



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E METODI DELL'INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN

INGEGNERIA GESTIONALE

Indirizzo: PRODUZIONE BENI E SERVIZI

**RIPROGETTAZIONE E ACCORPAMENTO DELLE
LINEE DI PREMONTAGGIO TRAMITE ANALISI
DEI DATI DI PRODUZIONE: IL CASO DI EMAK
S.P.A.**

CANDIDATO:

Emanuele Manghi

RELATORE:

Prof.

Franco Francia

Anno Accademico 2025/2026

Sommario

Introduzione	5
Cap. 1: I SISTEMI PRODUTTIVI	7
1.1 Evoluzione dei modelli produttivi.....	7
1.1.1 I modelli classici	8
1.1.2 Il Toyota Production system.....	9
1.1.3 I modelli moderni.....	10
1.2 I sistemi produttivi e loro classificazione	12
1.2.1 Secondo il modo di rispondere alla domanda di mercato – relazione tra progettazione e produzione	13
1.2.2 Secondo il modo di realizzare il volume di produzione	14
1.2.3 Secondo il modo di realizzare il prodotto	16
1.3 Contesti applicativi dei sistemi di produzione.....	17
1.4 Produzione a celle	19
1.5 Produzione in linea	20
1.6 Classificazione degli impianti con produzione a flusso	21
Cap. 2: EMAK S. P. A.....	29
2.1 Il gruppo Emak S.p.A.....	29
2.2 Business.....	32
2.3 Strategia aziendale	37
2.4 Certificazioni	38
2.5 Linee di produzione esistenti.....	39
2.5.1 Linee di produzione del prodotto finito	41
2.5.2 Linee di premontaggio	42
2.6 Situazione As-Is	44
2.7 Criticità delle linee di premontaggio	45
Cap. 3: ANALISI DEI DATI DI PRODUZIONE E IDENTIFICAZIONE DELLE CRITICITÀ OPERATIVE	49
3.1 Quadro generale del progetto	50
3.2 Descrizione dei dati disponibili.....	51
3.3 Analisi del rendimento delle postazioni.....	53
3.4 Analisi economica delle inefficienze	57

3.5 Analisi di Pareto sui tempi di produzione.....	60
3.6 Analisi delle attrezzature e dei vincoli.....	63
Cap. 4: RIPROGETTAZIONE DELLE POSTAZIONI DI PREMONTAGGIO...	67
4.1 Sintesi delle analisi preliminari e obiettivi di progetto	67
4.2 Stato di fatto del layout e criticità	69
4.3 Criteri di progettazione adottati.....	69
4.4 Proposta di accorpamento delle postazioni	71
4.5 Nuovo layout delle postazioni di premontaggio	74
4.6 Valutazione della soluzione proposta	77
4.7 Valutazione dei risultati e confronto As-Is/To-Be.....	82
4.8 Integrazione di tecnologie digitali (AI e computer vision)	84
Considerazioni Finali e sviluppi futuri	89
Bibliografia E Sitografia	91

Introduzione

L'obiettivo della presente tesi è riprogettare e integrare le attività di premontaggio all'interno dello stabilimento produttivo di Emak S.p.A., caratterizzate da un alto numero di codici prodotto e una bassa frequenza di realizzazione. Il progetto è stato sviluppato in risposta a problemi operativi come il basso rendimento, la dispersione delle attrezzature, la difficoltà di reperimento dei materiali e la perdita di conoscenza dovuta alla scarsa frequenza degli articoli.

L'analisi svolta si è basata sull'elaborazione dei dati di produzione degli ultimi due anni, estrapolati dai sistemi informativi dell'azienda. Il rendimento produttivo, le ore effettive di lavoro, la quantità prodotta e il mancato rendimento in termini economici sono tra i principali indicatori di prestazione (KPI) esaminati. I dati sono stati poi utilizzati per identificare le principali inefficienze e applicare un'analisi di Pareto sui tempi di produzione. Ciò ha portato a scegliere i codici con il maggior impatto e a sostenere le decisioni di progettazione successive.

Sulla base delle analisi condotte, è stata effettuata una proposta di accorpamento e di riprogettazione delle postazioni di premontaggio, organizzata con banchi dedicati e per famiglie di lavorazione. La soluzione adottata mira a migliorare il rendimento complessivo delle attività, ridurre i tempi improduttivi, facilitare la gestione delle attrezzature e promuovere la standardizzazione dei processi.

La struttura della tesi è la seguente. Nel primo capitolo vengono presentati i modelli produttivi e viene esaminata la loro evoluzione nel tempo, i principali sistemi di produzione e le classificazioni correlate. Il secondo capitolo descrive l'azienda nella quale è stato svolto lo studio, Emak S.p.A., la sua storia, il suo modello di business, le linee produttive attualmente in funzione e i problemi riscontrati nel premontaggio. Il terzo capitolo è dedicato alle analisi preliminari. Comprende la valutazione dei vincoli di layout e di attrezzaggio, l'analisi delle inefficienze e l'applicazione dell'analisi di Pareto. I criteri di progettazione per la nuova postazione, il layout proposto e le azioni di standardizzazione sono presentati nel quarto capitolo. Infine, vengono discussi i risultati del lavoro e i futuri sviluppi potenziali relativi alla digitalizzazione dei processi e alla gestione della conoscenza operativa.

Pertanto, la tesi non consiste solo in un intervento su una linea critica, ma è anche un modello metodologico replicabile che può aiutare i futuri sforzi di miglioramento continuo dello stabilimento.

Cap. 1: I SISTEMI PRODUTTIVI

L'insieme organizzato di risorse, tecnologie, processi e modalità operative utilizzate da un'azienda per trasformare gli input, come materie prime, informazioni e lavoro, in output, ovvero beni o servizi destinati al mercato, è noto come sistema produttivo. Tali sistemi hanno subito una notevole evoluzione nel corso della storia industriale.

In questo capitolo vengono presentati i principali modelli produttivi, passando dai modelli classici ai sistemi più recenti. Successivamente vengono presentate le modalità di classificazione più comuni dei sistemi produttivi, mettendo in evidenza i contesti più importanti per l'applicazione. Infine, il capitolo sottolinea i dettagli e le logiche organizzative delle configurazioni impiantistiche utilizzate nei sistemi di produzione.

1.1 Evoluzione dei modelli produttivi

Nel corso della storia industriale, le aziende hanno adottato diversi modelli di produzione. Questi modelli sono stati sviluppati in base alle esigenze sociali, finanziarie e tecnologiche dell'epoca. Queste filosofie organizzative sono esemplificazioni del modo di lavorare, della progettazione degli impianti, della divisione del lavoro e del rapporto tra uomo e macchina.

L'evoluzione dei modelli produttivi è stata graduale: dalla produzione di massa basata su standardizzazione e ripetitività, si è passati alla produzione snella che mira all'efficienza e alla riduzione degli sprechi, per giungere, infine, ai modelli più recenti basati su velocità di risposta, flessibilità e adattamento.

I principali modelli includono:

- i modelli classici come il Taylorismo e il Fordismo;
- il sistema di produzione Toyota, modello sviluppato da Taiichi Ohno;
- modelli di produzione più aggiornati come Lean Production, World Class Manufacturing (WCM), Agile Manufacturing e Dynamic Manufacturing.

Nel prossimo paragrafo verranno esaminate le caratteristiche essenziali di ogni modello, prestando particolare attenzione ai principi organizzativi, agli obiettivi strategici e alle logiche operative che li definiscono.

1.1.1 I modelli classici

Taylor ha creato il primo modello di produzione verso la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento. Questo modo di pensare si basa sul fatto che, come in natura, anche nell'ambiente di lavoro esistono leggi scientifiche che consentono di governare la produttività delle aziende. Questi principi hanno portato a una vera e propria rivoluzione nei primi anni del 1900: nasce la catena di produzione di automobili. Questa catena di produzione è il risultato dell'applicazione di tre principi essenziali della teoria della produttività di Taylor e Ford, che la applicano:

- Divisione dei compiti: un lavoro complesso deve essere suddiviso in componenti elementari facilmente distinguibili e ripetibili. Si ottiene una forte specializzazione nelle attività, che è principalmente correlata alla produttività. Ciò ha ispirato molte altre teorie basate sul benessere dell'operatore;
- L'intercambiabilità delle parti è il secondo principio fondamentale: un componente non deve essere utilizzato solo per produrre un prodotto specifico; è essenziale che il componente sia in grado di essere utilizzato per produrre anche altri prodotti.
- La sincronizzazione tra produzione e movimentazione è il terzo e ultimo principio, che è alla base dei processi di produzione di massa.

Il Taylorismo si basa su questi tre pilastri che sono tra loro collegati. Al contrario, il Fordismo amplia la teoria precedentemente menzionata, aggiungendo numerosi principi secondari che derivano da questi tre: ad esempio, c'è la nozione di standard, che significa che qualcosa deve seguire una linea guida per essere accettato in più realtà, e la nozione di tolleranza, che rappresenta la misura di quanto ci si può allontanare dallo standard. Di conseguenza, il Fordismo si concentra sulla produttività.

