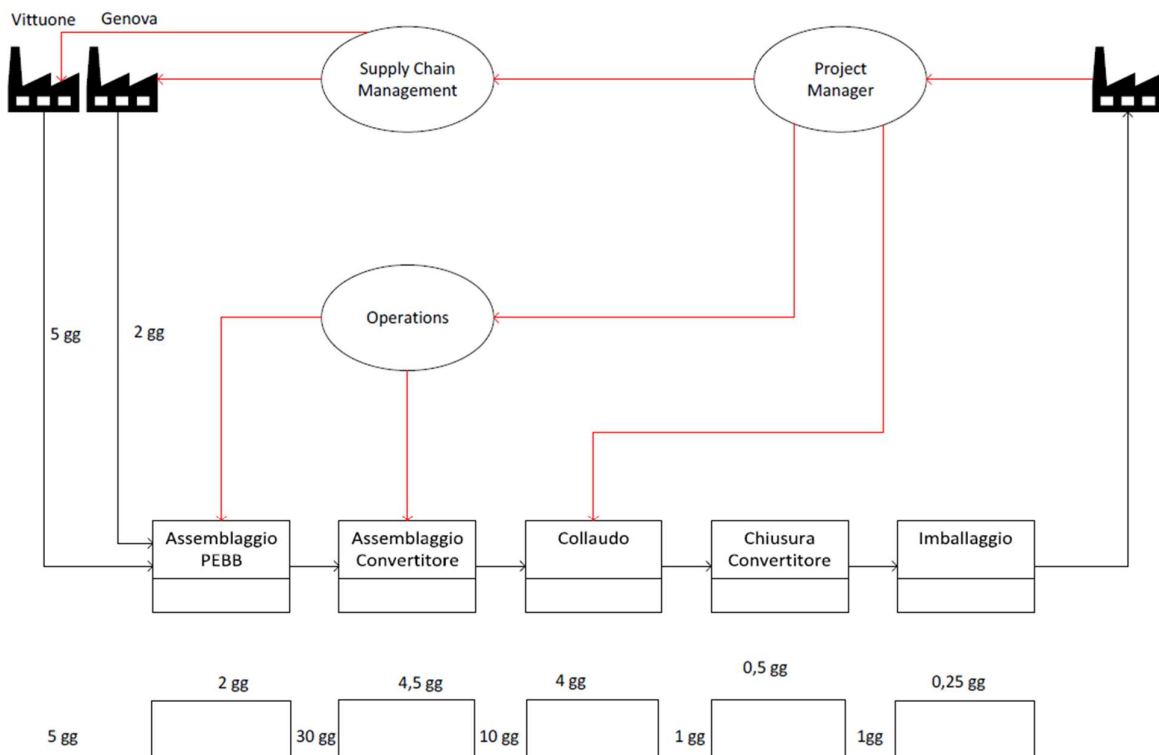


Fig. 3.9 Value Stream Map allo stato attuale del flusso produttivo e informativo (freccie in nero: produttivo, freccie in rosso: informativo)

È importante chiarire prima di analizzare il diagramma un aspetto di carattere organizzativo della divisione di Genova: i pianificatori della produzione fanno parte del team di Supply Chain Management e fanno riferimento al relativo responsabile, mentre i reparti di produzione, collaudo e del magazzino di Genova sono inclusi nel team delle Operations il quale ha il proprio manager. Premesso ciò, dal punto di vista del flusso delle informazioni si può notare che, in seguito agli input da parte del cliente, il project manager comunica ai team SCM e Operations le date richieste di consegna. A questo punto, il flusso delle informazioni entra in crisi non essendoci una adeguata coordinazione tra i due reparti poiché essi:

- non concordano una pianificazione di breve o lungo termine;
- si basano sul piano consegne di inizio anno, “interpretandolo” senza la condivisione di eventuali problematiche;
- non aggiornano l’altro team di eventuali ritardi nell’approvvigionamento o nella produzione che possono influire sull’altra squadra.

Vi sono quindi asimmetrie nei due piani produzione che portano a delle incomprensioni nell’arrivo delle forniture.

Passando al flusso produttivo, l’analisi che maggiormente non è inficiata dalla tipologia di produzione è l’indice di flusso, ovvero il rapporto tra il tempo totale delle attività a valore aggiunto e il tempo trascorso dall’arrivo delle materie prime all’uscita del prodotto finito.

$$\text{Indice di flusso} = \frac{\text{Tempo "a valore aggiunto"}}{\text{Tempo di attraversamento}}$$

$$\text{Tempo "a valore aggiunto"} = 2 + 4,5 + 4 + 0,5 + 0,25 = 11,25 \text{ giorni}$$

$$\text{Tempo di attraversamento} = 11,25 + 5 + 30 + 10 + 1 + 1 = 58,25 \text{ giorni}$$

$$\text{Indice di flusso} = \frac{11,25}{58,25} = 0,1931 = 19,31\%$$

Si può notare come il tempo a valore aggiunto sia meno di un quinto del tempo di attraversamento. In particolare, i tempi più lunghi si registrano tra l’assemblaggio dei PEBB e l’assemblaggio del convertitore, poiché in un lotto vengono assemblati tutti i PEBB prima ancora che inizi la produzione della prima macchina, e tra produzione del convertitore e collaudo dello stesso. Di seguito è riportata una situazione documentata durante il periodo in azienda che può essere esemplificativa: vengono assemblati PEBB per 8 convertitori a inizio febbraio, e dal piano consegne si vede la

programmazione di 4 convertitori al mese. Quindi, per soddisfare la richiesta, viene costruito un convertitore per settimana. Quindi i PEBB per il primo convertitore rimangono a scaffale in attesa per 1 settimana, mentre per l'ultimo ben 8 settimane. La media rilevata è quindi di un tempo di attraversamento medio di 4 settimane, 30 giorni circa. Le motivazioni di queste problematiche sono analizzate nel paragrafo 3.5.4.

3.5 Principali “muda”

Come è stato analizzato nei Paragrafi 3.3 e 3.4, la mancanza di spazio, carenze nel flusso informativo e l'inadeguata disposizione delle diverse aree del layout generano diverse criticità che si concretizzano in alcune delle tipologie di waste previste dalla Lean Production. Sono stati presi in esame quindi i 5 principali sprechi sia evidenziati dal personale stesso, il quale è stato coinvolto, tramite interviste, nel far emergere punti critici, sia tramite l'accesso ai dati del sistema di Qualità e di Pianificazione. Inoltre, si è cercato, attraverso la tecnica dei 5 Perché, di risalirne alle cause per elaborare una soluzione da implementare nel nuovo layout da realizzarsi.

3.5.1 Movimentazione

Come descritto nel capitolo 1, la movimentazione è lo spostamento del materiale sia esso il prodotto finito o la materia prima. È importante limitare al minimo qualunque tipo di movimentazione perché si tratta di una attività non a valore aggiunto. Mentre alcuni spostamenti sono inderogabili come quelli da e verso la zona di arrivo merci, altri sono assolutamente imputabili alla conformazione del layout di fabbrica. Analizzando le varie fasi del processo è stato individuato come una delle maggiori movimentazioni sia quella che comporta il trasporto del convertitore assemblato dalla zona produzione al reparto collaudo al primo piano.

“Si spreca molto tempo nel spostare il convertitore dal piano zero al primo piano”

1. *Perché?* Va portato al montacarichi, da lì scaricato, quindi eseguito il precollaudo in un'altra zona e infine collaudata in una apposita gabbia.
2. *Perché?* Le zone delle varie fasi di produzione e collaudo non sono vicine.
3. *Perché?* Il layout del flusso produttivo non è ottimale.
4. *Perché?* Quando la divisione MOTR si trasferì in questo stabile, si accordarono con la divisione PAEN per una suddivisione 50-50 di entrambi i piani.
5. *Perché?* È stata decisa una suddivisione funzionale della azienda: produzione al piano terra, collaudo al primo.

Oltre all'indagine causale, si è stimato, tramite 10 misurazioni per ogni diverso progetto, che questa sola movimentazione comporta una perdita totale tra salita e discesa di 15 minuti per 2 addetti a convertitore. La previsione di volume per il 2021 è di circa 250 convertitori. Si possono quindi calcolare le ore perse in un anno:

$$\text{Ore perse} = 15 \text{ minuti} * 2 \text{ addetti} * 250 \text{ convertitori} = 7500 \text{ minuti} = 125 \text{ ore uomo}$$

3.5.2 Sovraproduzione

Questo “muda” non è da considerarsi come una eccessiva produzione per il cliente finale. Lavorando su commessa, è ben chiaro fin dall'inizio qual è il numero complessivo di convertitori che andranno prodotti per soddisfare le esigenze del cliente. Tuttavia, nel flusso di produzione si crea una sovrapproduzione intermedia: considerando ogni fase del processo produttivo come cliente della fase precedente e nonostante l'applicazione del concetto di Just in Time per il Collaudo, talvolta per errate o mancanti comunicazioni il flusso si trasforma da PULL a PUSH: la mancanza di un univoco sistema per la trasmissione degli input di inizio o fine collaudo porta ad un disorientamento del Reparto Assemblaggio che non conosce quali siano le esigenze della fase successiva. In tal modo, continua a produrre alcuni tipi di convertitori per i quali non vi è la disponibilità della gabbia. A questo punto il Collaudo si trova costretto a modificare le tempistiche al fine di smaltire i prodotti costruiti in anticipo: si crea così un flusso PUSH.

“Vengono prodotti alcuni convertitori molto in anticipo rispetto a quando verranno collaudati”

1. Perché? La produzione non sa quando la precedente macchina terminerà il collaudo.
2. Perché? Spesso non vi è una programmazione del collaudo a breve termine.
3. Perché? Il collaudo di un convertitore può subire dei ritardi dovuti a problematiche e non si può effettuare in altre gabbie.
4. Perché? Ogni tipologia di convertitore può essere collaudata solo nella gabbia dove è stato inserito il set-up adatto al suo collaudo.
5. Perché? Nella costruzione della gabbia si è optato per la customizzazione e non per la standardizzazione

Uno dei principi fondamentali della Lean Manufacturing è la standardizzazione. Essa permette di utilizzare il maggior tempo possibile nella realizzazione del prodotto, creando quindi valore aggiunto per il cliente. La customizzazione, al contrario, obbliga gli operatori a modifiche del set-up. Questa è un evidente “waste” che coinvolge sia il fermo macchina in quanto nella fase di modifica la gabbia

di collaudo non è utilizzabile per le operazioni di test sia l'utilizzo di ore lavoro del collaudatore. Chiaramente per via del tipo di prodotto che viene prodotto nella fabbrica genovese una standardizzazione totale è impossibile; tuttavia, sia nella fase di assemblaggio che soprattutto in quella di collaudo sono individuabili caratteristiche comuni tra i vari progetti che permettono di allestire una gabbia di collaudo in modo da essere utilizzabile, previa una rapida e necessaria modifica dei cablaggi, per più tipologie di convertitori.

Tutto ciò si ripercuote quindi in una asincronia tra i due reparti di test e assemblaggio che sfocia in certi casi in una sovrapproduzione di alcuni tipi di convertitori che non verranno subito testati e in una mancanza di altri il cui collaudo potrebbe iniziare nell'immediato.

3.5.3 Attesa

Come evidenziato anche dall'Operations Manager, è evidente come la fase di test sia il collo di bottiglia del processo. Tuttavia, in alcune occasioni è successo che fosse il collaudo ad essere senza determinati convertitori da collaudare: il risultato è stato un periodo di fermo collaudo della gabbia assegnata a tale convertitore. Ciò viene ulteriormente amplificato in quanto, come descritto nel paragrafo 3.5.2 le gabbie non presenta un livello di standardizzazione tale da poter essere modificate in tempi ragionevoli per il loro utilizzo su altri progetti.

1. *Perché?* La produzione non ha consegnato quel determinato convertitore in tempo utile per dare continuità all'operatore e alla gabbia di collaudo dedicati al suo test.
2. *Perché?* La produzione non ha dato la giusta priorità all'assemblaggio di quella macchina.
3. *Perché?* Il collaudo non ha comunicato l'andamento dei collaudi e l'inizio previsto dei successivi
4. *Perché?* Non vi è un'adeguata comunicazione tra i reparti dovuta anche alla dislocazione su due piani
5. *Perché?* Non vi è un sistema che permetti di conoscere con buona precisione lo stato avanzamento lavori e attualmente l'invio di e-mail informative non è efficace

Si evince dunque che, contrariamente a quanto ipotizzabile data la condizione di collo di bottiglia, la fase di collaudo talvolta è costretta ad aspettare o a cambiare il piano di collaudo in attesa che il successivo convertitore sia pronto.

3.5.4 Magazzino

L'eccesso di magazzino che sia di materia prime, prodotti intermedi o prodotti finiti, è uno dei *muda* più presenti nelle aziende manifatturiere. È lampante che il magazzino abbia un ruolo determinante nello spreco di risorse monetarie in quanto tiene immobilizzati capitali dell'azienda senza che vi si aggiunga valore. La difficoltà di gestione del magazzino varia molto in base alla tipologia di prodotto, di lavorazioni e di contratti di vendita. Nel caso di ABB Genova i contratti di commessa prevedono generalmente lotti variabili nel tempo con diversi numeri di convertitori consegnati nei diversi mesi, con picchi improvvisi e richieste di posticipo o anticipo della consegna che richiedono una creazione di piccole scorte di prodotti finiti per soddisfare la richiesta di spedizione in lotti di 2 o 4 pezzi o la consegna di un elevato numero di macchinari. Quello riportato in tabella 3.1 è il piano consegne del 2021 al 31/12/2020 mentre quello in tabella 3.2 rappresenta quello al 31/03/2021.