La motivazione del superamento di questi modelli deriva anche da queste caratteristiche: nei modelli attualmente utilizzati vengono valutati sia la produttività che altri parametri, che andremo a esaminare più avanti nel documento.

1.1.2 Il Toyota Production system

Il sistema di produzione Toyota (TPS) è tra i modelli di produzione industriale più vecchi e influenti di oggi. È stato creato molti decenni fa, ma è ancora un punto di riferimento per le aziende che cercano obiettivi di efficienza, qualità e flessibilità. Il sistema è costituito da una serie organizzata di principi che, nel loro insieme, hanno consentito a Toyota di rivoluzionare il modo di vedere la produzione manifatturiera.

La produzione ripetitiva, che è concepita come un'antitesi alla produzione intermittente tipica del modello fordista, è uno dei pilastri fondamentali del TPS. In quest'ottica, la sincronizzazione totale delle varie fasi del processo diventa essenziale. Per garantire un flusso produttivo ottimale, tutte le fasi devono ricevere la cadenza dell'assemblaggio finale, da quelle a monte fino alle fasi che rendono il prodotto finito. Tuttavia, a causa della diversità intrinseca dei componenti e della complessità dei processi di fabbricazione, è stata resa necessaria nella pratica l'introduzione di magazzini interoperativi, che fungono da punti di disaccoppiamento tra diverse aree operative caratterizzate da ritmi diversi. La continuità e la stabilità garantite da un flusso sincronizzato è stata resa possibile da questi depositi.

Taiichi Ohno ha realizzato ciò che Henry Ford aveva solo parzialmente immaginato, traducendo questi principi in un sistema coerente che trasmetteva effettivamente il ritmo dell'assemblaggio finale alle produzioni di componenti a monte. Ma l'innovazione di Ohno non è stata limitata alla sincronizzazione interna: inoltre, è stato in grado di estendere il principio della cadenza produttiva ai fornitori e stabilire con loro un rapporto di cooperazione invece di conflitto. L'unica azienda non era più competitiva, ma lo era l'intera rete di aziende che lavoravano insieme in un ecosistema di fornitura distribuita.

La logica a trazione, in contrasto con la logica a spinta convenzionale, è un secondo elemento fondamentale del TPS. I cartellini Kanban, che si muovono lungo il flusso produttivo in risposta alle esigenze dei clienti, mostrano i processi a valle che guidano la produzione a monte in un sistema a trazione. Quindi, la domanda reale guida la produzione invece di lotti pianificati o previsioni. Si tratta di un effettivo rovesciamento della teoria fordista: Il sistema si basa sul principio del Just In Time, producendo solo

ciò che è necessario, nel momento in cui è necessario, e le scorte diventano una fonte di spreco da un elemento di protezione contro l'incertezza del mercato.

Il Kaizen, o miglioramento continuo, è il terzo pilastro del TPS. Tale filosofia si basa sulla consapevolezza che problemi e inefficienze si verificano naturalmente in ogni processo e che il progressivo riconoscimento e la risoluzione di tali criticità è la via maestra per l'eccellenza operativa. L'organizzazione sviluppa le proprie capacità di apprendimento, adattamento e innovazione attraverso un approccio incrementale, sistematico e partecipativo.

Infine, il coinvolgimento della forza lavoro costituisce un elemento imprescindibile del sistema Toyota. Gli operatori sono riconosciuti come una risorsa vitale e attiva per garantire la qualità e la continuità del processo produttivo. Ciascun lavoratore ha la responsabilità e l'autorità di segnalare immediatamente eventuali anomalie, che potrebbero comportare il blocco dell'intera linea di produzione nei casi più gravi. L'obiettivo di questa procedura è impedire ai prodotti danneggiati di passare attraverso il processo, consumando risorse senza produrre valore e compromettendo le fasi successive. La partecipazione attiva della forza lavoro consente inoltre di identificare rapidamente problemi ricorrenti e possibili miglioramenti, creando un sistema in cui la qualità inizia fin dalle fasi iniziali del processo di produzione.

Insieme, questi principi hanno creato un modello produttivo che ha ribaltato la logica tradizionale della produzione di massa. Ha creato un sistema in cui la partecipazione degli operatori, la sincronizzazione, la flessibilità e la qualità intrinseca sono i pilastri fondamentali per garantire sostenibilità e competitività nel lungo periodo.

1.1.3 I modelli moderni

Dopo aver esaminato i modelli di produzione tradizionali, passiamo a quattro prospettive estremamente innovative.

La produzione snella, nota anche come produzione lean, è il primo modello innovativo che siamo andati ad analizzare. Il termine era già stato utilizzato nel sistema di produzione Toyota ma è diventato sempre più popolare dopo il 1988. Si basa sull'idea dell'eliminazione degli sprechi: si intende realizzare una produzione di massa, con una

varietà di prodotti e un livello di qualità elevato ma utilizzando meno risorse. Ciò che non apporta valore al cliente è considerato "spreco". Di conseguenza, la figura del cliente diventa ancora più importante.

Il World Class Manufacturing è una seconda filosofia di pensiero che deriva dal sistema di produzione Toyota. È stato lanciato nel 1986 per sottolineare l'interesse che il cliente ha nei confronti di una vasta gamma di prestazioni: il basso costo, l'alta qualità, i brevi lead time e la flessibilità. L'obiettivo del modello è analizzare ciò che fanno gli altri concorrenti in un particolare mercato per ottenere un vantaggio competitivo su di essi. Non si concentra su tutti i fattori del successo (costo, produttività, qualità e tempo), ma cerca di ottenere un vantaggio competitivo facendo un po' più degli altri in una determinata caratteristica del prodotto che si ritiene la più importante per quel prodotto.

L'Agile Manufacturing è il terzo modello creativo che si concentra sui continui cambiamenti nell'ambiente competitivo. Il concetto fondamentale di questa filosofia è la capacità dell'azienda di distribuire o di ridistribuire le proprie risorse produttive in modo efficiente e in linea con i cambiamenti che si verificano nell'ambiente e, soprattutto, anche con la rapidità con cui l'azienda le fa. Questa capacità è detta flessibilità ed è la base di una serie di fattori principali:

- L'azienda deve perseguire più obiettivi: deve, quindi, tenere conto di più fattori, come il prezzo, la qualità e il rispetto delle tempistiche che il cliente le richiede;
- Si concentra sul cliente e sul suo valore, un concetto ripreso dalla Lean Production;
- Il miglioramento continuo e il coinvolgimento della forza lavoro che viene visto come una risorsa nel sistema produttivo;
- Si pone anche attenzione al rapporto con i fornitori, quindi, la costruzione di un rapporto efficace e a lungo termine è un tema importante dell'Agile Manufacturing.

L'organizzazione che emerge da questo sistema è un'organizzazione in cui l'uomo ha un ruolo importante. Sebbene le macchine e le tecnologie siano anch'esse importanti per la strategia, sono principalmente componenti che supportano e coadiuvano la risorsa umana. L'analisi delle prestazioni è anche una parte importante dell'Agile per tenere

sotto controllo il punto da cui si parte e il punto al quale si vuole giungere quantificando i risultati ottenuti.

L'ultima filosofia da analizzare è la Dynamic Manufacturing, cioè un sistema dinamico dal punto di vista manifatturiero. È un sistema che apprende con un forte coinvolgimento del management. Si basa su una gestione del sistema produttivo fortemente integrata con ciò che sta a valle e a monte. Il vantaggio competitivo è ottenuto applicando una logica di miglioramento continuo a tutte le risorse del sistema, ma soprattutto è collegato all'apprendimento dell'organizzazione nel suo complesso. La Dynamic Manufacturing vede l'apprendimento e il tema delle competenze come la leva competitiva più importante per raggiungere gli obiettivi.

1.2 I sistemi produttivi e loro classificazione

I sistemi produttivi sono l'insieme organizzato di persone, macchine, tecnologie, materiali e metodi utilizzati da un'azienda per trasformare gli input in prodotti o servizi destinati al mercato. Sono il "modo" in cui un'azienda produce qualcosa.

L'obiettivo della progettazione di un buon sistema produttivo dovrebbe essere:

- Massimizzare l'efficienza;
- Ridurre gli sprechi e i tempi morti;
- Garantire qualità costante;
- Ridurre i costi;
- Rispondere rapidamente al mercato;
- Ottimizzare la sicurezza e l'ambiente di lavoro.

Conoscere i sistemi produttivi significa sapere come migliorare i processi, come lavorare in modo più efficiente e come individuare i colli di bottiglia e andarli a risolvere. È quindi importante andare a classificare questi sistemi e capire in che modo essi funzionano. Vi sono tre classificazioni possibili proposte da Brandolese:

- Sulla base di come rispondono alla domanda di mercato;
- Sulla base di come realizzano il volume produttivo;
- Sulla base di come ottengono il prodotto.