PRODOTTO	2021 1	2021 2	2021 3	2021 4	2021 5	2021 6	2021 7	2021 8	2021 9	2021 10	2021 11	2021 12	2021 Total
F/06-001/A0				2	1	1	1						5
P022-001DAF		5	1										6
P034-001DAF	4	4	5	4	4	5	4	1	5	4	10	3	53
P051-001DAF	8	6	4	8	8	8	8	4	4	4			62
P068-001DAF		2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	2	26
P070-001DAF	2	2	6	2	4	4	6		8	6			40
P073-001DAF			2	2	4	2	4	4	2				20
P074-001DAF	2	2		2	2	2	2	2	2		2	2	20
P075-001DAF		2	2	1		2	2		2	4	4		19
P077-001DAF			2	1		2	1		2	1	2	2	13
Grand Total	16	23	24	24	25	28	30	13	29	21	22	9	264

Tab. 3.1 Piano consegne al 31/12/2020: nelle celle sono indicati i pezzi previsti per ogni mese

PRODOTTO	2021 1	2021 2	2021 3	2021 4	2021 5	2021 6	2021 7	2021 8	2021 9	2021 10	2021 11	2021 12	2021 Total
F/06-001/A0				2	1	1	1						5
P022-001DAF		6				5			5				16
P034-001DAF			2	2	4		11	7	10	11	7	8	62
P051-001DAF	4	4	8	4	12	8	4			4	4	4	56
P068-001DAF		2		4		4	2	2	4	2	4	2	26
P070-001DAF			4	4	4	4	4	2	8	6	6		42
P073-001DAF			2	2	4	2	4	4	2				20
P074-001DAF		2	2	4	2	4	2	2	4	2	4	2	30
P075-001DAF				1	2	4	2	2	2	4		4	21
P077-001DAF			2	1		2	1		2	1	2	2	13
P078-001DAF							2	2	4	4	4	2	18
Grand Total	4	14	20	24	29	34	33	21	41	34	31	24	309

Tab. 3.2 Piano consegne al 31/03/2021: nelle celle sono indicati i pezzi previsti per ogni mese

Si può notare una differenza importante in alcune consegne con variazione o spostamenti di diverse unità e l'aggiunta di alcuni nuovi ordini con la prima consegna a 5/6 mesi dalla ricezione dell'ordine, contro gli usuali 10/12 mesi.

Tuttavia, il problema non è rappresentato dal magazzino prodotti finiti, il quale è gestibile e mai ricco anche grazie a consegne realmente Just in Time con fine collaudo, chiusura macchina e spedizione effettuate in ottica PULL soddisfacendo le date richieste dal cliente come dimostrato da un On-Time Delivery (OTD) del 95%. Mentre il magazzino delle materie prime, il quale comprende tutta la componentistica del convertitore dalla singola vite fino al grosso trasformatore, viene gestito separatamente dal team Supply Chain Management e non è stato possibile approfondire il relativo processo lavorativo per questo elaborato di tesi, il magazzino dei prodotti semilavorati è molto impattante nella gestione della produzione e nel lavoro di ideazione del nuovo layout, oggetto del presente elaborato.

“Il magazzino dei prodotti intermedi è corposo e con bassa rotazione”

6. *Perché?* I PEBB e i sottoassiemi vengono assemblati a lotti per 6-10 convertitori in anticipo rispetto all'inizio della produzione della prima macchina
7. *Perché?* Sono parti complesse, alcune necessitano di 8 ore di lavoro per terminarle, con molte componenti che vengono posizionate sui banchi attrezzati, sui carrelli mobili o sugli scaffali se disponibili
8. *Perché?* Spesso non vi è lo spazio sufficiente per tenere i componenti base sugli scaffali senza che l'intero lotto di PEBB debba essere montato immediatamente
9. *Perché?* La disponibilità della scaffalatura è inadeguata sia per i componenti sia per i prodotti assemblati e la gestione ne subisce le conseguenze
10. *Perché?* L'area produttiva non era stata concepita per un volume produttivo così elevato

La mancanza di spazio dove poter tenere i kit per i vari PEBB obbliga a montare tutto il lotto nell'immediato creando due sprechi:

- un magazzino di prodotti semilavorati numeroso con componenti che verranno smaltiti solo dopo alcuni mesi;
- lo spreco di risorse dovuto all'obbligo dell'assemblaggio dell'intero kit quando le esigenze produttive richiederebbero il montaggio di un numero ridotto di pezzi ma al contempo la prontezza di tutti i prodotti intermedi al fine dell'inizio di produzione di un prodotto finito.

3.5.5 Difetti

La difettosità è l'unico spreco che può essere notato anche all'esterno della azienda. È causa non solo di rilavorazioni con conseguente dispendio di tempo e di denaro ma anche di una perdita di fiducia da parte del cliente se giunge fino ad esso sia direttamente che indirettamente, sotto forma di ritardo nella consegna. È perciò essenziale ridurre al minimo tali problematiche. Tuttavia, per la complessità delle macchine realizzate in azienda, soprattutto sulle prime prodotte della commessa, si effettuano numerose rilavorazioni dopo che nelle estensive prove di test vengono rilevate delle criticità. Problematiche che possono essere normali errori di assemblaggio di un convertitore di nuova progettazione. Questo però viene riscontrato anche nelle macchine successive.

“Lo stesso errore di assemblaggio, già indentificato, si riscontra anche sulle macchine successive”

1. *Perché?* L'assemblatore continua a produrre il convertitore con lo stesso difetto
2. *Perché?* Il collaudo non segnala tempestivamente ed efficacemente l'errore alla produzione
3. *Perché?* Non vi è una corretta comunicazione tra i due reparti
4. *Perché?* La dislocazione su due piani non facilita l'interazione
5. *Perché?* L'invio di e-mail risulta farraginoso in quanto l'addetto si può dimenticare o ritardare la loro trasmissione e solo alcuni addetti alla produzione hanno l'indirizzo aziendale

Su questo contesto influisce molto una corretta comunicazione da parte di chi effettua il collaudo nell'indicare adeguatamente, sia nel modo che nella tempistica corretta, l'errore alla produzione: gli addetti quindi sistemano immediatamente l'errore che non viene ripetuto. Tuttavia, come si evince dalla VSM attuale (Fig. 3.9), non vi è un sufficiente livello comunicativo, spesso intermediato dalle Operations.

Come si evince però dalla figura 3.10, tratta dal tabellone dei difetti riscontrati durante il collaudo di un progetto, lo stesso errore di inversione dei cablaggi è stato riscontrato su ben 5 macchine consecutive. Lo stesso comportamento si può riscontrare nella totalità dei progetti che abbiano volumi di produzione tali per cui vengano assemblati una quantità di convertitore prima che vengano svolte le fasi di test.

S/N	Descrizione Difetti	Difetto già riscontrato	Reference oggetto	Interventi Effettuati	Note	Tipologia difettosità (causa)	Fase rilevazione
4	Inversione + e M su LEM U110		U110	Ripristino cablaggio corretto		Cablaggio difettoso	Pre-Test
5	Inversione + e M su LEM U110	x	U110	Ripristino cablaggio corretto		Cablaggio difettoso	Pre-Test
6	Inversione + e M su LEM U110	x	U110	Ripristino cablaggio corretto		Cablaggio difettoso	Pre-Test
7	Lettura anomala LEM di corrente U110 causa + e M invertiti sul LEM.	x	U110	Ripristino configurazione corretta		Cablaggio difettoso	Test
8	Lettura anomala LEM di corrente U110 causa + e M invertiti sul LEM.	x	U110	Ripristino configurazione corretta		Cablaggio difettoso	Test

Fig. 3.10 Estratto di una tabella delle difettosità riscontrate durante il collaudo di uno specifico progetto

4. Layout di stabilimento “TO BE”

Dopo la descrizione della situazione attuale, in questo capitolo è illustrato il nuovo layout con le soluzioni che sono state adottate per la soluzione o la mitigazione di alcune problematiche e sprechi che sono state trattate nel capitolo 3. Nella prima parte verrà descritta la disposizione delle aree dedicate alle varie fasi (assemblaggio, pre-collauda, test, chiusura macchina) che è stata concepita sia per il piano terra che per il primo piano del Green Building delle sedi genovesi di ABB. In seguito, verranno analizzati i flussi produttivi e come, attraverso lo studio della Value Stream Map e dello Spaghetti Chart attuali, l'effetto che avranno nel nuovo layout. Il terzo paragrafo verterà sull'analisi dei miglioramenti che ci si aspetta di riscontrare in termini di correzione dei “muda” analizzati nel Paragrafo 3.5. Quindi, nell'ultima parte del capitolo verranno approfonditi alcuni temi legati alla Lean Production, come le 5S, in corso di implementazione, e il concetto di Continuous Improvement, attraverso la discussione di un progetto volto a snellire e semplificare le spedizioni dal Logistic Center di Vittuone. Occorre precisare che, al momento della stesura di questo capitolo, la realizzazione della nuova area, affidata a ditte specializzate è iniziata da qualche settimana (Fig. 4.1). Tutti gli altri lavori di adeguamento al nuovo layout riguardanti il piano terra verranno svolti durante l'estate 2021, mentre al primo piano si terranno nel corso del 2022. I risultati che sono trattati in questo lavoro di tesi sono quelli attesi mentre non si avrà la reale portata dei benefici apportati fino a qualche mese dopo il completamento della realizzazione del nuovo layout.

4.1 Descrizione della nuova planimetria

4.1.1 Piano terra

Sicuramente il piano terra è quello più rivoluzionato dalla nuova disposizione. Mentre l'area dedicata alla logistica non è stata modificata, mantenendo sia l'ufficio del reparto sia il magazzino nella stessa zona, è l'area produttiva a essere stata completamente ridisegnata. La principale novità è rappresentata dall'aggiunta di una nuova zona. In seguito alla decisione della divisione Process Automation – Energy Industries di contenere i costi, rinunciando a una parte della superficie del magazzino per diminuire le spese di affitto installando dei magazzini rotanti per ottimizzare lo spazio, è stato trovato un accordo al fine di rilevare quella superficie per poter espandere la produzione e garantire i numeri che si aspettano in costante crescita nei prossimi anni con l'impegno di moltissimi governi di tutto il mondo ad investire nei trasporti sostenibili, potenziando le linee ferroviarie, metropolitane e tramviarie, nonché con l'introduzione degli e-bus.

L'area in questione (Fig. 4.1) è di 311 m² ed è situata nella parte sud dell'edificio divisa dalla area attualmente in uso dalla zona di passaggio dove si trova il montacarichi. Questa nuova zona verrà dedicata esclusivamente all'assemblaggio dei convertitori dove vi saranno:

- 5 nuove aree per il montaggio di cui:
 - 1 per i convertitori costruibili su banco di dimensioni ridotte e con ore lavoro non superiori alle 20
 - 3 dotate di banchi dedicati alla singola isola per il montaggio dei PEBB e dei sottoassiemi
- Lo scaffale delle viterie

Anche l'area in utilizzo fino ad oggi, il cui progetto è in figura 4.3, subirà una importante trasformazione rispetto al layout attuale (Fig. 4.2) e si presenterà con le seguenti zone:

- 2 isole per l'assemblaggio di cui una dotata di banchi attrezzati.
- 4 gabbie di grandi dimensioni (circa 35 m²) di cui 3 di nuova costruzione con sistemi di sicurezza all'avanguardia mentre alla quarta già esistente verrà effettuato un upgrade nel corso del 2022.
- 2 zone per le verifiche pre-collauda e la chiusura definitiva del convertitore dopo aver superato la fase di test
- L'area di magazzino già esistente.

Si può notare come scompaiono rispetto alla disposizione attuale:

- la zona dedicata all'assemblaggio dei prodotti intermedi che ora è divisa, aumentata e integrata nelle isole di lavoro i cui effetti saranno analizzati nel paragrafo 4.3.2 dedicato agli Spaghetti Chart
- la zona di arrivo merci in quanto vi è in corso di realizzazione un progetto di Continuous Improvement che, realizzazione in collaborazione con il Logistic Center di Vittuone permetterà di velocizzare la disposizione dei materiali in arrivo dal magazzino lombardo direttamente sugli scaffali relativi.

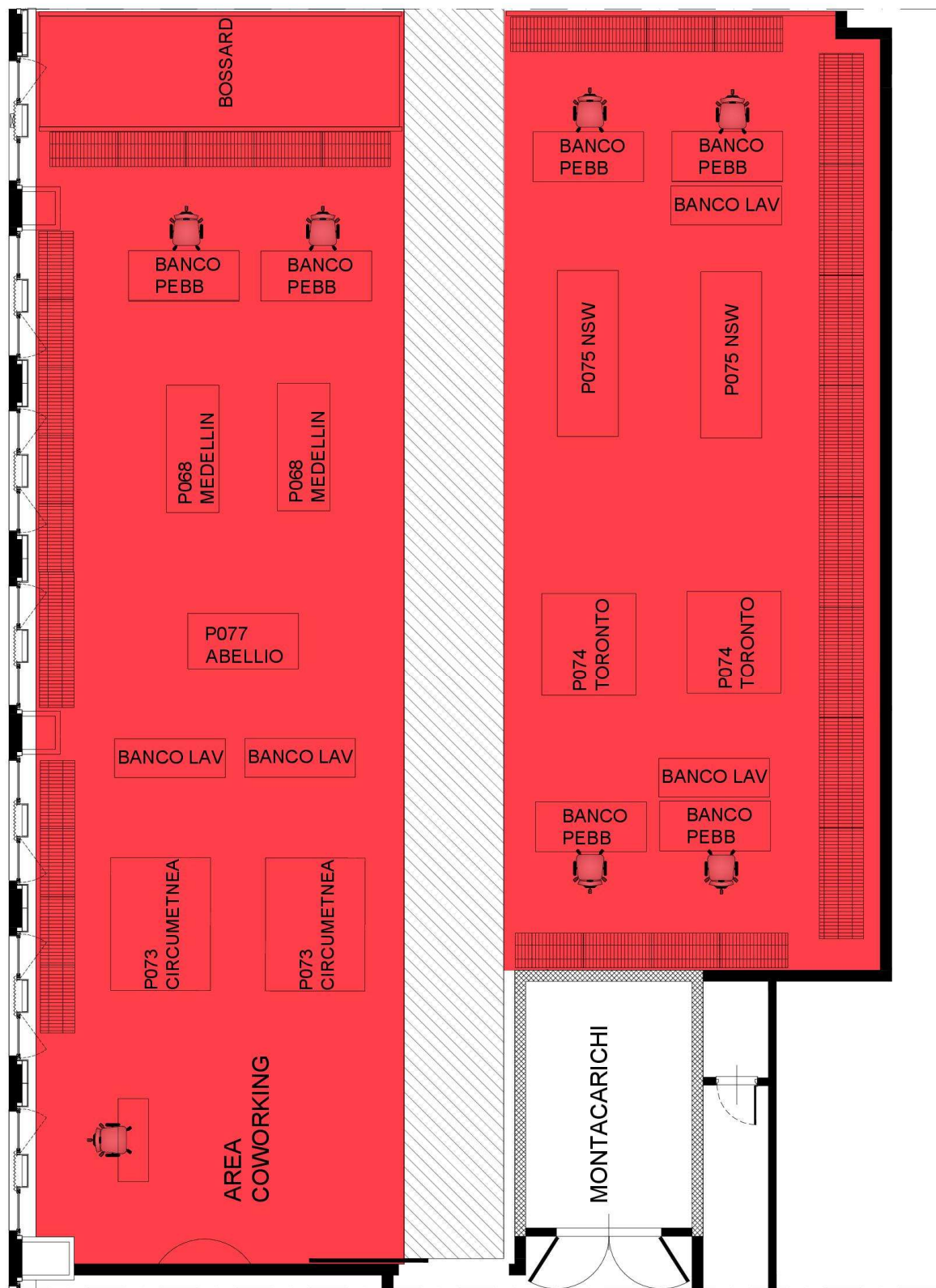


Fig. 4.1 Planimetria della nuova area sud al piano terra (in rosso sono evidenziate le zone di nuova concezione)

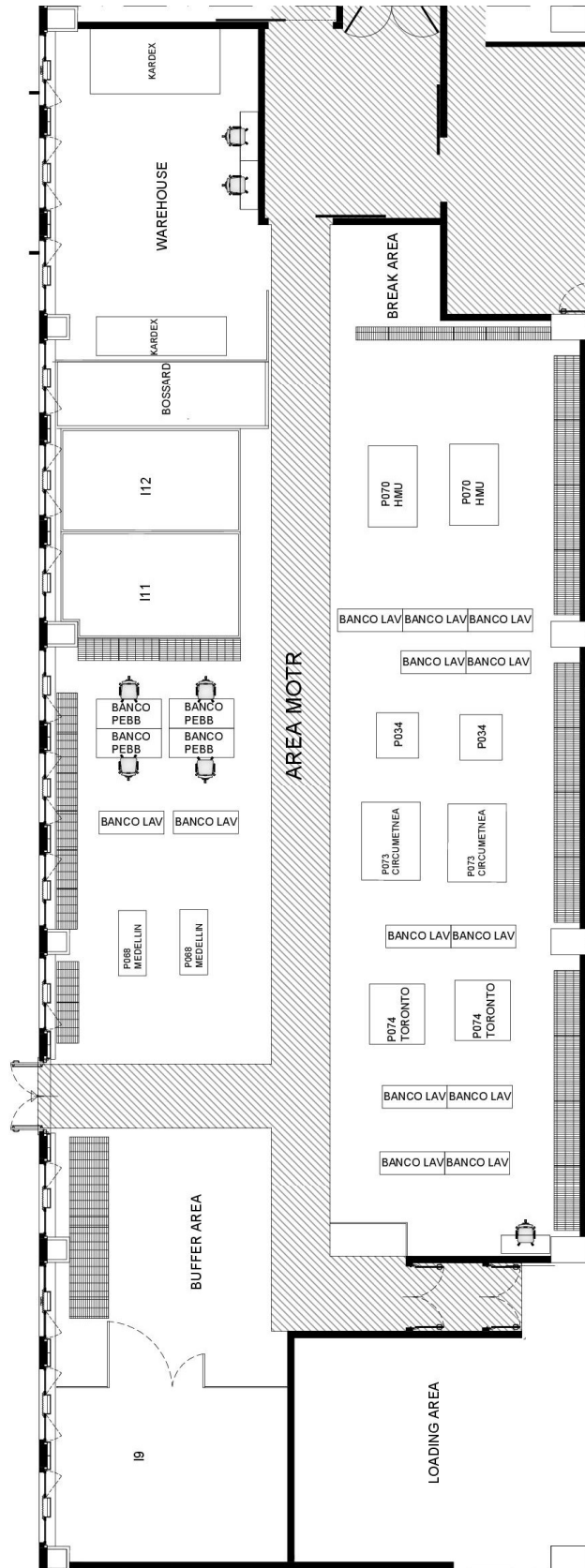


Fig. 4.2 Planimetria attuale dell'area nord in uso

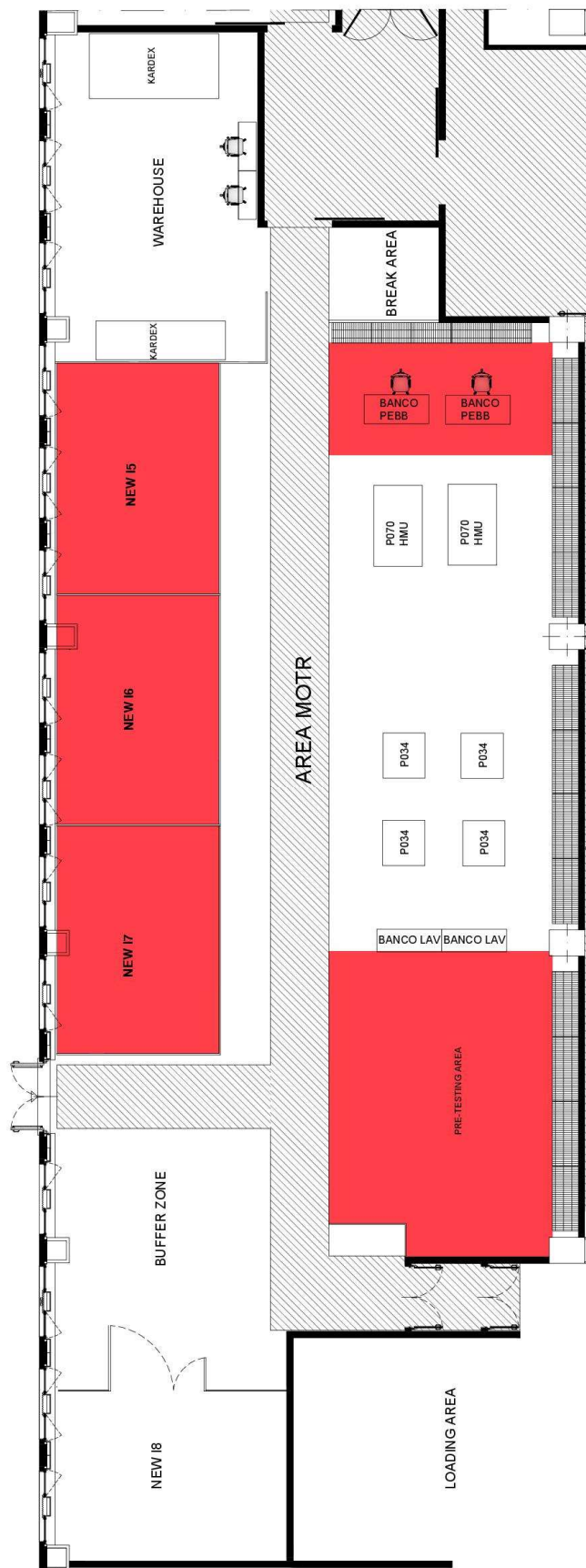


Fig. 4.3 Planimetria di progetto dell'area nord attualmente in uso (in rosso sono evidenziate le zone di nuova concezione)

4.1.2. Piano primo

Il piano 1 subirà interventi meno radicali dal punto di vista del layout ma ugualmente importanti per soddisfare i nuovi standard di sicurezza in ogni gabbia di collaudo e per adeguare la struttura ai nuovi obiettivi di business legati soprattutto a un'espansione del reparto Service: esso offre ampi spazi di crescita di fatturato e margini più elevati. La nuova disposizione è rappresentata in Fig 4.5.

Allo stato attuale il progetto è così delineato:

- l'area "Test produzione" attuale (riferimento alla Fig. 4.4) verrà ridotta come conseguenza della costruzione della tre gabbie di collaudo al piano terra ed una parte di essa sarà destinata al Service;
- le stesse gabbie presenti in quell'area passeranno da 7 a 4 la cui superficie sarà in linea con le nuove gabbie al piano terra (circa 32 m²)
- verranno unificate le gabbie M3 e M4 al fine di crearne una di maggiori dimensioni;
- l'area posta nell'angolo in alto a sinistra della Fig. 4.4 verrà ripensata: tutt'oggi sono in corso delle discussioni sul suo miglior utilizzo. È tuttavia probabile che venga destinata alle attività di riparazione e service.

In questo piano i lavori inizieranno nel 2022 una volta terminati quelli del piano terra. Questo al fine di comprendere al meglio se le modifiche effettuate daranno i frutti attesi e aver, quindi, la possibilità di adeguare il progetto del piano 1 ad eventuali mancanze o nuove esigenze.

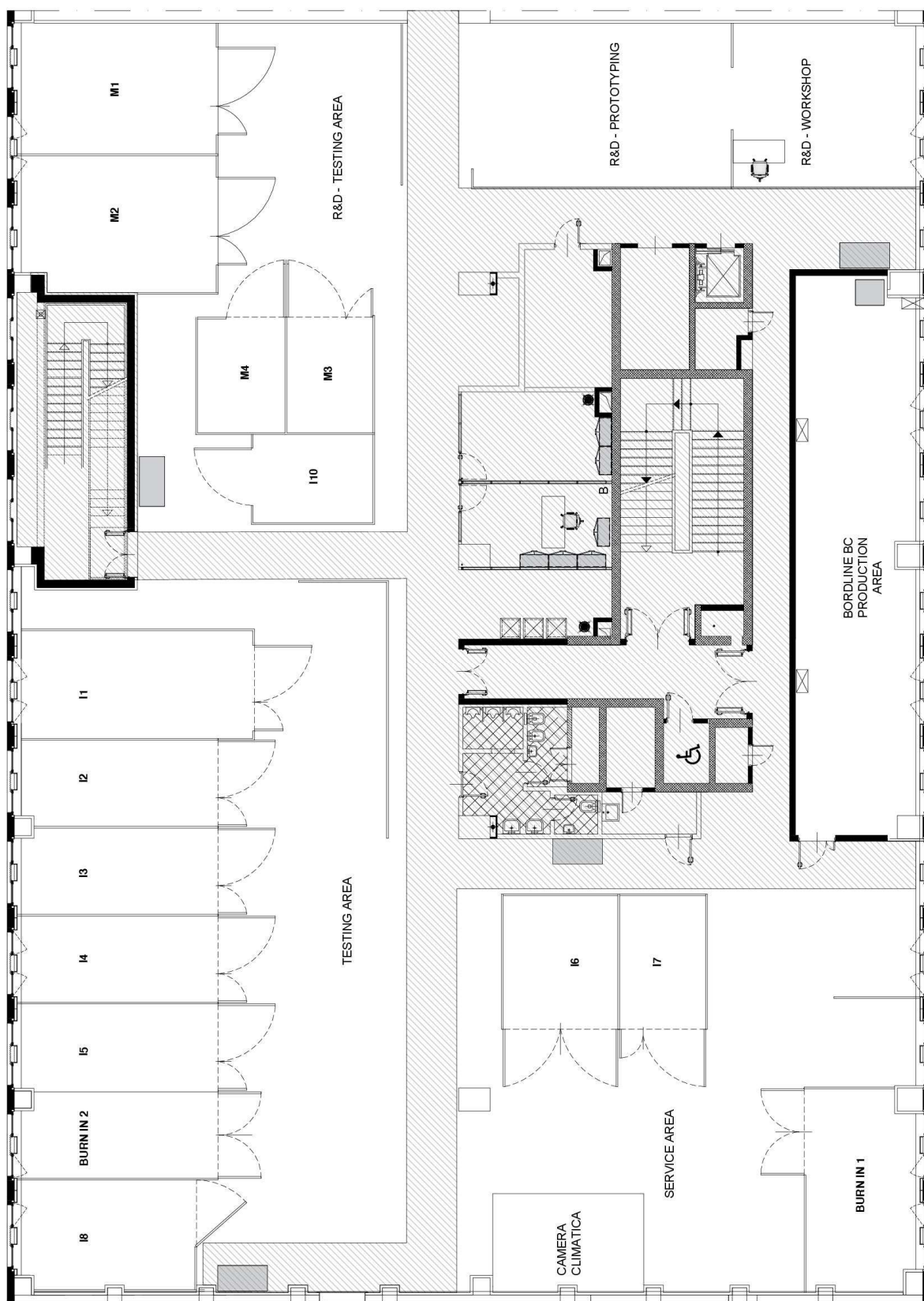


Fig. 4.4 Planimetria attuale del primo piano



Fig. 4.5 Planimetria di progetto del primo piano

4.2 Analisi del nuovo flusso produttivo

4.2.1 Preparazione della produzione

Questa fase sarà la meno impattata del nuovo corso, tuttavia troverà al suo interno ci saranno diverse novità. Nel corso degli anni successivi si stima che i due piccoli magazzini rotanti presenti nello stabilimento genovese verranno sempre più destinati allo stoccaggio del materiale del Service, il quale necessita di un'immediata e improvvisa disposizione del materiale, a discapito della programmabile produzione che vedrà una maggiore quantità di materiale destinata al magazzino di Vittuone. Concettualmente il flusso non cambierà: i pianificatori con il benessere del reparto produttivo daranno il via al prelievo del materiale dei PEBB e dei sottoassiemi meccanici dai magazzini che arriverà in lotti variabili. Tuttavia, non sarà più presente una zona di arrivo merci, in quanto attraverso un progetto di Continuous Improvement in corso di svolgimento, il materiale arriverà dai magazzini inscatolato direttamente nelle vaschette a bocca di lupo che verranno poste direttamente nella area di assemblaggio dei prodotti intermedi nella cella di lavoro assegnata a quel determinato convertitore. Il progetto è approfondito nel paragrafo 4.6.1. Solo in un secondo momento più opportuno arriveranno i materiali che andranno assemblati direttamente nella carpenteria del convertitore: essi non verranno più stoccati sugli scaffali della cella ma arriveranno su carrelli mobili. Ciò dovrebbe garantire una maggiore disponibilità di spazio per gli oggetti più delicati che vengono assemblati in anticipo.