1.2.1 Secondo il modo di rispondere alla domanda di mercato – relazione tra progettazione e produzione

La prima classificazione possibile si basa sul modo di rispondere alla domanda di mercato. Questa classificazione tiene conto della relazione che esiste tra i processi di progettazione e produzione.

La fase di progettazione dipende dalle specifiche di prodotto, che il cliente può fornire direttamente, o dalle specifiche che sono fornite dalla funzione di marketing. In questo secondo caso, prima viene effettuata un'analisi di mercato per individuare le caratteristiche e le funzioni del prodotto che il mercato richiede; successivamente, queste caratteristiche e funzioni vengono convertite in specifiche che devono essere contenute nelle schede di prodotto dell'azienda. Nel caso in cui queste informazioni siano fornite dal cliente, si riferiscono a imprese che lavorano su commessa del cliente; mentre, nel secondo caso, la produzione a catalogo è definita quando l'ufficio marketing crea le specifiche delle schede prodotto.

La classificazione secondo il modo di rispondere alla domanda ha prodotto questi due grandi gruppi di aziende:

- le imprese che vendono prodotti a catalogo: è un modo per presentarsi al mercato in modo propositivo perché l'azienda mostra le sue capacità di progettazione e il mercato decide.
- le aziende che vendono beni su commessa: si presentano sul mercato mostrando le proprie capacità progettuali, che verranno successivamente tradotte in specifiche di prodotto che dovranno essere discusse con i clienti.

Per quanto riguarda la produzione può essere eseguita su ordine o su previsioni di vendita. Durante la produzione su ordine il cliente ha già indicato le sue esigenze. Nella produzione su previsione di vendita è necessario fare una valutazione del potenziale andamento della domanda. In base a questo, verranno fatte valutazioni su cosa mettere in lavorazione.

Incrociando questi due modi di rispondere alla produzione e i due tipi precedenti di modi indicati per rispondere alla progettazione emergono tre tipologie di imprese, come mostrato nella figura sottostante:

- aziende che realizzano prodotti a catalogo e agiscono su previsione;

- aziende che producono prodotti a catalogo ma solo dopo aver ricevuto un ordine dal cliente;
- aziende che producono su commessa dopo aver ottenuto l'ordine del cliente.

Produzione	Su ordine			Aziende con prodotti a commessa
			Aziende con prodotti a catalogo su ordine	
	Su previsione delle vendite	Aziende con prodotti a catalogo su previsione		
		Standard		Su specifica del cliente
		Tipo di prodotto		

Figura 1: Classificazione dei sistemi produttivi secondo il modo di rispondere alla domanda di mercato

1.2.2 Secondo il modo di realizzare il volume di produzione

Una classificazione particolarmente significativa dei sistemi produttivi si basa sull'analisi congiunta di due parametri essenziali: la ripetitività delle operazioni e la continuità del flusso di materie prime in ingresso e di prodotti finiti in uscita. Il primo parametro, che solitamente viene rappresentato sull'asse orizzontale, mostra il grado con cui le attività operative si ripetono nel tempo, passando da livelli bassi a livelli elevati. Il secondo parametro, invece, visualizzato sull'asse verticale, misura invece la continuità con cui il flusso produttivo procede attraverso il sistema. Tale parametro può anch'esso essere collocato su tre livelli: basso, medio o alto.

L'incrocio di questi due elementi, rappresentati all'interno di una matrice di classificazione, consente di identificare tre tipi fondamentali di sistemi produttivi, che sono collocati lungo la diagonale principale della matrice sottostante poiché sono caratterizzati da una correlazione diretta tra continuità e ripetitività.

Continuità del flusso	Alta			Flusso
	Media		Lotti	
	Bassa	Prodotto singolo		
		Bassa	Media	Alta
		Ripetitività delle operazioni		

Figura 2: Classificazione dei sistemi produttivi secondo il modo di realizzare il volume di produzione

Il sistema a flusso viene configurato quando entrambi i parametri assumono valori molto elevati. Le operazioni di questa tipologia sono molto ripetitive, standardizzate e regolari, il che consente al prodotto di avanzare in modo uniforme e continuo durante le varie fasi del processo. Questa configurazione è comune nelle linee fortemente automatizzate o negli impianti di processo a regime continuo, come quelli chimici o siderurgici, dove la stabilità e la standardizzazione sono fondamentali per garantire efficienza e qualità costante.

Invece, si parla di sistemi a lotti quando ripetitività e continuità assumono valori intermedi. In situazioni come queste, la produzione non è completamente continua ma nemmeno completamente discontinua: essa avviene per lotti di fabbricazione programmati, che sono generalmente dimensionati per ragioni logistiche o economiche. I reparti manifatturieri che gestiscono una vasta gamma di prodotti e richiedono un compromesso tra produttività e flessibilità hanno spesso questa configurazione. Di conseguenza, le attività di fabbricazione o assemblaggio si svolgono in cicli ripetuti per lotti, alternando periodi di produzione a fasi di configurazione.

Infine, il sistema a prodotto singolo viene configurato quando la ripetitività delle operazioni è quasi nulla e la continuità del flusso è molto bassa. Si tratta di contesti di produzione estremamente individualizzati in cui ogni realizzazione è completamente diversa e ha caratteristiche uniche che impediscono la standardizzazione dei processi. Esempi paradigmatici di questa categoria sono i cantieri navali, edilizi o impiantistici: ciascun prodotto richiede una sequenza operativa specifica caso per caso,

un'organizzazione dedicata e adattamenti continui. Il risultato è un sistema produttivo che si concentra sulla gestione del progetto piuttosto che sulla ripetizione dei processi.

Quindi, la classificazione basata su ripetitività e continuità consente di interpretare con chiarezza la natura dei diversi sistemi produttivi e di collocarli in uno spazio continuo che va dalla massima standardizzazione alla completa personalizzazione, fornendo uno strumento utile per comprendere e progettare l'organizzazione dei processi industriali.

1.2.3 Secondo il modo di realizzare il prodotto

L'ultima classificazione dei sistemi produttivi riguarda il modo in cui il prodotto viene realizzato. La produzione per processo e la produzione per parti sono le due principali categorie identificate in questo tipo di classificazione. Questa differenza deriva dal modo diverso in cui le materie prime vengono trasformate e dal tipo di prodotto ottenuto alla fine.

La produzione per processo si riferisce a quei sistemi in cui le materie prime vengono sottoposte a trasformazioni chimiche, fisiche o termiche che rendono tali elementi indistinguibili o non separabili nel prodotto finito. I materiali cambiano struttura o composizione durante il processo, rendendo difficile identificare gli elementi iniziali.

Questi tipi di sistemi sono generalmente in flusso continuo e richiedono impianti estremamente specifici per il tipo di prodotto realizzato. È utilizzato nella produzione di cemento, acciaio, carta, prodotti chimici e farmaceutici e generalmente ogni volta che il risultato è un materiale omogeneo prodotto da trasformazioni irreversibili oppure quando il processo è sempre lo stesso per tutti i prodotti della gamma, con le sole differenze nelle proporzioni delle materie prime.

Al contrario, la produzione per parti si riferisce a quei sistemi in cui il prodotto finale è costituito da parti discrete, separabili e spesso smontabili. Il ciclo produttivo include molte fasi intermedie di fabbricazione dei singoli componenti prima di una fase di assemblaggio.

Gli impianti utilizzati in questi sistemi sono generalmente molto versatili, perché le macchine non dipendono dalla trasformazione chimica del materiale ma dal tipo di operazione da svolgere. Viene utilizzata per prodotti complessi composti da più

componenti, come automobili, macchine utensili, elettrodomestici, apparecchi elettronici, anche se alcuni di questi prodotti richiedono cicli tecnologici specifici.

1.3 Contesti applicativi dei sistemi di produzione

Nel modello proposto da Brandolese, l'analisi dei sistemi produttivi si basa su due variabili fondamentali:

- il volume unitario di produzione
- l'ampiezza del mix produttivo.

Il loro incrocio consente di comprendere come la natura del sistema produttivo debba necessariamente cambiare nel momento in cui si passa dalla realizzazione di un singolo articolo a volumi molto elevati, oppure quando l'offerta si espande da un prodotto unico a un portafoglio estremamente diversificato. All'interno della matrice di riferimento, il volume è rappresentato dalle colonne mentre il mix produttivo occupa le righe; la combinazione di entrambe le dimensioni consente di identificare le principali configurazioni dei sistemi produttivi, ciascuna delle quali è caratterizzata da differenti livelli di flessibilità, ripetitività e specializzazione.

Nella zona della matrice in cui il volume di produzione è unitario e la varietà del mix è massima si collocano le produzioni in cantiere o in isole di lavoro dedicate. In questi contesti il prodotto assume un carattere quasi unico e richiede una forte personalizzazione, come avviene nei cantieri navali, dove ogni nave rappresenta un caso specifico con caratteristiche proprie. Si tratta di sistemi orientati alla gestione per progetto, nei quali la standardizzazione è minima e l'organizzazione deve essere in grado di cambiare continuamente in base alle esigenze delle commesse.

Aumentando il volume produttivo e riducendo, seppur leggermente, la varietà, si giunge all'ambito dei sistemi Job Shop. In questi sistemi la produzione è organizzata per reparti tecnologici e ciascuna macchina mantiene una grande versatilità. L'operatore possiede un ruolo centrale nella gestione delle scelte operative, mentre il mix rimane ampio e i volumi relativamente contenuti. Il Job Shop rappresenta una configurazione

estremamente flessibile, adatta a produzioni discontinue ed è affrontata secondo una logica quasi artigianale, nella quale l'efficienza viene messa in secondo piano rispetto alla capacità di gestire una varietà significativa di articoli.

Proseguendo lungo la diagonale della matrice, un ulteriore aumento del volume porta alle celle di fabbricazione, che mantengono però un mix produttivo moderato. Quando le celle sono dedicate a famiglie di prodotti distinti, possono essere organizzate in parallelo, oppure in serie, quando la stessa famiglia richiede una successione ordinata di fasi di lavorazione. Questa configurazione presenta un buon livello di equilibrio tra flessibilità ed efficienza: sfrutta i principi della group technology per raggruppare articoli simili, ridurre i tempi di movimentazione e migliorare la continuità del flusso.

Le linee mixate si incontrano con volumi ancora più elevati e una riduzione del mix produttivo. Queste sono fatte per lavorare con famiglie ristrette di articoli con forti analogie di processo o di struttura. Tali prodotti possono essere organizzati in sequenze produttive ripetitive grazie alla tecnologia di gruppo. Ciò consente di aumentare la produttività e ridurre la complessità operativa.

Le linee multiprodotto si configurano quando i volumi sono particolarmente elevati e i prodotti vengono gestiti secondo una pianificazione definita. In questo caso, la produzione avviene in lotti significativi e i vari componenti vengono alternati utilizzando una logica programmata allo scopo di bilanciare il flusso e ridurre i tempi di setup. Le linee monoprodotto si trovano infine all'estremo opposto della matrice: sono sistemi a flusso continuo focalizzati su un singolo prodotto. La ripetitività e la regolarità delle operazioni raggiungono il loro apice qui. Sono progettati per ottenere prestazioni molto elevate e costi unitari minimi grazie all'automazione, alla standardizzazione e alla completa stabilità del processo.

È importante capire che il tipo di sistema produttivo che un'azienda sceglie è strettamente correlato alla strategia complessiva dell'azienda e al contesto competitivo in cui opera. Le configurazioni nella parte superiore della matrice, come il cantiere, l'isola o il Job Shop, favoriscono la flessibilità e sono essenziali quando il mercato richiede una grande varietà di prodotti e un alto livello di personalizzazione. Al contrario, la flessibilità si riduce gradualmente e la specializzazione aumenta con l'avvicinamento alle linee monoprodotto, che si concentrano sulla massimizzazione

dell'efficienza e sulla riduzione dei costi unitari. Di conseguenza, la scelta del sistema produttivo più appropriato dipende dall'equilibrio tra le esigenze del mercato, gli obiettivi di competitività e le capacità organizzative dell'azienda.

Mix \ Volume unitario annuo	Unitario	Basso	Medio-basso	Medio	Medio-alto	Alto	Altissimo
Illimitato	Cantere e isola						
Altissimo		Job-shop					
Alto			Celle in parallelo				
Medio-alto				Celle in serie			
Medio					Linee mixate		
Basso						Linee a produzione successive	
Unitario							Linee monoprodotto

Figura 3: Contesti applicativi dei sistemi di produzione

1.4 Produzione a celle

La Produzione a Celle si basa sulla creazione di famiglie di prodotti, ossia gruppi di articoli che condividono la necessità di utilizzare lo stesso insieme di macchine nel corso del ciclo di fabbricazione. Questo metodo diventa particolarmente efficace quando il numero di codici da gestire è molto grande: se si riescono a identificare famiglie di dimensioni appropriate, è possibile creare un layout specifico in cui le macchine utilizzate per lavorare per una stessa famiglia vengono raggruppate all'interno di una cella produttiva.

Quindi, ogni cella è dedicata a una famiglia di prodotti specifici che richiedono processi simili; questo è il motivo da cui deriva la denominazione di produzione a celle, o produzione a gruppi o group technology (tecnologia di gruppo). L'obiettivo è massimizzare l'efficienza del flusso produttivo riducendo gli spostamenti dei

componenti, migliorando i tempi di attraversamento e aumentando l'efficienza complessiva.

In un impianto organizzato secondo la logica delle celle a ciascuna cella è assegnata una famiglia specifica di prodotti; i codici appartenenti alla stessa famiglia eseguono l'intero ciclo produttivo all'interno della cella, senza necessità di spostarsi verso altre aree di lavorazione; le varie celle sono disposte in parallelo e ciascuna opera in modo autonomo e indipendente l'una dalle altre.

Questa configurazione consente di creare un sistema produttivo modulare, flessibile e facilmente adattabile alle variazioni della domanda, poiché ogni cella può concentrarsi sulle esigenze della propria famiglia di prodotti senza interferire con il lavoro delle altre.

1.5 Produzione in linea

La produzione in linea è un sistema produttivo caratterizzato dall'utilizzo della produzione ripetitiva. In questo modello, le unità operative sono disposte lungo un percorso lineare attraverso il quale i pezzi si muovono secondo una sequenza predefinita di lavorazioni. Tali sistemi sono tipicamente progettati per produrre grandi quantità di un singolo prodotto oppure di una gamma molto limitata di articoli, accomunati da processi e caratteristiche costruttive simili.

Le linee di produzione presentano alcune caratteristiche distintive:

- Layout sequenziale: le varie unità produttive sono disposte in base alla sequenza delle fasi del processo. I macchinari utilizzati risultano estremamente specializzati e strettamente legati alle operazioni tecnologiche richieste dal prodotto o dalla famiglia ristretta di prodotti da realizzare. A ciascuna macchina è solitamente associata una specifica operazione del ciclo di lavorazione;
- Cicli di lavorazione fissi: il sistema è altamente standardizzato, poiché le attività da svolgere non differiscono da un pezzo all'altro;
- Flussi di materiali prestabiliti: i pezzi vengono spostati lungo percorsi specifici che sono coerenti con la sequenza delle operazioni.

Nelle linee la movimentazione dei pezzi può essere manuale, ovvero può essere realizzata tramite rulliere, dove il prodotto viene spinto dagli operatori oppure automatizzata, nella quale i rulli sono motorizzati e collegati a un sistema di azionamento che gestisce in modo automatico l'avanzamento del materiale. Anche le operazioni di carico e scarico possono essere eseguite manualmente o attraverso sistemi automatici che presentano livelli di automazione differenti a seconda di ciò che è stato deciso per quella determinata linea.

La produzione in linea presenta generalmente un elevato grado di rigidità, essendo stata progettata per un prodotto specifico o per una famiglia molto limitata. Tuttavia, è possibile introdurre un certo livello di flessibilità solo se questa è stata prevista già in fase di progettazione dell'impianto. Ad esempio, alcune stazioni possono essere progettate per essere riconfigurate rapidamente per poter lavorare più articoli diversi, grazie all'uso di attrezzature dedicate montate su supporti mobili o sospese al soffitto. Nonostante ciò, questo tipo di adattabilità richiede soluzioni tecniche specifiche e investimenti aggiuntivi. La flessibilità, quindi, rappresenta un costo, che deve essere giustificato da un'esigenza di mercato chiara: viene introdotta nei casi in cui è necessario produrre un piccolo gruppo di prodotti simili che richiedono frequenti variazioni produttive piuttosto che un singolo prodotto.

La produzione in linea rappresenta un modello altamente efficiente per lotti molto grandi e cicli ripetitivi. Questo sistema è estremamente produttivo ma tendenzialmente rigido a causa della sua struttura sequenziale, dell'uso di macchinari specializzati e della standardizzazione dei flussi. È possibile avere una maggiore flessibilità, ma questo richiede una progettazione approfondita e viene utilizzato solo quando la variabilità del prodotto lo rende necessario.

1.6 Classificazione degli impianti con produzione a flusso

Per comprendere meglio i diversi tipi di impianti produttivi, è innanzitutto necessario tenere presente che questi sistemi sono generalmente utilizzati per produzioni caratterizzate da un alto volume. Ciò vale sia nel caso in cui si produca un singolo prodotto, sia quando si producono articoli diversi ma che possiedono molte

caratteristiche comuni. La prima distinzione fondamentale riguarda dunque la quantità dei prodotti da realizzare. Questo porta alla prima classificazione analizzata: quella tra linee monoprodotto e linee multiprodotto.