4.2.2 Assemblaggio del convertitore

Come già spiegato nel paragrafo 4.1.1, le celle di lavoro principali conterranno due banchi attrezzati per la costruzione di PEBB e sottoassiemi e una zona che potrà contenere almeno 2 carpenteria in contemporanea: altrettante squadre di assemblatori potranno svolgere il lavoro in parallelo se la commessa dovesse richiedere grandi volumi mensili. Le prime lavorazioni si effettueranno sui prodotti intermedi: al momento dell'avvio della produzione l'addetto troverà il set-up dei materiali già effettuato sugli scaffali che sono posizionati di fronte ad ogni coppia di banchi. Potrà quindi iniziare ad assemblare i prodotti che gli sono stati assegnati, eventualmente in coppia con un collega. Su questi banchi, a differenza di quanto successo fino ad oggi, verranno assemblati sia i sottoassiemi sia i PEBB. Per quest'ultimi i 3 operai specializzati nella loro costruzione si sposteranno nelle diverse zone a seconda del convertitore nel quale verranno inseriti. I primi invece verranno

assemblati degli addetti incaricati anche dell'assemblaggio del prodotto finale. Quindi una volta terminati, entrambe le tipologie verranno poste sugli scaffali principale dell'isola produttiva.

Una volta che tutti i materiali intermedi sono assemblati, si procede con l'arrivo della carpenteria e con il carrello contenente i componenti che andranno direttamente montati in macchina. Gli addetti procederanno all'assemblaggio prendendo dallo scaffale o dal carrello i materiali necessari. Dopo le necessarie ore di montaggio e di cablatura, il prodotto finito sarà pronto per essere trasportato nell'area di collaudo.

4.2.3 Fase di collaudo e di chiusura

Quest'ultima parte del processo produttivo sarà largamente influenzata nel suo svolgimento della costruzione al piano terra di 3 nuove gabbie grandi che porteranno a 4 il totale. È stato stimato in fase di progetto che si passerà dal 10% dei convertitori collaudati al piano zero ad almeno il 75%. Non tutti i prodotti potranno essere testati allo stesso piano della produzione ma il sensibile aumento garantirà una diminuzione degli sprechi come vedremo nel paragrafo 4.3.3 dedicato agli Spaghetti Chart.

I prodotti assemblati verranno portati in una delle due zone dedicate alla fase di pre-test. Effettuate i controlli visivi e il test di isolamento, il convertitore sarà portato in una delle vicine quattro gabbie dove verrà collaudato. In caso di riscontro di un problema, la produzione potrà intervenire tempestivamente trovandosi allo stesso piano per la risoluzione dell'intoppo e sarà avvertita in tempo reale dell'errore. Arrivato il benestare da parte del collaudatore, il prodotto finito non tornerà più, come in precedenza, nella zona di assemblaggio per la chiusura ma sarà spostato in una delle due zone di pre-test e chiusura dove gli operai completeranno il ciclo produttivo con gli ultimi passaggi. A questo punto la macchina sarà pronta per essere imballata nella vicina area di entrata e uscita merci da parte della ditta esterna che la gestisce e quindi spedita al cliente.

4.2.4 Flow Chart

Di seguito è riportato il Flow Chart (fig. 4.6) che schematizza tutte le fasi del processo produttivo. Come si può notare, non vi sono cambiamenti rispetto alla situazione “as is”. Questo, poiché, il processo produttivo altamente manifatturiero rappresenta il punto forte del flusso, il quale soffre di problematiche e sprechi evidenziati nel capitolo 3.

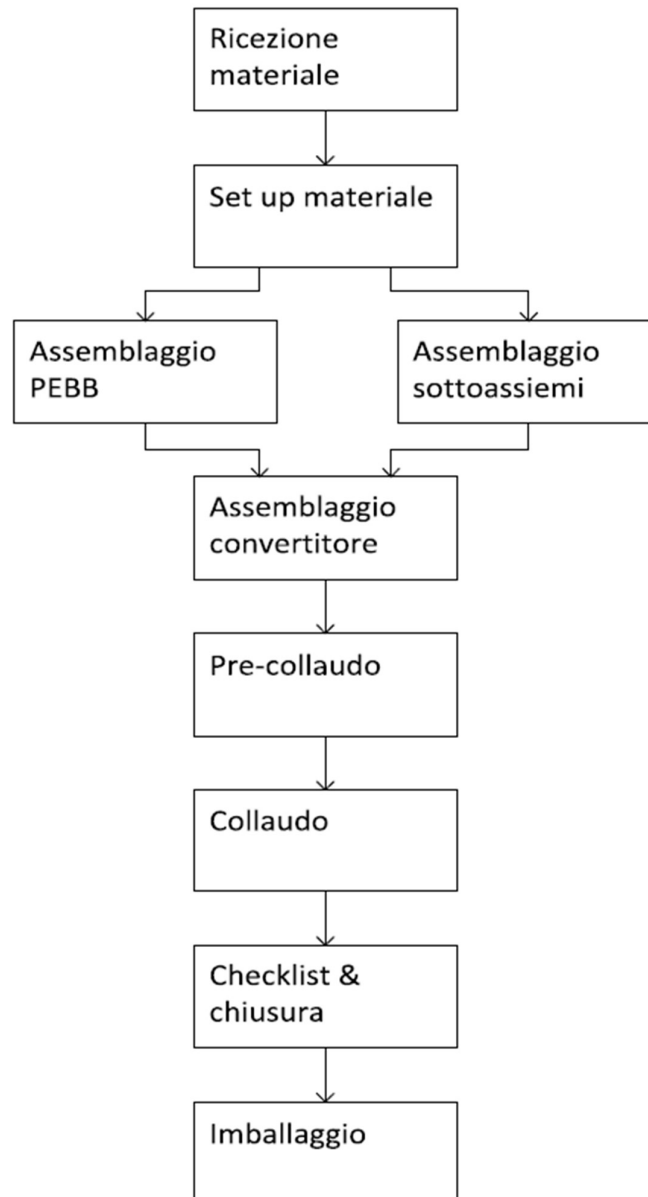


Fig. 4.6 Flow Chart delle varie fasi del flusso produttivo

4.3 Spaghetti Chart

In questo paragrafo verranno analizzati i nuovi Spaghetti Chart che sono emersi dalla progettazione del nuovo lay-out e verranno paragonati con la situazione attualmente in essere. Occorre sottolineare che in tal caso i tragitti, le distanze e la loro frequenza di percorrenza sono stimati sulla base dell'attività attuale e della previsione di come si svolgerà il ciclo produttivo una volta terminati tutti i lavori di realizzazione.

4.3.1 Arrivo del materiale e set-up

Con questa nuova disposizione, i materiali provenienti dal Logistic Center di Vittuone con i due trasporti settimanali verranno direttamente portati nella zona dedicata sugli scaffali oppure sistemati sul carrello mobile e trasportati nella zona di assemblaggio finale assegnata (Fig 4.7 e 4.8). Il percorso compiuto dall'addetto al set-up sarà variabile tra 20 e 50 metri a seconda della cella dove deve essere riposto il materiale. Nonostante sarà inevitabilmente più lungo per lo spostamento della zona produttiva, la presenza di maggiore spazio e di area prestabilite garantirà una maggiore velocità di stoccaggio in quanto non vi saranno problematiche di spazio. L'addetto compirà il percorso più lungo solamente una volta per ognuno dei bancali contro gli innumerevoli avanti e indietro dello stato attuale. Mediamente, con ogni trasporto ne giungono 6 a Genova. Per il materiale proveniente dal magazzino interno invece il percorso non cambierà molto mantenendo l'area più vicina a 5 metri e quella a circa 30.

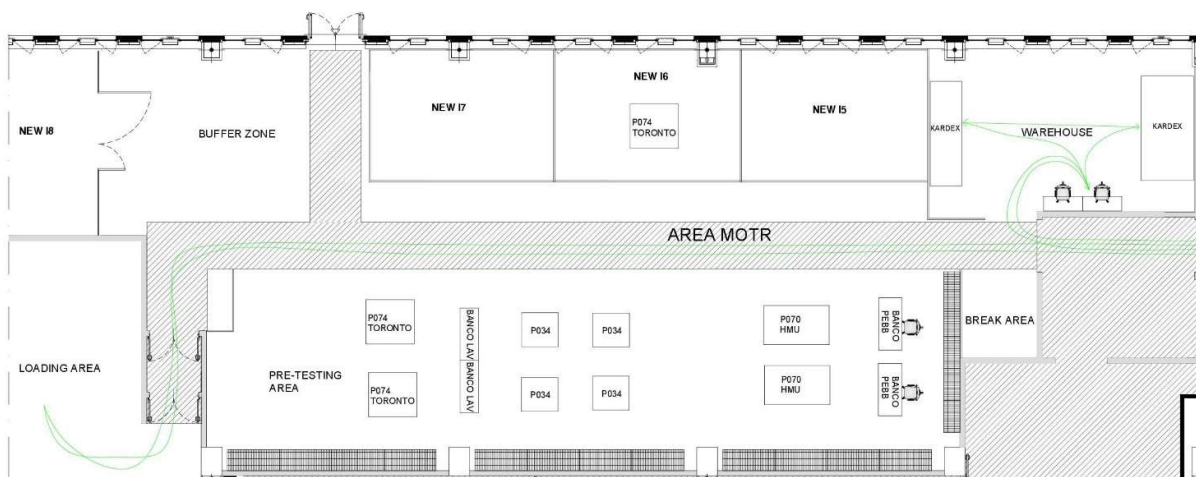


Fig. 4.7 Spaghetti Chart del set-up dei materiali nell'area nord

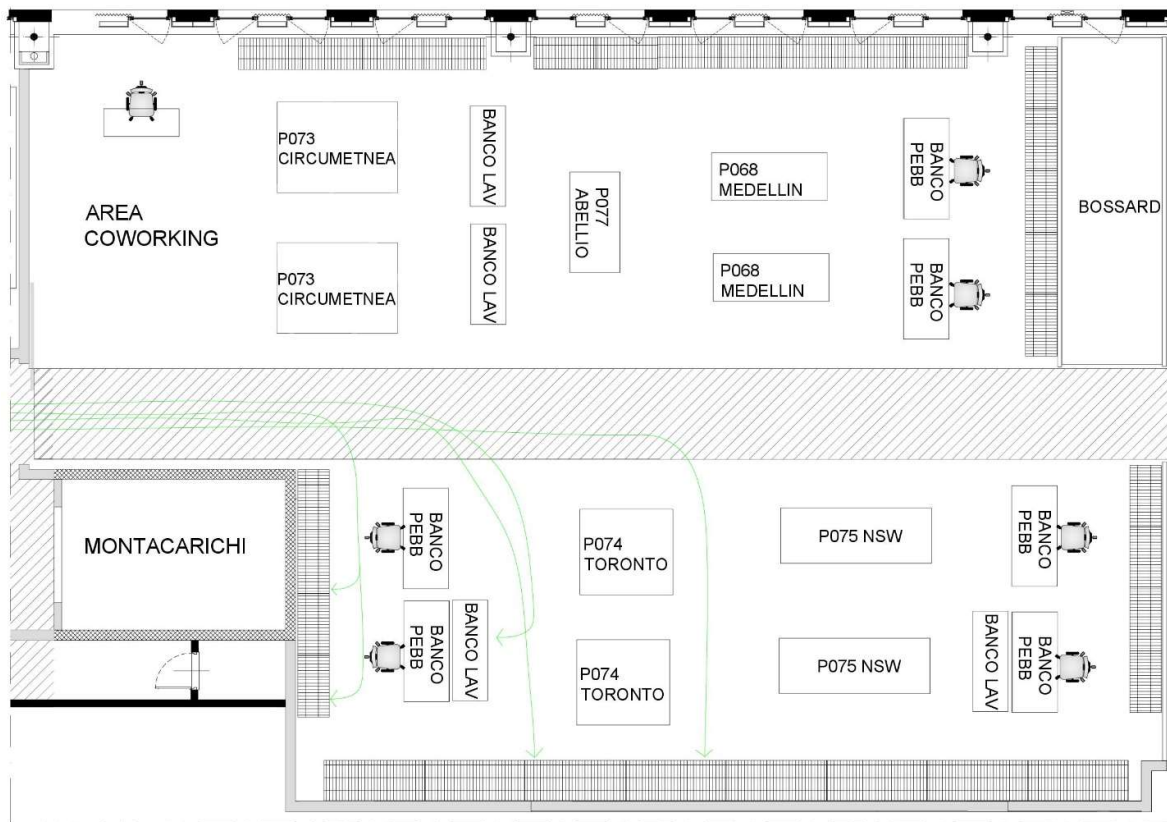


Fig. 4.8 Spaghetti Chart del set-up dei materiali nell'area sud

4.3.2 Assemblaggio dei prodotti intermedi e del convertitore

Con la nuova disposizione a celle con un percorso a U dei materiali, verrà eliminata la zona dedicata all'assemblaggio dei PEBB; gli addetti specializzati assembleranno questi sui banchi della cella di lavoro relativa al convertitore su cui andranno montati (fig. 4.9). Questa redistribuzione non impatterà in maniera negativa sul percorso dell'addetto in quanto anche attualmente dedica diverse giornate all'assemblaggio di tutti i prodotti per un determinato progetto. In tal modo però avrà la possibilità di avere alle sue spalle tutti i componenti e portarli sul banco in base a ciò che viene assemblato limitando di molto i suoi spostamenti all'interno dell'area. Verrà inoltre effettuato un significativo upgrade all'attrezzatura presente su questi banchi al fine di evitare tutti gli spostamenti per la ricerca dell'attrezzo. Quindi dopo aver terminato un PEBB mediante ogni 6 ore, l'operaio effettuerà una breve movimentazione di circa 8 metri per stoccarlo nello scaffale dei prodotti intermedi e renderlo disponibile all'assemblaggio finale. È una significativa riduzione della movimentazione in quanto oggi esso deve aspettare che, a causa della mancanza di spazio e di un layout non ottimizzato, venga deciso se metterlo su scaffale o porlo in un bancale poi messo nei ripiani alti con un percorso che può arrivare fino a 20/25 metri e l'uso del carrello elevatore.