Le linee monoprodotto vengono progettate sin dalle prime fasi con l'obiettivo di ottenere il miglior bilanciamento possibile, massimizzando la saturazione della capacità produttiva. In tali impianti, la flessibilità assume un ruolo diverso a seconda del grado di automazione. Nelle linee manuali, infatti, la riconfigurazione risulta generalmente semplice e rapida, consentendo modifiche anche frequenti senza impatti significativi. Al contrario, nelle linee automatizzate ogni modifica richiede un investimento più consistente e un tempo di adeguamento maggiore; per questa ragione il dimensionamento di tali impianti viene effettuato facendo una previsione della domanda di mercato su un orizzonte temporale esteso.

La fase di progettazione implica la determinazione di un mercato target da saturare, pur prevedendo che il bacino potenziale possa risultare più ampio, in funzione del livello di rischio che l'azienda è disposta ad assumersi. Poiché la linea è dedicata a un unico articolo, prodotto in volumi molto elevati, il tema del setup diventa sostanzialmente irrilevante: l'assenza di cambi di formato frequenti consente infatti di trascurare il tempo necessario alla riconfigurazione tra una produzione e l'altra.

A differenza delle linee monoprodotto, nelle linee multiprodotto il setup assume un ruolo fondamentale. Questi impianti sono principalmente suddivisi in due configurazioni distinte. La prima riguarda le linee multiprodotto con produzioni successive, nelle quali articoli differenti vengono realizzati in campagne produttive sequenziali. In un determinato intervallo di tempo, la linea è quindi dedicata alla produzione di un solo articolo; una volta completato il lotto previsto, si procede con il prodotto successivo. Per essere applicabili a questa logica, i diversi articoli devono condividere la stessa sequenza di lavorazioni, gli stessi impianti e gli stessi sistemi di movimentazione, oltre a presentare caratteristiche tecniche simili, pur ammettendo alcune piccole variazioni. La produzione di piastrelle rappresenta un esempio significativo: anche se variano i materiali, i formati o le colorazioni, la tecnologia di base rimane la stessa, permettendo di utilizzare un'unica linea con gli opportuni cambi

di setup. In situazioni come queste, i tempi di riconfigurazione possono avere un impatto significativo sull'efficienza complessiva.

La seconda configurazione è rappresentata dalle linee multiprodotto mixate, concepite per lavorare una famiglia ristretta di prodotti, spesso molto simili tra loro, ma in lotti estremamente piccoli, talvolta addirittura unitari. Il passaggio da un articolo all'altro richiede tempi di setup minimi o trascurabili, grazie a un livello di automazione elevato, alla progettazione di prodotti tra loro altamente compatibili e all'utilizzo di tecnologie sviluppate specificamente per garantire la massima flessibilità operativa. Inizialmente, questi impianti vengono progettati per minimizzare l'impatto dei cambi di produzione, consentendo un flusso continuo anche in presenza di un mix articolato.

La distinzione tra linee monoprodotto e linee multiprodotto dipende principalmente dalla quantità e dalla variabilità degli articoli da realizzare. Le linee monoprodotto privilegiano saturazione e bilanciamento, con setup quasi irrilevanti. Le linee multiprodotto possono lavorare con:

- lotti grandi, dove il setup è importante e deve essere attentamente pianificato;
- lotti piccoli, dove il setup diventa un elemento marginale grazie alla tecnologia.

Questi aspetti impattano sulle scelte progettuali e sugli investimenti, determinando il grado di flessibilità e l'orizzonte temporale entro cui l'impianto potrà operare in modo efficiente.

Il secondo parametro da tenere in considerazione per descrivere i sistemi di produzione in linea è la tipologia di flusso. Esso può essere descritto in base alla sua direzione e alla natura della sequenza di operazioni. Per direzione del flusso si intende che il flusso di materiali si può spostare in una sola direzione oppure in entrambe le direzioni, quindi, si può trovare:

- flusso monodirezionale: si procede esclusivamente in avanti o all'indietro;
- flusso bidirezionale: si può procedere sia in una direzione, ad esempio in avanti, sia in un'altra, ad esempio con dei ritorni lungo la linea.

Per quanto riguarda, invece, la natura della sequenza delle operazioni sono presenti tre casi particolari:

- una sequenza fissa di operazioni: le macchine inserite all'interno della linea vengono tutte attraversate;
- una sequenza in cui sono presenti dei bypass: alcune macchine presenti in linea possono essere saltate;
- una sequenza di operazioni con condizioni di ritorno (backtracking): si può prevedere la possibilità che delle operazioni, inizialmente saltate, vengano recuperate tornando indietro mediante un ritorno dei materiali.

Incrociando tali parametri otteniamo la tabella seguente.

Tipo di flusso Numero di prodotti e modalità produttive	Flusso		
	Flusso Monodirezionale	Flusso Monodirezionale con bypass	Flusso Bidirezionale con backtracking
Linea monoprodotto	Linea dedicata		
Linea multiprodotto a produzioni successive	Linea multiprodotto a produzioni successive monodirezionali	Linea multiprodotto a produzioni successive con bypass	Linea multiprodotto a produzioni successive con backtracking
Linea multiprodotto mixata	Linea mixed-model	Linea mixed model con bypass	

Tabella 1: Classificazione impianti con produzione a flusso

In particolare, la linea monoprodotto è generalmente una linea dedicata, ossia una linea nella quale il tema del setup è un tema inesistente perché viene realizzato un solo prodotto e come tale non ha senso immaginare di introdurre nella linea delle macchine che vengano saltate o delle operazioni che vengano recuperate in un secondo momento, quindi tipicamente, una linea monoprodotto è una linea monodirezionale dedicata a un unico articolo.

Più complesso, invece, è il discorso per le linee multiprodotto. Nel caso di linee multiprodotto a produzioni successive, cioè di linee che sono pensate per portare avanti prima una produzione di un lotto di un articolo e, poi, di un lotto di un altro articolo, con

tempi di setup significativi tra un articolo e il successivo. In questo caso è possibile avere ciascuno dei tre tipi di flusso diversi:

- linea multiprodotto a produzioni successive monodirezionali: tutta la famiglia di prodotti ha un ciclo costituito da un'unica sequenza di lavorazione, pertanto, tutte le macchine presenti sulla linea, che possono presentare tempistiche diverse, vengono visitate dal prodotto.
- Linea multiprodotto a produzioni successive con bypass: all'interno della piccola famiglia di prodotti che viene realizzata sulla linea alcune macchine vengono saltate da alcuni articoli.
- Linea multiprodotto a produzioni successive con backtracking: alcuni degli articoli che appartengono alla famiglia presentano una sequenza di lavorazione differente rispetto agli altri articoli della famiglia, di conseguenza, sono previsti dei momenti in cui il flusso procede in avanti e momenti in cui il flusso procede all'indietro.

Nel caso di linee multiprodotto mixate si ha, invece, una condizione nella quale tipicamente la famiglia di prodotti è caratterizzata da un mix produttivo che varia notevolmente. In particolare, si può raggiungere anche la differenza di articoli realizzati in numerosità pari a 1. In questo caso si possono avere linee con flusso monodirezionale, ma anche linee che prevedono dei bypass.

Al contrario, in un contesto aziendale non vengono considerate le linee multiprodotto a produzioni successive con backtracking. Tale casistica mette in evidenza il fatto che le linee mixate sono linee nelle quali le famiglie di articoli realizzabili su una linea sono molto simili tra di loro per permettere una condizione di setup molto prossima allo zero, mentre operazioni di backtracking richiedono l'inserimento di operazioni importanti all'interno della gestione dei prodotti, della tempistica delle tecnologie coinvolte nella produzione e nella movimentazione dei materiali. Nella pratica i casi in cui si avrà il backtracking sono molto rari ma non per le componenti più manuali della linea.

Un ulteriore elemento fondamentale nella classificazione e nella comprensione delle linee produttive, non ancora considerato nello schema precedente, riguarda il concetto di cadenza della linea. La cadenza definisce il ritmo con cui i prodotti avanzano da una postazione di lavoro alla successiva e rappresenta un parametro chiave nella progettazione, nel dimensionamento e nel controllo dell'intero sistema produttivo.

Esistono due configurazioni principali: la cadenza prefissata e la cadenza non prefissata, ciascuna con caratteristiche, vantaggi e criticità che ne determinano l'applicabilità nei diversi contesti.

Nelle linee a cadenza prefissata, il trasferimento degli articoli da una stazione alla successiva avviene nello stesso momento per tutte le unità in lavorazione. Il prodotto avanza quindi a intervalli temporali costanti, rispettando un ritmo uniforme lungo tutto il ciclo produttivo. Una simile modalità richiede un bilanciamento estremamente accurato delle postazioni, affinché la durata di ciascuna fase sia compatibile con la cadenza complessiva. Quando ciò avviene, la linea risulta estremamente efficiente, poiché ogni attività è perfettamente sincronizzata. Tuttavia, tale efficienza si accompagna a una elevata vulnerabilità: basta che una singola stazione abbia difficoltà a rispettare il ritmo prefissato affinché l'intera linea si arresti. Questo rischio di blocco totale rende la cadenza prefissata una soluzione efficace ma rigida, particolarmente adatta alle linee monoprodotto, nelle quali la ripetitività del ciclo e l'assenza di variazioni significative rendono possibile mantenere una sincronizzazione stabile.

Le linee multiprodotto presentano invece una complessità maggiore nell'adozione di una cadenza costante. La presenza di articoli con caratteristiche tecniche differenti determina variazioni nei tempi di lavorazione che obbligano a rivedere periodicamente il bilanciamento, a introdurre nuove postazioni o a modificare gli allestimenti. Ogni cambiamento nella famiglia di prodotti richiede dunque la definizione di un nuovo assetto di linea, che implica inevitabilmente un adeguamento della cadenza. Una situazione differente si osserva nelle linee mixate, dove i prodotti appartenenti alla stessa famiglia sono progettati in modo da presentare differenze minime. In questi casi, la linea è concepita per funzionare con un'unica configurazione e con una cadenza sostanzialmente costante, condivisa da tutti gli articoli.

Accanto alle linee a cadenza prefissata si collocano le linee a cadenza non prefissata, nate proprio per rispondere alle esigenze evidenziate nei contesti più variabili. In tali impianti, ogni postazione di lavoro può operare con un proprio ritmo, potenzialmente diverso da quello delle postazioni vicine. Le differenze di tempo vengono gestite attraverso polmoni inter-operazionali, posizionati tra una fase e la successiva, il cui compito è disaccoppiare le attività e assorbire eventuali squilibri. La cadenza non fissa

rappresenta da un lato una possibilità di maggiore flessibilità, permettendo una più ampia personalizzazione dei prodotti all'interno della stessa famiglia produttiva e una migliore capacità di rispondere alle variazioni della domanda; dall'altro lato introduce rischi significativi. Un utilizzo improprio dei polmoni può infatti aumentare i tempi di attraversamento complessivi, generare accumuli eccessivi di semilavorati e immobilizzare capitale nei magazzini inter-operazionali. Inoltre, il bilanciamento delle linee non a cadenza prefissata risulta più complesso, poiché richiede un controllo accurato dei flussi e un monitoraggio costante dei livelli di saturazione delle diverse postazioni.

In termini generali, si può affermare che la cadenza fissa rappresenta la soluzione più appropriata per le linee monoprodotto, mentre la cadenza variabile risulta più diffusa nelle linee multiprodotto, dove la diversità degli articoli rende difficile garantire la sincronizzazione completa. Le linee mixate, progettate per famiglie di prodotti estremamente simili, tendono invece a mantenere una cadenza prefissata, pur gestendo volumi e varietà superiori rispetto alle linee monoprodotto tradizionali.

Il capitolo si conclude richiamando i principali modelli e sistemi produttivi analizzati, evidenziandone l'evoluzione dai modelli più tradizionali fino alle configurazioni più moderne e flessibili. Sono state illustrate le principali classificazioni basate sulla risposta al mercato, sui volumi produttivi, sulle modalità di lavorazione e sulle differenti tipologie di impianti utilizzate nei contesti industriali. Il quadro teorico delineato costituisce la base concettuale necessaria per interpretare le scelte organizzative e produttive delle imprese. Nel capitolo successivo verrà quindi introdotta l'azienda Emak S.p.A., descrivendone il contesto operativo, la struttura produttiva e le caratteristiche del processo oggetto di analisi, così da inquadrare con precisione il caso studio su cui si sviluppano le analisi dei capitoli seguenti.

Cap. 2: EMAK S. P. A.

Il presente capitolo è dedicato alla descrizione del contesto aziendale nel quale si è svolto il progetto di analisi e miglioramento oggetto di questo lavoro di tesi. In particolare verrà presentata l'azienda Emak S.p.A., una realtà industriale della provincia di Reggio Emilia che, con il passare del tempo, è diventata un punto di riferimento nel settore della produzione di macchine e componenti per il giardinaggio, l'agricoltura, l'attività forestale, il lavaggio e l'industria.

In una prima parte del capitolo verrà introdotto il gruppo industriale di appartenenza, Emak Group. Successivamente, saranno analizzati il modello di business e le principali categorie di prodotti realizzati, con l'obiettivo di comprendere il posizionamento dell'impresa nel proprio mercato di riferimento. Il capitolo proseguirà con una descrizione della strategia aziendale e delle certificazioni possedute dall'azienda. Infine, sarà fornita una panoramica generale sulle linee produttive presenti nello stabilimento di Bagnolo in Piano, introducendo le principali caratteristiche dell'organizzazione della produzione e ponendo le basi per l'analisi più approfondita sviluppata nei capitoli successivi.

2.1 Il gruppo Emak S.p.A.

L'azienda italiana Emak S.p.A. sviluppa soluzioni innovative per il giardinaggio, l'agricoltura, l'attività forestale, il lavaggio e l'industria. Emak è nata nel 1992 dalla fusione di due importanti aziende presenti nel panorama della provincia di Reggio Emilia dall'inizio degli anni '70: Oleo-Mac, fondata nel 1972 ed Efco, fondata nel 1978, entrambe specializzate nella produzione di macchine per il giardinaggio e il settore forestale: Oleo-Mac inizialmente si contraddistingue sul mercato per l'assemblaggio di motoseghe su scala industriale, mentre Efco nella produzione di decespugliatori.

Nel 1997 Emak realizza un nuovo polo decentrato a Pozzilli (IS), destinato alla produzione di tagliaerba. Dal 1998 l'azienda è quotata alla Borsa Valori di Milano. Nel

1999 il Gruppo inizia ad espandersi all'estero, fondando 5 filiali commerciali in Europa (Germania, Francia, Inghilterra, Spagna e Belgio). Nel 2001 Emak entra a far parte del Segmento Star della Borsa dei Valori di Milano, ovvero l'area finanziaria dedicata alle aziende che rispettano requisiti di eccellenza in termini di trasparenza, liquidità e Corporate Governance.

Nel 2004 viene costituita la società cinese Emak Jiangmen (Cina), uno stabilimento produttivo per servire i mercati price sensitive. Tra il 2005 e 2006 il Gruppo ha aperto una filiale americana e acquistato un distributore polacco per aumentare la sua presenza internazionale. Il 2008 vede l'acquisizione della società cinese Tailong, produttrice di cilindri per motori a scoppio e di Bertolini S.p.A., uno storico produttore di piccole macchine per agricoltura proprietaria dei marchi "Bertolini" e "Nibbi".

Nel 2011 Emak ingloba Epicenter (Ucraina) e amplia la sua gamma di mercati serviti, attraverso le acquisizioni di Comet, Tecomec, Sabart e Raico. Nel 2012 continua il percorso di crescita con la costituzione della filiale commerciale Comet do Brasil e l'acquisizione delle società statunitensi Valley Industries, una società statunitense attiva nella commercializzazione di prodotti del settore PWJ. Nel 2013 e il 2014 entrano nel Gruppo le società Master Fluid (urban cleaning), SI Agro Mexico (filiale commerciale), Geoline Electronic (precision farming), Speed South America e Speed Industrie (produzione e confezionamento del filo per decespugliatori). Nel 2015 il Gruppo investe nella società brasiliana Lemasa, leader locale nel settore delle ultra-high pressure pumps.

Nel 2017 si unisce a Lavorwash, produttore mondiale di sistemi di pulizia ad alta tecnologia per superfici. Nel 2018 viene venduta Raico e acquisita la società brasiliana Spraycom. Nel 2019 viene acquisito il 30% di Agres (Brasile). Nel 2019 inoltre viene aperto il nuovo centro di engineering, un polo innovativo dove competenze multidisciplinari e tecnologie avanzate, come la stampa 3D e la realtà virtuale per trasformare lo sviluppo dei prodotti. Un investimento strategico progettato per affrontare la complessità tecnologica, accelerare il time-to-market e costruire oggi le soluzioni di domani. Nel 2020 viene acquisito il 51% del capitale sociale della società svedese Markusson Professional Grinders AB e viene incrementata la partecipazione in Agres raggiungendo la quota del 91%. Nel 2021 viene finalizzata l'acquisizione dell'80% di Poli S.r.l., mentre nel 2022 entra nel Gruppo la società spagnola Trebol

Maquinaria y Suministros S.A., che si occupa della vendita di ricambi e accessori nel settore del giardinaggio e del forestale.

Nel 2023 Emak S. p. A. entra in Raw Power, consentendole di potenziare significativamente il know-how fondamentale sulla tecnologia più importante del futuro per competere ai massimi livelli nel mercato dei prodotti a batteria. Acquisisce, inoltre, il business Bestway, un player di riferimento nel mercato degli Stati Uniti, che produce e commercializza sprayers, attrezzature per applicazioni in campo agricolo con serbatoi per l'irrorazione a proprio marchio e per la vendita di pompe ed accessori di altri brand di mercato.