Allo stesso modo anche l'assemblaggio dei sottoassiemi verrà semplificato dalla presenza dei materiali sugli scaffali dell'area dei banchi attrezzati. La distanza tra banco e scaffale è di circa 1,5 metri contro i 15 metri medi attuali per il recupero dei materiali. Inoltre, anche per quanto riguarda il sottoassieme finito vale il problema dello stoccaggio come per i PEBB. Tuttavia, se per quest'ultimi è meno impattante poiché sono richiesti maggiori tempi di assemblaggio, la rapida costruzione dei sottoassiemi fa sì che più frequentemente vi sia la movimentazione, fino a 4 volte al giorno.

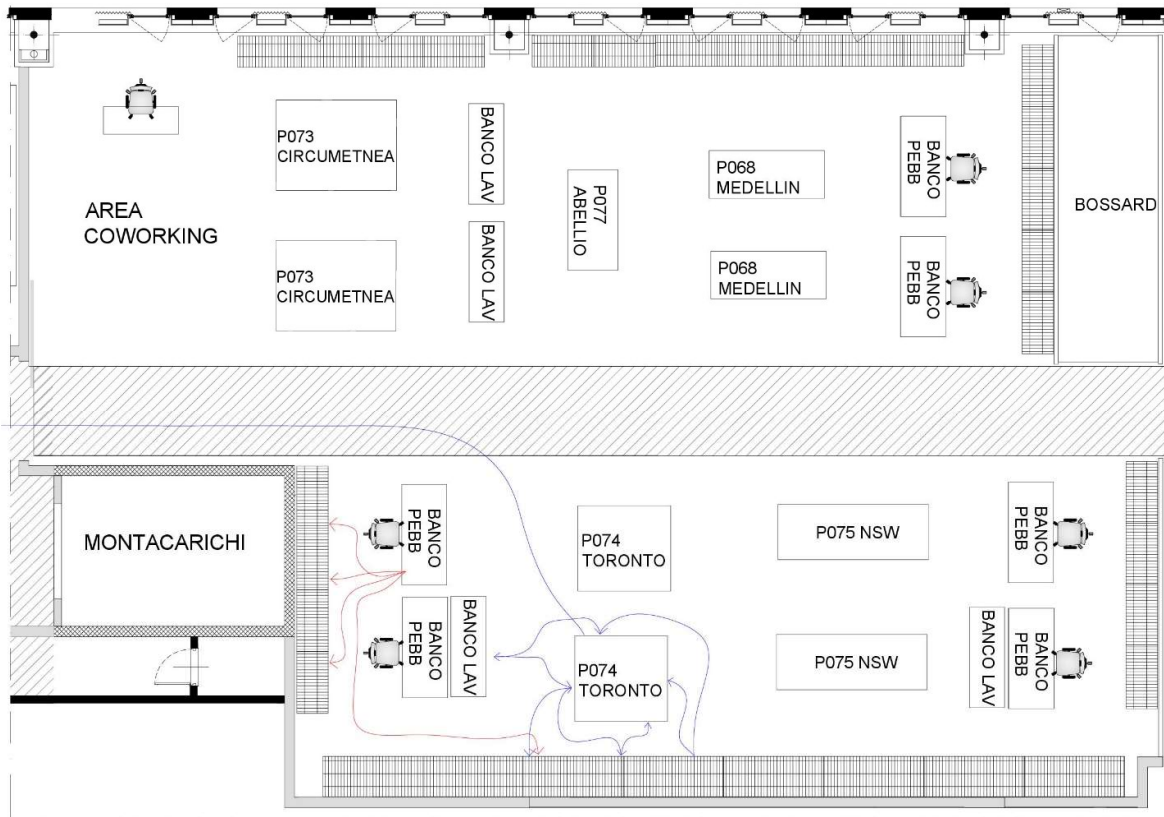


Fig. 4.9 Spaghetti Chart dell'assemblaggio (in rosso il percorso dell'addetto ai prodotti intermedi, in blu quello al convertitore)

4.3.3 Fase di collaudo e di chiusura

Lo Spaghetti Chart di quest'ultima fase dell'attività produttiva è quello maggiormente impattato dalla modifica del layout: la costruzione di 3 nuove gabbie di grandi dimensioni con la massima standardizzazione possibile fa sì che la maggior parte dei convertitori assemblati rimarrà al piano terra senza dover essere movimentato di un piano. Tuttavia, il numero di postazioni non permetterà di testare tutti i prodotti al piano zero: è stato stimato in fase di progetto che circa l'80% dei convertitori di grandi dimensioni non verrà spostato di piano. I rimanenti insieme a quelli di piccole dimensioni, molto più semplici da movimentare, verranno ancora collaudati al primo piano secondo

lo stesso Spaghetti Chart riportato in fig. 3.8. Quello riportato in fig. 4.10 rappresenta, invece, un esempio riguardante i nuovi percorsi effettuati. Dopo il termine dell'assemblaggio, il convertitore viene spostato di circa 40 metri nell'area dedicata ai controlli pre-test. Una volta terminati, verrà spinto nella gabbia assegnata distante mediamente 10 metri. Dopo il consueto ciclo di collaudo e ricevuto l'ok del responsabile, viene fatto uscire dall'area per permettere l'ingresso del convertitore successivo e posizionato nuovamente in una delle due aree di chiusura macchina. A differenza di quanto disposto in precedenza, ora il convertitore non torna nel reparto produzione per questa fase evitando quindi la movimentazione di un oggetto molto pesante, delicato e costoso, ma sono gli assemblatori a spostarsi per effettuare le fasi di chiusura, semplificando e riducendo i tempi del processo. Con quest'ultime lavorazioni il convertitore è pronto per essere spostato nella vicina area di imballaggio (circa 15 metri) per essere reso disponibile alla spedizione.

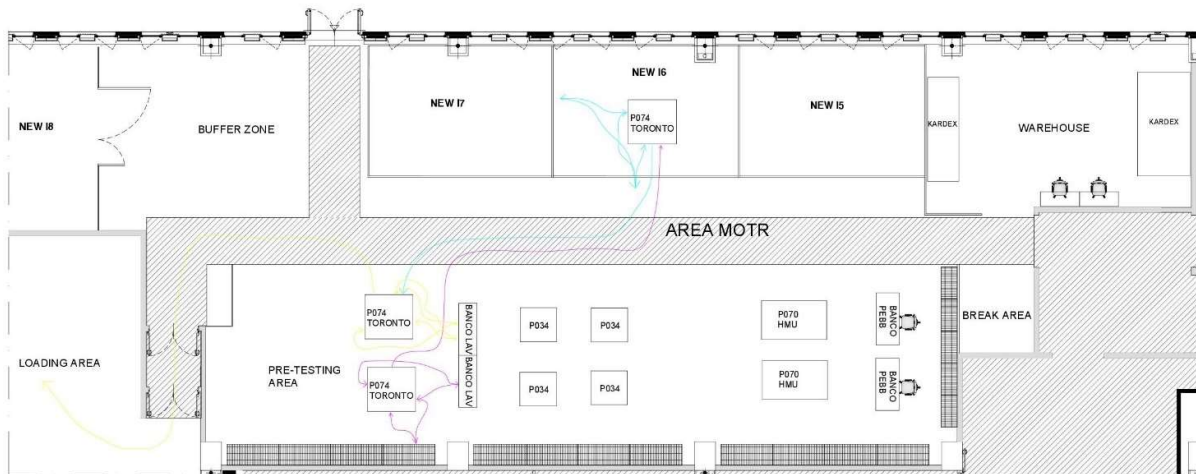


Fig. 4.10 Spaghetti Chart del pre-collaudo, collaudo e chiusura (rispettivamente in rosa, azzurro e giallo)

4.3.4 Analisi

Dallo Spaghetti Chart totale del processo produttivo nelle figure 4.11 e 4.12 si può notare come l'insieme delle lavorazioni sia contenuto in sole 3 aree: quella dell'assemblaggio, quella del pre-collaudo e chiusura e l'area di collaudo. I convertitori che verranno collaudati nelle nuove gabbie risulteranno avere tempi di movimentazione inferiori (si stima del -50%) rispetto a quelli che seguiranno il percorso dello spostamento di piano. In particolare, vi sarà anche una maggiore semplicità riducendo il rischio di danneggiamenti durante le movimentazioni. Un'altra fase che vedrà una sensibile riduzione sarà la fase di chiusura in quanto essa verrà effettuata subito al di fuori della gabbia di collaudo con un rapido spostamento degli addetti rispetto alla movimentazione dell'intero convertitore.

Dal punto di vista dell'assemblaggio invece, la maggiore disponibilità di scaffali permetterà di avere tutti i materiali disponibili a portata di mano e la creazione di celle dedicate per il singolo progetto integrando all'interno di essa sia la produzione dei prodotti intermedi che il prodotto finale consentirà una consistente riduzione degli spostamenti dei primi. Per contro la maggiore distanza dall'area di arrivo merci creerà un piccolo tempo supplementare che verrà colmato da una maggiore facilità di stoccaggio a scaffale data dalle aree dedicate.

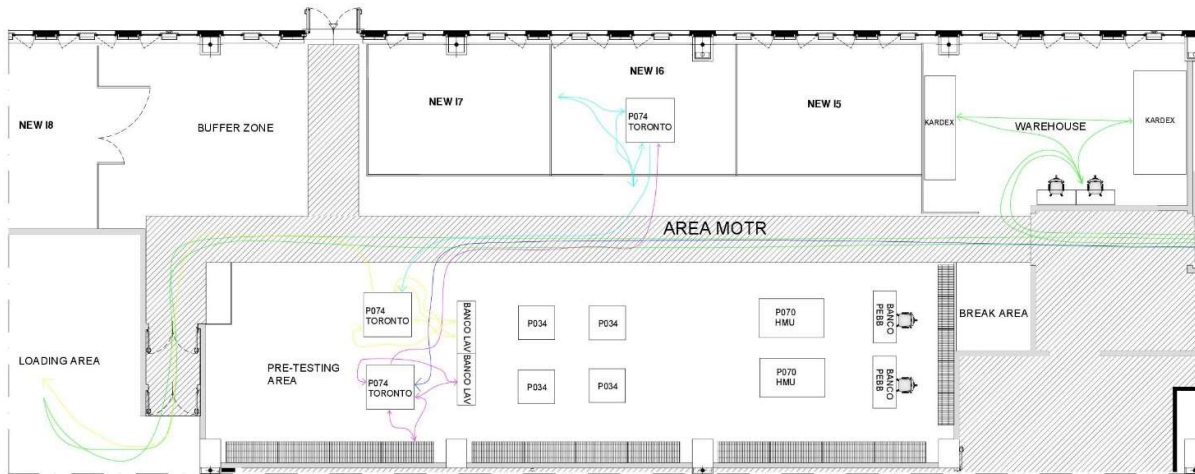


Fig. 4.11 Spaghetti Chart totale dell'area nord

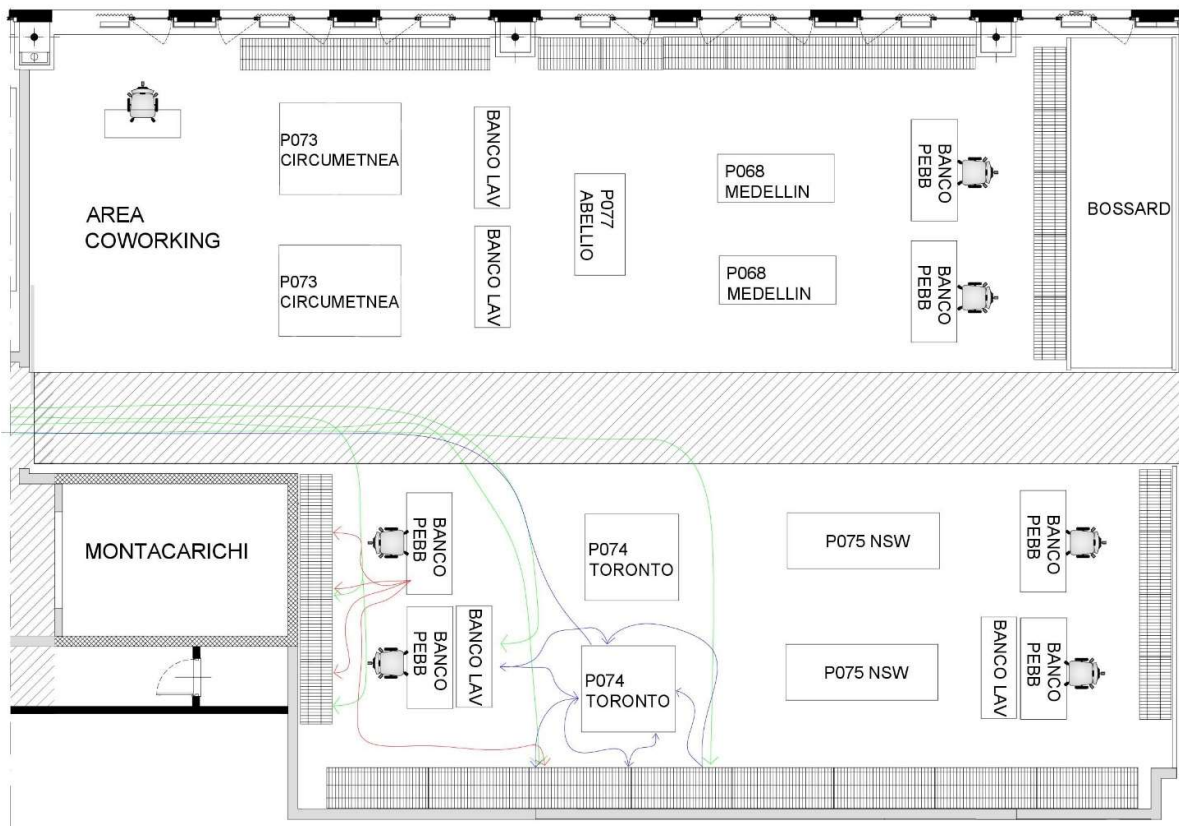


Fig. 4.12 Spaghetti Chart totale dell'area sud

4.4 Analisi del valore futuro – Value Stream Map

Come nel caso della trattazione del capitolo 3, i valori indicati nella Value Stream Map in figura 4.13 rappresentano una stima. Verranno quindi effettuate analisi e rilevamenti per verificarne la reale correttezza e stabilire se gli obiettivi sono stati centrati.

Nel corso del progetto si sono studiati dei metodi per risolvere o mitigare le problematiche legate sia al flusso informativo che a quello produttivo. Partendo dal primo è sempre il Project Manager ad interfacciarsi con il cliente e a ricevere le sue richieste. Negli step successivi, dopo aver analizzato le carenze attuali, sono state adottate due azioni:

- Settimanalmente il reparto Operations richiederà alla Pianificazione i materiali da prelevare dai magazzini e far arrivare la settimana successiva per dare continuità alla produzione. Di fatto assumeranno il controllo del metronomo in modo da non incappare in arrivi indesiderati di materiale.
- In seguito alla costruzione delle nuove gabbie, si ottimizzerà il processo di introduzione di una vera filosofia PULL tra i reparti di collaudo e produzione con il primo che in base alla richiesta di produzione mensile scandirà le tempistiche attraverso indicazioni costanti.

Il flusso produttivo non subirà grandi modifiche in quanto le fasi del flusso rimarranno le cinque identificate in precedenza e nel medesimo ordine visto nella figura 3.2. Si interverrà tuttavia sui tempi a valore aggiunto cercando di diminuirli a fronte di una maggiore efficienza e soprattutto sui tempi di attraversamento:

- Tra assemblaggio PEBB e assemblaggio convertitore: con la presenza di celle dedicate per singola commessa attrezzate per la realizzazione di tutte le fasi non sarà più necessario realizzare l'intero lotto in un'unica soluzione ma si potranno realizzare i singoli PEBB di volta in volta in ottica PULL facendo passare i tempi di attraversamento da 30 giorni a 5 giorni.
- Tra assemblaggio convertitore e collaudo: come spiegato, sarà il reparto del collaudo a dettare i tempi, ricercando un miglior tempismo e riducendo i tempi di attraversamento mediamente da 15 a 4 giorni.

Riepilogando, le varie fasi e i rispettivi tempi di attraversamento tra una e l'altra sono (Fig 4.12):

- Spedizione del magazzino di Vittuone al reparto Assemblaggio: 5 giorni di attraversamento;
- Assemblaggio dei PEBB per un convertitore: 2 giorni;

- Tempo di attesa dei PEBB prima del loro assemblaggio in macchina: 5 giorni
- Montaggio del convertitore: 4,5 giorni
- Attesa tra fine assemblaggio e inizio collaudo: 5 giorni
- Fase di test completo della macchina: 4 giorni
- Attraversamento tra termine del test e chiusura macchina: 1 giorno
- Attività di chiusura macchina: 0,5 giorni
- Da fase di chiusura al Reparto Imballaggio: 1 giorno
- Imballaggio del convertitore: 0,25 giorni

La stima dei miglioramenti in corso di implementazione porterebbe quindi ai seguenti dati:

$$\text{Indice di flusso} = \frac{\text{Tempo a valore aggiunto}}{\text{Tempo di attraversamento}}$$

$$\text{Tempo a valore aggiunto futuro} = 2 + 5 + 4 + 0,5 + 0,25 = 11,75 \text{ giorni}$$

$$\text{Tempo di attraversamento futuro} = 11,75 + 5 + 5 + 4 + 1 + 1 = 27,75 \text{ giorni}$$

$\text{Indice di flusso} = \frac{11,75}{27,75} = 0.4234 = 42,34 \%$ Confrontando con i numeri della Value Stream Map attuale presente nel paragrafo 3.4, si può notare che il tempo a valore aggiunto rimane immutato non essendoci cambiamenti al metodo produttivo. Tuttavia, sono i tempi di attraversamenti da cui ci si aspetta un notevole miglioramento: si stima una riduzione da 63,75 giorni a 27,75 giorni grazie all'introduzione della logica PULL. Conseguentemente, l'indice di flusso aumenterebbe dal 18,43 al 42,34%.

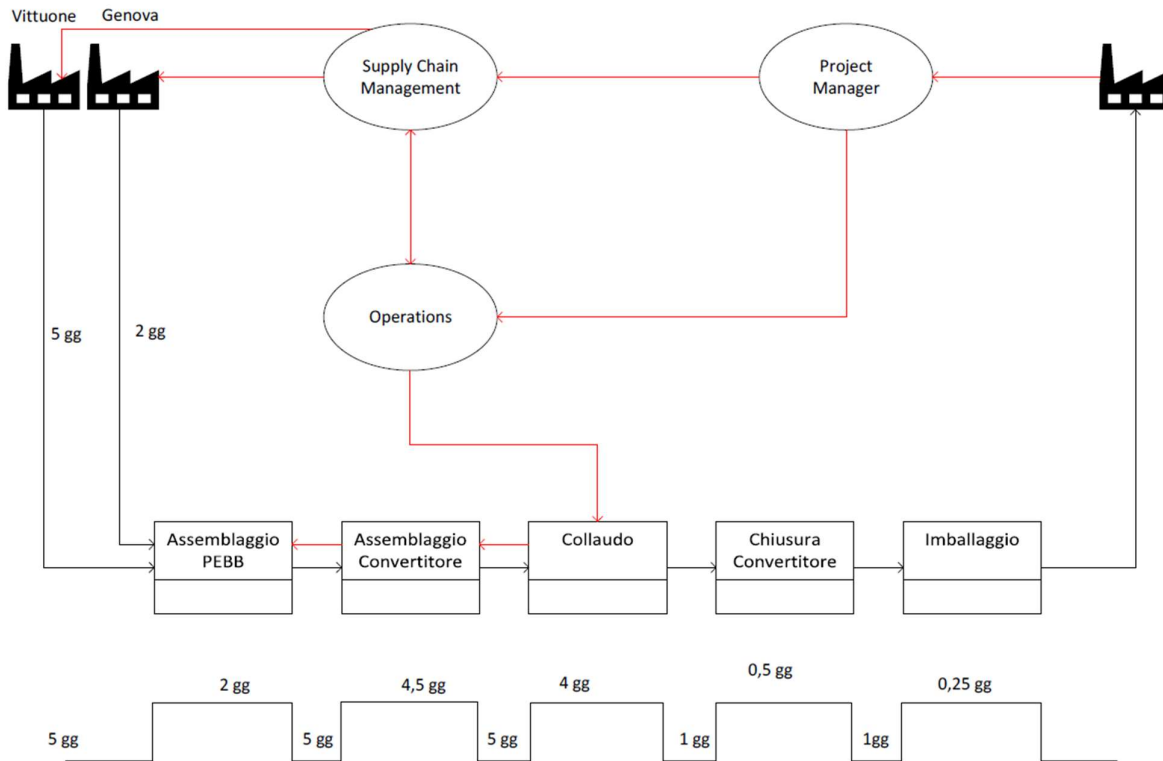


Fig. 4.13 La Value Stream Map futura attesa

4.5 Soluzioni per i “muda”

Dopo aver descritto i principali sprechi che affliggono l’attuale processo produttivo dovuto a una inadeguata disposizione degli spazi nel paragrafo 3.5, in questa sezione tratterò i loro potenziali miglioramenti grazie all’introduzione del nuovo layout, di alcune tecniche che fanno parte della Lean Production e di un modificato flusso informativo. Ripartendo dell’ultimo “perché” di ogni spreco, analizzerò i benefici attesi una volta terminato la fase realizzativa.

4.5.1 Movimentazione

Identificato come lo spreco più evidente della precedente disposizione, è anche quello i cui benefici sono i più facilmente individuabili. La causa principale era stata individuata:

“Perché? È stata decisa una suddivisione funzionale della azienda: produzione al piano terra, collaudo al primo.”

Superando a livello macroscopico la divisione funzionale delle aree produttive con l’integrazione di 4 zone di collaudo nell’area dedicata all’assemblaggio, la maggioranza dei convertitori di grandi dimensioni verrà testata allo stesso piano in cui è assemblata. Stimando una media di 32 ore di collaudo in gabbia per convertitore, le nuove 4 gabbie garantiranno una capacità di circa 230

convertitore all'anno con un turno di lavoro e di oltre 400 se si utilizzassero due turni. Appare quindi che, prendendo ad esempio il 2021 con i suoi 300 convertitori stimati, il 75% di essi potrebbe completare il processo produttivo senza essere portato al primo piano.

Riportando l'analisi eseguita nel paragrafo 3.5.1 le ore attualmente impiegate in movimentazioni sono:

$$\text{Ore attuali} = 15 \text{ minuti} * 3 \text{ addetti} * 300 \text{ convertitori} = 225 \text{ ore}$$

Con la nuova soluzione, si dovrà distinguere tra prodotti testati al primo piano e a quella terra e la cui somma è:

$$\begin{aligned} \text{Ore previste} &= 15 \text{ minuti} * 3 \text{ addetti} * 70 \text{ convertitori} + 5 \text{ minuti} * 3 \text{ addetti} \\ &\quad * 230 \text{ convertitori} = 110 \text{ ore} \end{aligned}$$

La riduzione del 50% del tempo utilizzato in movimentazione è una notevole riduzione dello spreco, considerando l'impossibilità di una completa eliminazione di questo "muda". Oltre al minore tempo perso, come miglioramento va considerato il minore percorso eseguito con una conseguente ridotta possibilità di incidenti che possono causare danni o creare situazioni di pericolo per i dipendenti.

4.5.2 Sovraproduzione

Lavorando per commesse, nella fabbrica ABB Traction genovese, non potesse crearsi una sovrapproduzione di prodotti finali, bensì di convertitori assemblati ma ancora da collaudare. Le evidenze avevano portato all'individuazione di un collo di bottiglia nella fase di collaudo, le cui cause erano imputabili alla mancata standardizzazione delle gabbie. All'interno di esse veniva effettuato un setup personalizzato per ogni singolo progetto che portava a ore di rilavorazioni per poter testare un altro convertitore all'interno della stessa gabbia. Inoltre, era necessario mantenere un elevato numero con alte spese fisse di manutenzione e di costi di sicurezza.

"Perché? Nella costruzione della gabbia si è optato per la customizzazione e non per la standardizzazione"

Lavorando congiuntamente con l'Ingegneria di Collaudo, indicando la strada da perseguire per ottimizzare il processo produttivo, le nuove 3 gabbie verranno costruite con una maggiore possibilità di essere flessibili nel loro utilizzo. Inoltre, seguiranno tutti i nuovi criteri di sicurezza emerse nel corso di un progetto di miglioramento di quest'aspetto eseguito nel 2019 e utilizzato per la gabbia pilota I1 situata al primo piano, la cui realizzazione è avvenuta nel corso del 2020. A seguito

dei feedback ricevuti, verranno apportati upgrade che ne miglioreranno la facilità di utilizzo e renderanno più veloce il lavoro del collaudatore. In seguito, anche la gabbia I9, attualmente presente al piano terra (fig. 4.2), verrà rivista nei suoi sistemi di utilizzo e di sicurezza, portandola al livello delle 3 nuove.

Senza l'introduzione della standardizzazione, non si sarebbe potuto prevedere l'utilizzo a ciclo continuo delle gabbie: essa permetterà di testare i convertitori una volta assemblati senza la creazione della sovrapproduzione, impattante sul magazzino dei semilavorati e sulla conseguente parte di capitale immobilizzato.

4.5.3 Attesa

“Perché? Non vi è un sistema che permetti di conoscere con buona precisione lo stato avanzamento lavori e attualmente l'invio di e-mail informative non è efficace”

Questa era la risposta al quinto “perché” data nel paragrafo 3.3.3 in cui si analizzava lo spreco dell'attesa. È evidente come una corretta comunicazione sia alla base di ogni processo produttivo. In ottica PULL, è il reparto del collaudo che deve indicare al processo a monte, ovvero l'assemblaggio, quando far giungere il prodotto successivo. In tal senso la nuova disposizione su un unico piano potrà garantire una più semplice e veloce comunicazione.

Al fine di rendere chiaro e visibile, seguendo i principi del Visual Management della Lean Production, verrà introdotta in un'area comune una bacheca che verrà quotidianamente aggiornata. Su di essa ci sarà una timeline che permetterà ai collaudatori di indicare le date previste di fine collaudo delle successive 3 macchine: in questo modo la produzione avrà una visione di massima delle successive 2/3 settimane e potrà adattare di conseguenza l'utilizzo delle risorse, dedicandone un maggior numero ai progetti più impattanti. Dal canto suo, la produzione confermerà le date o, in caso di problematiche come la mancanza di alcuni materiali, proporrà una data alternativa. Il reparto del collaudo sarà quindi informato a sua volta e potrà dedicare le proprie risorse ad altre attività, al fine di ridurre al minimo il tempo non utilizzato.