Successivamente, nel 2024 il percorso di crescita e sviluppo è proseguito con l'acquisto del Gruppo PNR. Ciò ha permesso di ampliare la gamma di prodotti offerta alla propria clientela e l'accesso a nuovi settori sinergici con le attuali aree di business del segmento Componenti e Accessori. Infine, nel 2025 ha ottenuto la certificazione Parità di genere, un traguardo che conferma l'impegno per un ambiente di lavoro inclusivo, equo e rispettoso, dove le pari opportunità sono una realtà concreta.

La seguente immagine riassume l'evoluzione dell'azienda Emak dal 1972 ad oggi:

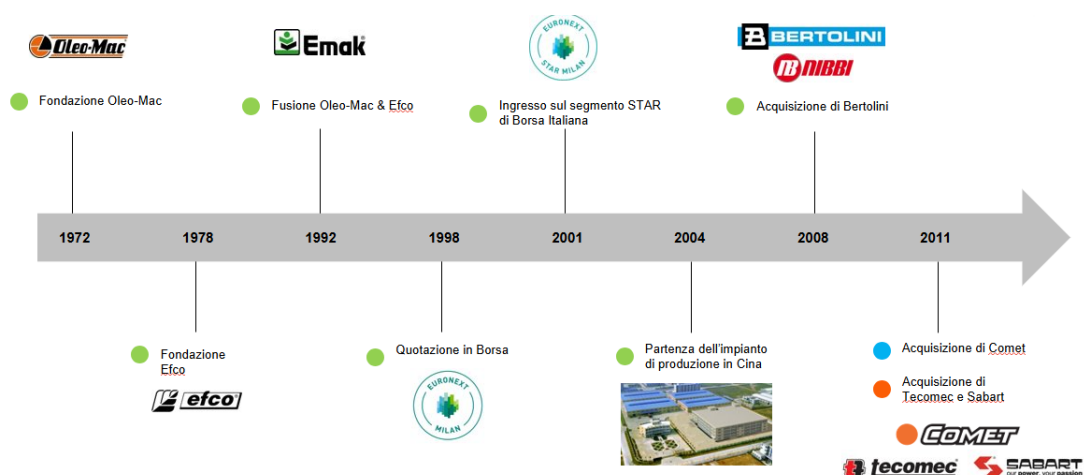


Figura 4: Prima parte tappe storiche Emak S.p.A.

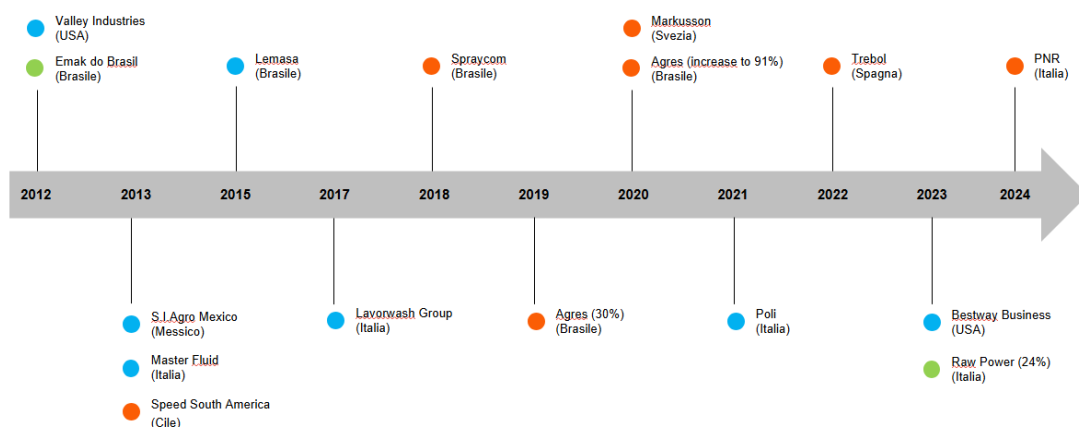


Figura 5: Seconda parte tappe storiche Emak S.p.A.

2.2 Business

Emak S.p.A. presenta numerosi marchi con cui da 25 anni è uno dei principali leader nella cura e manutenzione del verde. Il Gruppo è formato da Emak OPE (Outdoor Power Equipment), Tecomec, Comet e Sabart. Ogni azienda ha le sue filiali produttive e commerciali. Pertanto, la distribuzione territoriale è molto articolata e viene rappresentata nelle figure seguenti:

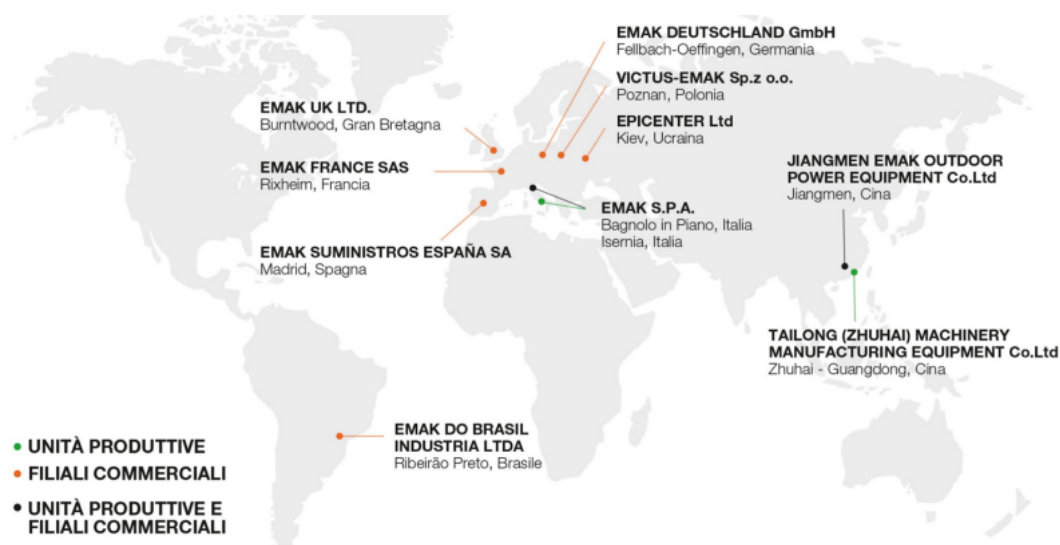


Figura 6: Emak OPE



Figura 7: Tecomec



Figura 8: Comet

La gamma di prodotti che viene offerta è composta da 250 modelli adatti ai più svariati utilizzi e calibrati su diversi livelli di intensità, potenza e frequenza di utilizzo. I prodotti offerti sono: motoseghe, decespugliatori, rasa erba, trattorini, tagliasiepi, motozappe, motocoltivatori, falciatrici, pompe a membrana per l'agricoltura, pompe ad alta pressione, idro pulitrici, accessori e componenti per macchine da diserbo ed irrorazione e altri prodotti simili. Inoltre, vengono gestiti e commercializzati anche tutti gli accessori e i ricambi relativi ai prodotti elencati.

La gamma produttiva comprende linee sia per il consumo privato (manutenzione del giardino, taglio della legna, lavori di bricolage in generale) che per utilizzi professionali (interventi su grandi aree, macchine per sfalcio, potatura, taglio di legna da ardere, interventi forestali e di pulitura di aree incolte). In particolare, il Gruppo Emak lavora allo sviluppo, produzione e commercializzazione di un'ampia gamma di prodotti utilizzati a livello mondiale per tre segmenti di business:

1. Outdoor Power Equipment (OPE): comprende una gamma ampia e profonda di prodotti destinati al giardinaggio, all'attività forestale e all'agricoltura come decespugliatori, rasa erba, trattorini, motoseghe, motozappe 35 e motocoltivatori. I marchi principali con cui vengono distribuiti sono Oleo-Mac, Efco, Bertolini e Nibbi. L'offerta è rivolta a professionisti e utilizzatori privati esigenti. I canali di distribuzione principali sono i rivenditori specializzati. Emak OPE gestisce quattro unità produttive: due in Italia (Bagnolo e Pozzilli) e due in Cina (Jiangmen e Tailong).

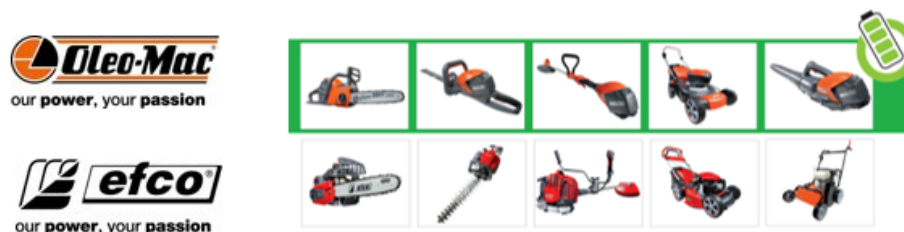


Figura 9 e figura 10: Prodotti Outdoor Power Equipment

B BERTOLINI
our power, your passion

B NIBBI
our power, your passion



Figura 10

2. Pompe e High Pressure Water Jetting (PWJ): comprende pompe a membrana per OEM (original equipment manufacturer) e per il settore agricolo, pompe a pistoncini per OEM del settore industriale, idro pulitrici per professionisti e semi-professionisti, unità idrodinamiche e macchine per l'igiene urbana per clienti OEM e contractors. Il gruppo distribuisce questi prodotti attraverso i marchi di Comet, HPP, PTC, Lemasa, Lavor. Gli stabilimenti produttivi sono 3 in Italia, 2 in Brasile, 1 negli Stati Uniti e 1 in Cina.