4.5.4 Magazzino

Nell'analisi effettuata sulla fabbrica "as is" era stato constatato come né il magazzino materie prime né quello prodotti finiti rappresentassero un problema: lavorando su commessa, le materie prime sono calcolate al fine di garantirne il completamento e avere un minimo di spare parts mentre i prodotti finiti vengono consegnati direttamente al cliente in ottica Just-In-Time. Era stato identificato come forma di "muda" il magazzino dei prodotti intermedi. Difatti, per via delle ridotte dimensioni dell'area dedicata a questi elementi, i PEBB e i sottoassiemi venivano obbligatoriamente costruiti a lotti: non vi era la possibilità di costruire solo alcuni PEBB del lotto richiesto (es. 3 di 9), poiché i materiali non assemblati rimanenti non avevano una loro sistemazione temporanea in attesa del loro assemblaggio. Si creava così un'elevata scorta di prodotti intermedi che non veniva esaurita prima di alcuni mesi.

"Perché? L'area produttiva non era stata concepita per un volume produttivo così elevato"

Per risolvere questo aspetto critico, sono stati valutati come opportuni due aspetti nel corso del lavoro di progettazione:

- L'allargamento stesso della superficie dedicata al reparto assemblaggio avrebbe fornito l'opportunità dedicare un maggiore spazio ai prodotti intermedi al fine di semplificarne la gestione della produzione
- La creazione di un layout a celle con aree dedicate all'interno di ciascuna avrebbe permesso la creazione di zone dove poter riporre i materiali di un lotto che non ha la necessità di essere costruito nel breve periodo

Con questi due punti si potrà assemblare solo i pezzi che servono, tentando di introdurre anche tra la fase di assemblaggio convertitore e la precedente fase di assemblaggio prodotti intermedi la logica PULL, necessaria per la ricerca della riduzione degli sprechi. In aggiunta, le risorse saranno utilizzate dove esiste una reale necessità produttiva, non essendo più vincolate al completamento dell'intero lotto.

Tuttavia, occorre segnalare come un superamento dell'utilizzo dei lotti per la richiesta dei materiali ai magazzini o la loro diminuzione nel numero, arrivando a un massimo di 4 macchine, garantirebbe un maggiore efficienza: verrebbero eliminati i materiali dei prodotti intermedi stoccati a scaffale in attesa di essere assemblati. Questa soluzione proposta non è, al momento, attuabile in quanto genererebbe un maggiore incremento del carico di lavoro sui magazzini.

4.5.5 Difetti

Per quanto si possa cercare di ridurli al minimo, i difetti sono inevitabili: il saperli riconoscere subito, identificarne le cause e adottare le adeguate contromisure fa la differenza. Ed è proprio tra queste maglie che si trovavano le difficoltà più grosse all'interno del flusso produttivo analizzato. Vi era una mancanza di una tempestiva e corretta comunicazione.

“Perché? L'invio di e-mail risulta farraginoso e solo alcuni addetti alla produzione hanno l'indirizzo aziendale”

Le mail sono uno degli strumenti comunicativi meno efficaci, mentre il Visual Management è una delle tecniche migliori per rendere note a tutte le persone interessate il messaggio. In tal senso anche attualmente si trova nel reparto di assemblaggio una parte della bacheca dedicata agli errori di montaggio (fig. 4.13). Tuttavia, questo metodo è gestito solo dal responsabile qualità ed è utilizzato con una frequenza ridotta.

Sfruttando il trasferimento della maggior parte del collaudo al piano 0, la soluzione ideata è stata l'abolizione delle mail in favore di un esteso utilizzo del Visual Management attraverso delle bacheche simili a quelle utilizzate. Verrebbero inserite in ogni cella così la segnalazione degli errori arriverebbe agli assemblatori interessati. Inoltre, le segnalazioni le farebbero direttamente i collaudatori in tempo reale, stampando le fotografie degli errori e spiegandole agli addetti della produzione. In quest'ottica, tornerebbe in gioco, una volta in più, l'utilità di un effettivo e concreto passaggio ad un'ottica PULL al fine di non moltiplicare la difettosità su più convertitori.



Fig. 4.13 Bacheca attualmente presente per la segnalazione degli errori

4.6 Implementazione di altri aspetti Lean

In quest'ultima sezione del quarto capitolo sono descritte due ulteriori aspetti della Lean production che sono stati oggetti di una parte del lavoro di tesi. Si tratta di un progetto di "Miglioramento Continuo" avente come oggetto le spedizioni dal Logistic Center di Vittuone e una reintroduzione delle 5S: erano già utilizzate ma la quinta e più importante "S", il sostenere, era stata accantonata, a causa di un trasferimento del responsabile e della limitazione di personale per il Covid-19, con il conseguente abbandono di tutte le buone pratiche in uso.

4.6.1 Progetto di Continuous Improvement

Durante il periodo di lavoro finalizzato alla tesi svolto in azienda, ho potuto partecipare attivamente e a gestire in prima persona un progetto di Miglioramento Continuo. La problematica analizzata era la metodologia di imballaggio delle spedizioni da Vittuone. I materiali erano direttamente avvolti nella plastica e messi in maniera disordinati (fig. 4.14) all'interno dei cassoni o di scatole di cartone che venivano poi trasportati dalla navetta dedicata fino allo stabilimento di Genova. Una volta giunti in sede, dovevano essere identificati, sballati sia dal cartone che dalla plastica, inserite negli appositi contenitori ed infine posti sugli scaffali. L'ammontare di tempo utilizzato era eccessivo, tanto che per la sistemazione di una spedizione di 104 componenti sono state rese necessarie 22,5 ore di lavoro, quasi una giornata e mezza per 2 lavoratori.

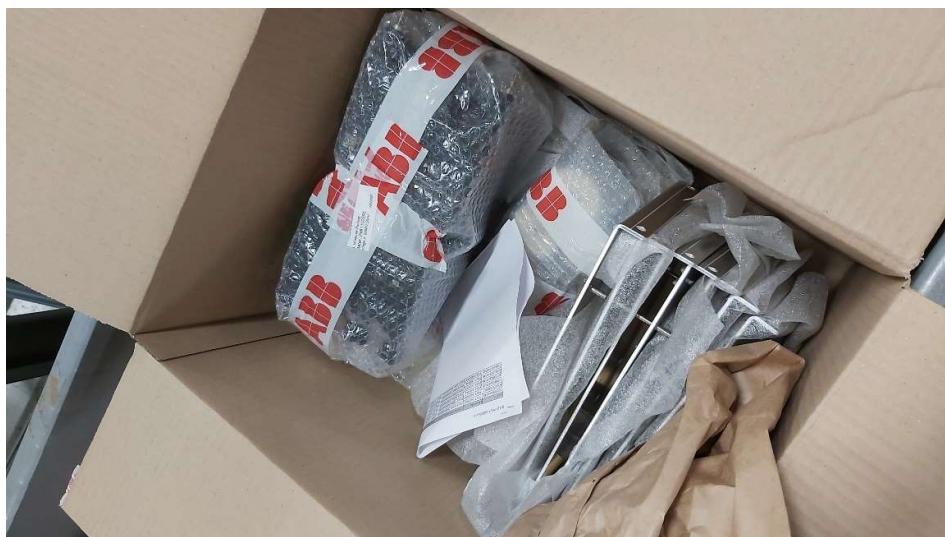


Fig. 4.14 Esempio di imballaggio prima dello sviluppo del progetto

Al fine di garantire un minore spreco di tempo, è stato ideato di spedire i materiali divisi direttamente nei contenitori che sarebbero stati etichettati con il codice del componente e posti direttamente sullo scaffale una volta giunti a Genova. Questo avrebbe garantito un trasporto sicuro e tempi di imballo a Vittuone e disimballo a Genova minimi. È stato selezionato un prodotto di prova al fine di analizzare i materiali che lo componevano, le loro dimensioni ed eventuali fragilità. Sono state valutate diverse soluzioni tecniche con l'aiuto degli stessi fornitori di contenitori; tuttavia molte opzioni sono state scartate per la loro ridotta dimensione che non avrebbe permesso una giusta aderenza con le caratteristiche dei materiali spediti. Si è dunque stabilito l'utilizzo dei classici contenitori a bocca di lupo attualmente utilizzati a cui sarebbe stato applicato un sottile strato di

pellicola trasparente al fine di evitare una dispersione all'interno del contenitore. È stata effettuata una spedizione di prova con alcuni contenitori già presenti in azienda (fig. 4.15). La prova è stata valutata positivamente sia dal magazzino di Vittuone, il quale non ha riscontrato un aumento del carico di lavoro, sia dalla produzione di Genova che ha visto un brusco calo dei tempi: questa spedizione pilota consisteva in 44 componenti che sono stati sistemati in appena 4 ore di lavoro. Si tratta, in proporzione, di una riduzione del 54%. A seguito di ciò, è stato deliberato l'acquisto di nuovi contenitori ESD al fine di implementare a tutti i prodotti questo metodo di imballaggio e spedizione.



Fig. 4.15 Fotografia della spedizione pilota con un contenitore per ogni componente

4.6.2 5S

La tecnica delle 5S, illustrata nel paragrafo 1.5.1, rappresenta uno dei punti chiave della Lean Production. L'ordine e la pulizia sono essenziali per una maggiore efficienza produttiva: tuttavia la quinta "S", il sostenere, è quella più critica poiché si tende ad essere meno attenti con il passare del tempo. È ciò che in parte è successo nella azienda genovese: complici il trasferimento del principale responsabile e l'avvento del Covid che ha contingentato gli ingressi in azienda, l'attenzione riposta verso questa metodologia da parte del personale è scemata bruscamente. Inoltre, l'arrivo di nuovo personale addetto all'assemblaggio non formato su questi temi, non ha semplificato le cose. Tuttavia, è stato oggetto del mio lavoro una reintroduzione di questi paradigmi con alcuni corsi di formazione effettuati a tutti gli addetti ai lavori sulle tematiche della Lean Production e in particolare delle 5S. Nelle figure 4.16 e 4.17 alcuni esempi del lavoro effettuato nell'applicazione delle 5S per rendere ordinata la zona di lavoro.



Fig. 4.16 Esempio di set-up dei sottoassiemi di un progetto



Fig. 4.17 Sistemazione degli accessori di sollevamento (cinghie, golfari e grilli) utilizzando le 5S

4.7 Sintesi delle novità proposte e delle problematiche affrontate

Di seguito sono state schematizzate in tabella 4.1 le criticità analizzate nel capitolo 3 e le proposte avanzate nel capitolo 4 per la loro soluzione.

Criticità	Soluzione proposte
Flusso PUSH tra Assemblaggio e Collaudo	Introduzione di un nuovo flusso informativo dove le fasi a valle richiedono con tempistiche certe i prodotti successivi in ottica di un flusso PULL
Eccessive movimentazioni	Costruzione di gabbie di collaudo al primo piano e di una zona per la chiusura per diminuire il percorso seguito dal convertitore
Creazioni di significativi magazzini di prodotti intermedi	Con il layout a celle proposto, ogni commessa dispone di una zona dove vengono stoccati i componenti e si possono assemblare non a lotti, ma in base alla richiesta
Attese per l'arrivo del successivo convertitore da collaudare	Introduzione di un sistema di Visual Management per informare il Reparto Assemblaggio
Indice di flusso basso	Riduzione dei tempi di attraversamento tra le varie fasi tramite un migliore processo comunicativo
Volontà di aumento del volume prodotto	Discreto ampliamento dell'area con una migliore disposizione dell'aree per garantire l'ottimizzazione della superficie
Stesso errore replicato in convertitori consecutivi	Creazione di una zona dove i collaudatori che rilevano una problematica possono informare tempestivamente ed efficacemente gli addetti all'assemblaggio
Materiale proveniente da Vittuone con imballaggio non idonei	Applicazione di un progetto di Continuous Improvement per una soluzione con vaschette a bocca di lupo per facilitare il set-up in linea
Abbandono della tecnica 5S	Ripresa delle attività con il coinvolgimento del personale

Tab. 4.1 Schema riassuntivo delle problematiche e delle soluzioni adottate

5. Conclusioni

In quest'ultimo capitolo dell'elaborato vengono presentate le considerazioni finali sul progetto descritto nei capitoli precedenti. Vengono trattati dapprima i benefici introdotti nel processo produttivo, quindi prese in esame i limiti progettuali ed applicativi di questo lavoro ed infine proposti eventuali futuri miglioramenti che l'azienda potrebbe introdurre al fine di raggiungere più rapidamente gli obiettivi a medio-lungo termine.

5.1 Benefici del lavoro di tesi

Originato dal desiderio dell'azienda di perseguire una crescita in termini di volumi prodotti, quest'elaborato nasce con il compito di ripensare e adeguare gli spazi già in uso e quelli di nuova adozione al fine di migliorare la disposizione delle varie zone delle fasi produttive. Il modesto ampliamento in termini di spazio lascia il campo ad una più organica fase produttiva dove ora il montaggio dei prodotti intermedi, l'assemblaggio del convertitore e il seguente collaudo vengono svolti ricercando un criterio di One-Piece-Flow. L'utilizzo delle tecniche di Lean Manufacturing ha permesso inoltre di andare ad analizzare e cercare soluzioni per problemi riscontrati non solo nel flusso dei materiali, ma anche in quello informativo. Il progetto sviluppato in questa tesi è stato quindi presentato al management della divisione, con una proposta d'investimento economico realizzata in collaborazione con l'Ufficio Acquisti e una timeline dove erano definite le tempistiche delle varie fasi di realizzazione del progetto. L'incontro ha avuto esito positivo e è stata approvata la sua implementazione nelle aree al piano terra. Attualmente, i lavori di predisposizione delle varie aree affidati a ditte esterne sono in corso di svolgimento. Nel momento in cui l'autore redige questo paragrafo, la nuova area sud dedicata interamente all'assemblaggio è pienamente operativa da una decina di giorni. L'adeguamento al progetto dell'area nord è in procinto di partenza e si stima verrà completato in due mesi circa al fine di garantirà la continua operatività delle aree.

L'applicazione in un'analisi di un progetto reale di metodologie tecnico-gestionali, studiate nel percorso universitario, ha permesso all'autore di cogliere come le competenze apprese si intersechino con il mondo del lavoro. Inoltre, le conoscenze ulteriormente approfondite al fine di realizzare questo elaborato garantiscono una maggiore preparazione che, unita con l'esperienza maturata in un contesto lavorativo di una multinazionale, danno la possibilità di affrontare altri progetti di riorganizzazione produttiva con un bagaglio di competenze più ampio.

5.2 Limitazioni del lavoro di tesi

Durante lo svolgimento del periodo di tesi in azienda si è resa necessaria l'introduzione di alcune assunzioni fornitemi dal management al fine di sviluppare un adeguato progetto al fine di soddisfare le esigenze della società. Inoltre, sono emerse nel corso dello sviluppo alcune limitazioni che non hanno garantito un'analisi a 360 gradi. La prima e più importante assunzione è stata quella riguardante la stima del futuro volume di produzione. Infatti, lavorando su commesse solitamente pluriennali, è stato possibile solo effettuare un'analisi sui contratti attualmente in essere e sulle previsioni fatte dal team Sales. Una prima limitazione si è concentrata sulla tecnologia attualmente disponibile sui convertitori: il nuovo layout è stato pensato per l'attuale metodo costruttivo dei prodotti. Nel caso in cui, in un prossimo futuro, le scelte progettuali dovessero virare su altre tipologie di tecnologie, il layout ora pensato potrebbe non essere più adeguato. Lo stesso discorso può farsi per quanto riguarda i macchinari utilizzati all'interno dell'area di collaudo. Tuttavia, in quest'ultimo caso si tratta di un sistema aggiornato nel 2020 e il cui standard dovrebbe persistere per molti anni.

Altre limitazioni riguardano le informazioni a disposizione: in questo periodo vi è stato un notevole numero di nuovi progetti hanno iniziato la loro produzione di serie con le nuove tecnologia PEBB al loro interno. Di alcune commesse i primi convertitori sono stati consegnati da metà 2020 mentre, della maggior parte, dai primi mesi del 2021. Quindi le informazioni più complete sui cicli di assemblaggio e test riguardavano progetti pre-2020, prima dell'introduzione della tecnologia di concezione svizzera, non più utilizzabili al fine di progettare il layout in base ai nuovi ordini. Inoltre, a livello di conoscenza del flusso informativo, il lavoro si è concentrato sulla situazione attuale con il contingentamento delle presenze in prevenzione del Covid-19. Infatti, l'impossibilità di una presenza in sito quotidiana di alcuni reparti ha portato alla modifica dei metodi e dei flussi informativi all'interno dell'azienda.

Per ultimo, va sottolineato come, al momento della stesura della tesi, la realizzazione del progetto sia ancora in corso e quindi non sia possibile stabilire in che misura si siano verificati i miglioramenti attesi e descritti nel capitolo 4. In aggiunta, il nuovo layout del primo piano è ancora in fase di sviluppo a livello macro, cercando di definire quali aree i Reparti Service, Testing e R&D occuperanno.

5.3 Passi futuri

Una volta terminata la realizzazione del nuovo layout del piano zero, le risorse economiche per gli investimenti del 2022 dovrebbero essere dedicate al rifacimento del piano 1. Il suo rinnovamento è di fondamentale importanza al fine di completare il percorso di espansione e rinnovamento degli obiettivi. I target di crescita molto ambiziosi implicano una maggiore importanza del Reparto Service, che offre una redditività molto elevata. Di pari passo con la progettazione del primo piano deve essere sviluppato un insieme di Key Performance Indicators (KPI) utili per verificare l'effettivo miglioramento raggiunto con il nuovo layout. Ad esempio, tener sotto controllo i nuovi tempi di attraversamento della linea dalla materia prima al convertitore finale per garantire l'entrata in funzione della logica PULL e ridurre le attese tra una fase a valore aggiunta e la successiva. Quindi, in seguito ai dati emersi, si possono effettuare manovre di aggiustamento per soddisfare i risultati proposti in questo scritto.

Un ulteriore step che si potrebbe compiere, ma che necessita di ingenti investimenti, è la realizzazione di una sorta di "centrale" unica per l'alimentazione delle fasi di test. Attualmente in ogni gabbia di collaudo sono presenti degli alimentatori che simula la catenaria del treno. Tuttavia, essi non sono sempre affidabili e rappresentano un rischio potenziale per la sicurezza: pur con gli alti standard adottati sono macchinari che raggiungono i 3000 V di tensione e i 100 kW di potenza. Inoltre, per diverse tensioni devono essere utilizzati diversi macchinari: quindi per cambiare la configurazione dell'area di collaudo si effettuano molte movimentazioni e lunghi tempi di set-up. L'installazione di questo alimentatore centralizzato permetterebbe di incrementare ulteriormente il già alto livello di sicurezza, standardizzare ulteriormente le gabbie per rendere facilmente interscambiabili i convertitori al loro interno diminuendo le movimentazioni e diminuire i costi dell'energia attraverso una maggiore efficienza e la rigenerazione di una sua parte.

Un'aggiunta che è suggerita è la creazione di un piccolo reparto legato ai cablaggi. Nel corso dell'esperienza in azienda, questi si sono rivelati come delle forniture critiche dati il gran numero richiesto da ogni convertitore, il lead time importante ed alcuni problemi di qualità. Per cui la realizzazione al primo piano di una zona dedicata potrebbe essere risolutiva di queste problematiche.

Concludendo, una nuova spinta all'utilizzo delle tecniche della Lean Manufacturing e soprattutto il loro sostenimento, genererebbe un grande aiuto per tutti: gli operatori, il cui contributo è stato

molto utile nell'individuazione di alcune problematiche descritte in questa tesi, avrebbe un luogo di lavoro più pulito, ordinato e sicuro, mentre l'azienda guadagnerebbe in termini di efficienza e minore spreco.

Bibliografia

Aase G., Jacobs R.F. (2000) U-SHAPED ASSEMBLY LINES. In: Swamidass P.M. (eds) Encyclopedia of Production and Manufacturing Management. Springer, Boston, MA, https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_1020

Avai, A. & Dal Maso, Giovanni & Pedrazzoli, Paolo & Rovere, Diego. (2011). "Factory layout planner: How to speed up the factory design process in a natural and comfortable way", presented at the 10th International Conference on Modeling and Applied Simulation, Rome, September 2011

Belloni, M. & Franzini, A., "Progettazione del layout di un impianto industriale", presentazione del 25 giugno 2019, Advanced Cosmetic Manufacturing, <https://slideplayer.it/slide/17315927/>

Bennett, D. (2015), "Process Layout", in Vol. 10, Operations Management, 3rd ed., Encyclopedia of Management, Wiley, 10.1002/9781118785317.weom100059.

Bennett, D. (2015), "Product Layout", in Vol. 10, Operations Management, 3rd ed., Encyclopedia of Management, Wiley, 10.1002/9781118785317.weom100061.

Bennett, D. (2015), "Cell Layout", in Vol. 10, Operations Management, 3rd ed., Encyclopedia of Management, Wiley, 10.1002/9781118785317.weom100050.

Brandon-Jones, A. (2015), "Fixed Position Layout", in Vol. 10, Operations Management, 3rd ed., Encyclopedia of Management, Wiley, 10.1002/9781118785317.weom100228.

Chaudhar, T., & Raut, N. (2017). Waste elimination by lean manufacturing. International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology, 4(5), 168–170.

Dennis, P. and Shook, J. (2007) Lean Production Simplified: A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System, Malloy Lithographing, Inc., United States of America

Duffy, G.L. and Wong, A.K. (2013), "Complementary strengths", *Six Sigma Forum Magazine*, February 2013, pp. 22-25.

Goetschalckx, Marc & Irohara, Takashi. (2007). "Efficient Formulations for the Multi-Floor Facility Layout Problem with Elevators", School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.

Gunaki, P & Teli, S. & Siddiqui, F. (2015). A Review Paper on Productivity Improvement by Value Stream Mapping. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 2, 1119-1124.

Höök, Matilda & Stehn, Lars. (2008). "Lean principles in industrialized housing production: The need for a cultural change", *Lean Construction Journal*, 2008, pp. 20-33

Hopp, Wallace & Spearman, Mark. (2004) "To Pull or Not to Pull: What Is the Question?", *Manufacturing & Service Operations Management*, 6, pp. 133-148

Kikolski, M. (2018). Reorganizacja układu hali produkcyjnej za pomocą metody SLP [Reorganization of the production hall layout using the SLP method]. In R. Knosala (Ed.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom II [Innovations in management and production engineering. Volume II]*, (pp. 536-544). Opole, Poland: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.

Liker, J. K. (2004) "The Toyota way: 14 Management principles from the world's greatest manufacturer", McGraw-Hill Education

Muther, R., and Hales, L. (2015). *Systematic Layout Planning*. 4th edition. Management & Industrial Research Publications, GA, USA

Ohno, T. (1978), "Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production", Diamond, Tokyo

Pereira, R. (2009). Skill builder, the seven wastes. *I Six Sigma Magazine*, 5(5), 1–2.

Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180.

Romero, David & Gaiardelli, Paolo & Powell, Daryl & Wuest, Thorsten & Thurer, Matthias (2019) "Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World" in 9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control in Berlin, Germany, 2019

Rother, M. and Shook, J. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.

Senderská, Katarína & Mareš, Albert & Václav, Štefan. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis, 79, 139-150.

Serrat, Olivier (2017). "The Five Whys Technique" in *Knowledge Solutions*, Springer, pp. 307–310.

Sokovic, Mirko & Pavletic, Dusko & Pipan, Karmen. (2010). Quality improvement methodologies - PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 43 No. 1, pp. 476-483

Tezel, Algan & Koskela, Lauri & Tzortzopoulos, Patrícia. (2009). The Functions of Visual Management.

Vergara, H. A., & Kim, D. S. (2009). A new method for the placement of buffers in serial production lines. International Journal of Production Research, 47(16), 4437-4456.

Womack, J. P., Jones, D. T., and Roos, Daniel (1991), "La macchina che ha cambiato il mondo", Rizzoli

Womack, J. P., & Jones, D. T., (1996) "Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi", Guerini e Associati

Worley, J. M., & Doolen, T. L. (2015). Organizational structure, employee problem solving, and lean implementation. International Journal of Lean Six Sigma,6(1), 39–58.

Sitografia

- [1] <https://tataandhoward.com/not-just-manufacturing-lean-techniques-water-wastewater-utilities/>
- [2] https://fomir.it/wp-content/uploads/2017/11/Approfondimenti-sulla-Lean_Production.pdf
- [3] <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>
- [4] <https://www.mt.com/de/en/home/library/guides/laboratory-weighing/5S-audit.html>
- [5] <https://www.headvisor.it/value-stream-mapping-vsm>
- [6] <http://e6s-methods.com/e6s-methods-podcast/2015/2/19/e6s-062-process-load-and-spaghetti-value-stream-essentials-part-4>
- [7] https://it.wikipedia.org/wiki/Ciclo_di_Deming
- [8] <https://www.clarityvisualmanagement.com/technique/vm-visual-management/>
- [9] Belloni, M. & Franzini, A., “Progettazione del layout di un impianto industriale”, presentazione del 25 giugno 2019, Advanced Cosmetic Manufacturing, <https://slideplayer.it/slide/17315927/>
- [10] Aase G., Jacobs R.F. (2000) U-SHAPED ASSEMBLY LINES. In: Swamidass P.M. (eds) Encyclopedia of Production and Manufacturing Management. Springer, Boston, MA, https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_1020
- [11] ABB Group presentation March 2021 – abb.com
- [12] BORDLINE M auxiliary converters - Traction converters – Product Brochures – abb.com
- [13] BORDLINE BC for all rail applications - BORDLINE M auxiliary converters (Traction converters) – abb.com

Ringraziamenti

Giunto al termine del mio percorso universitario ci tengo particolarmente a ringraziare tutti coloro che mi sono stati accanto in questi anni, che mi hanno aiutato e dato un'opportunità nei momenti più importanti del mio cammino.

Non posso che iniziare partendo dai miei genitori: se sono arrivato a questo punto lo devo a loro. Ai loro insegnamenti e alla loro costante presenza e al loro supporto. Se sono ciò che sono è grazie a loro. A un altro pezzo fondamentale della mia vita: il mio fratellino Davide. Nonostante le nostre differenze, non potrei mai immaginare la mia vita senza di lui.

A Giulia. La parte più bella della mia vita, il mio amore e la mia migliore amica. In tutti questi anni mi è stata sempre accanto, ha saputo regalarmi un sorriso e un abbraccio nei momenti di difficoltà; con lei ho condiviso i momenti di felicità più intensi e le esperienze più incredibili della vita. Voglio anche ringraziare i suoi genitori e sua sorella che sono stati un grande aiuto soprattutto nei periodi difficili di questi anni.

Un grande e sentito grazie alla Professoressa Cagliano, la quale con la sua professionalità e serietà è stata un punto di riferimento fondamentale per la stesura di questo lavoro nonostante le difficoltà dovute all'impossibilità di incontri in presenza.

Per ultimo ma di certo non per importanza, un enorme ringraziamento al mio co-relatore aziendale Alessandro Bruno per l'opportunità data, per la fiducia riposta in me e nel mio lavoro e per tutto ciò che sto imparando grazie alle sue esperienze. Quindi ci tengo a ringraziare tutti i colleghi della divisione MOTR di ABB Genova, e in particolare i ragazzi delle Operations tra cui Luciano, Mara, Stefano, Massimiliano e Federico, per la loro accoglienza e per avermi insegnato che anche le più grandi aziende sono fatte di una cosa essenziale: le persone.