COMET

BESTWAY AG

VALLEY INDUSTRIES



COMET

HPP
Brand of choice

LEMASA

PTC
Water Jetting Equipment





Figura 11: Pompe e High Pressure Water Jetting (PWJ)

3. Componenti e Accessori (C&A): viene offerta una gamma ampia e profonda di filo e testine per decespugliatori, accessori per motoseghe (es. affilatrici), pistole, valvole ed ugelli per idropulitrici, ugelli, sistemi di controllo e sedili. In questo settore i marchi presenti sono Tecomec, Geoline, Speed Group, Mecline e Sabart. I principali clienti sono i costruttori del settore Outdoor Power Equipment, di macchine per l'irrorazione e il diserbo, d'idro pulitrici e di unità idrodinamiche e distributori specializzati. È presente una vasta rete di rivenditori specializzati in assistenza. Gli stabilimenti produttivi sono: 2 in Italia, 1 in Cina, 1 in Francia, 1 negli Stati Uniti, 1 in Sud Africa, 1 in Cile e 1 in Marocco.



Figura 12: Componenti e accessori (C&A)

2.3 Strategia aziendale

Al fine di creare lavoro per i propri stakeholder, la strategia del Gruppo Emak S.p.A. si basa su:

- Innovazione: continui investimenti in nuovi prodotti e processi con particolare focus sulle nuove tecnologie, nuove applicazioni, sicurezza, confort, controllo delle emissioni;
- Distribuzione: rafforzamento della posizione di mercato attraverso la presenza diretta e l'espansione della rete di distribuzione nei mercati con forte potenziale di crescita;
- Efficienza: sviluppo del sistema di Lean manufacturing e sfruttamento delle efficienze della catena di approvvigionamento;
- Espansione: espansione e rafforzamento della rete distributiva, rafforzamento della relazione con i clienti OEM e un approccio multicanale;

- Acquisizioni: gli obiettivi che si vogliono raggiungere con le acquisizioni sono l'accesso a nuove tecnologie, completamento della gamma prodotti e penetrazione in nuovi mercati.

Per raggiungere i propri obiettivi sono fondamentali alcuni fattori critici di successo:

- Competitività;
- rete distributiva efficace ed efficiente;
- qualità e innovazione del prodotto;
- livello di servizio;
- sviluppo delle risorse umane e relazione con il cliente.

L'industrializzazione, l'engineering e l'assemblaggio sono fasi ad alto valore aggiunto che rendono il modello produttivo flessibile e orientato. Il concetto di "Lean Manufacturing", che implica il coinvolgimento della catena di fornitura basata su un modello di fabbrica esteso, è applicato agli impianti produttivi.

2.4 Certificazioni

La produzione di macchine, componenti ed accessori ad alto valore tecnologico è supportata dalla scelta strategica di investire nella sostenibilità sociale, economica ed ambientale. A tal proposito, per assicurare che vengano rispettati i principi chiave di qualità nella produzione, rispetto per le persone e tutela dell'ambiente, negli ultimi 25 anni Emak ha sviluppato un proprio modello organizzativo, un organo di controllo e numerose certificazioni. Emak è stata la prima azienda al mondo nel settore ad aver conseguito le certificazioni in due ambiti fondamentali della sostenibilità d'impresa: Certificazione per la Qualità UNI EN ISO 9001 e la Certificazione Ambientale ISO 14001.

L'acquisizione di tali certificazioni per l'azienda comporta un impegno preciso nei confronti degli stakeholders, ma comporta anche un coinvolgimento attivo di fornitori e clienti in un circolo virtuoso finalizzato a salvaguardare i diritti umani e l'ambiente e a garantire ai consumatori che i prodotti di marca Emak S.p.A vengano fabbricati nel rispetto di questi principi.

Inoltre, nel 2025 è stata ottenuta la Certificazione UNI/PdR 125: 2002 sulla parità di genere, che fornisce criteri misurabili e verificabili che consentono di attestare l'impegno dell'impresa rispetto ai principi di parità e alle prescrizioni applicabili.

2.5 Linee di produzione esistenti

Oltre agli aspetti organizzativi e ai sistemi di gestione certificati, un elemento centrale per comprendere il funzionamento dell'azienda è rappresentato dalla struttura del sistema produttivo. L'organizzazione delle linee di produzione riflette infatti le scelte strategiche adottate dall'azienda in termini di efficienza operativa, flessibilità e capacità di risposta alle esigenze di mercato.

Per tale motivo, illustrato il quadro generale del gruppo Emak S.p.A., si entra nel dettaglio del sito produttivo di Bagnolo in Piano, fornendo una panoramica generale delle linee produttive presenti all'interno dello stabilimento, evidenziandone il numero, la tipologia, il ruolo all'interno del processo di realizzazione dei prodotti e le eventuali criticità osservate.

L'azienda dispone di oltre 20 linee produttive dedicate alla realizzazione di prodotti quali decespugliatori, motopompe, motoseghe, troncatore, tagliasiepi, trinciasarmenti e motocoltivatori. Ogni linea presenta configurazioni, livelli di automazione e flussi operativi differenti a seconda delle esigenze dei rispettivi prodotti. Di seguito, si sono raggruppate le linee in famiglie omogenee per facilitarne l'analisi. Le famiglie di linee presentano caratteristiche simili, quali il layout, il flusso di produzione, la tipologia di prodotto e la tipologia di processo che in esse è svolta.

Lo stabilimento produttivo presenta un'organizzazione articolata, strutturata su un numero elevato di linee caratterizzate da logiche operative comuni ma finalità diverse lungo il flusso produttivo complessivo. Sebbene ogni linea presenti peculiarità legate al prodotto realizzato, è possibile individuare una configurazione generale ricorrente, suddivisa in tre fasi fondamentali:

- Punzonatura iniziale e montaggio: la fase iniziale è dedicata all'identificazione e alla tracciabilità dei componenti tramite marcatura meccanica. Ogni macchina

che passa lungo la linea viene infatti etichettata e stampigliata con un codice a 10 cifre, fondamentale per la gestione di eventuali problematiche future. Attraverso questo codice è possibile risalire con precisione alla settimana e all'anno di produzione, al numero di matricola e anche all'operatore che ha effettuato il montaggio. In particolare, le prime tre cifre rappresentano il prefisso, la quarta indica l'anno di produzione, la quinta e la sesta la settimana dell'anno, mentre le ultime quattro identificano la matricola della macchina. A questa fase seguono poi le operazioni di montaggio, che si sviluppano lungo la linea tramite movimentazioni e l'utilizzo di attrezzature semi-manuali.



Figura 13: Codice macchina punzonato in prima fase

- Collaudo: questa fase segna il completamento del processo di montaggio. Gli operatori, grazie a postazioni ergonomiche e attrezzature semi-automatiche, eseguono test su ogni macchina assemblata. Ogni prodotto viene sottoposto a collaudo per verificare il rispetto dei parametri di funzionamento e garantire elevati standard di qualità. Viene eseguito il test del collaudo sul 100% delle macchine prodotte.
- Imballo, fase conclusiva che prevede confezionamento, etichettatura e preparazione del prodotto per il trasporto nel magazzino delle spedizioni.

Tutte le linee dello stabilimento adottano un livello di automazione semi-automatico, nel quale l'intervento dell'operatore resta essenziale ma supportato da macchinari, utensili e dispositivi automatici per garantire ripetibilità, qualità e sicurezza.

Considerata la varietà dei prodotti Emak, che include macchine per il giardinaggio, l'agricoltura e le applicazioni forestali, le linee vengono organizzate in famiglie produttive, distinte in base allo scopo del processo e alla tipologia di beni realizzati. In particolare, è possibile suddividerle in due macro-categorie principali:

- a. Linee di produzione di macchine (complete)
- b. Linee di premontaggi per Kit e/o Ricambi

2.5.1 Linee di produzione del prodotto finito

Le linee di produzione del prodotto finito costituiscono l'insieme delle risorse organizzative e tecnologiche dedicate alla realizzazione completa delle macchine destinate al mercato. Ciascuna linea è progettata per eseguire l'intero ciclo di assemblaggio, includendo le attività di verifica funzionale e conducendo il prodotto fino alla fase di imballaggio. Le linee presentano caratteristiche differenti in termini di complessità, variabilità dei modelli trattati, volumi produttivi e livello di automazione. Le principali famiglie individuate sono descritte di seguito:

- 1) Bertolini & Nibbi Department: trinciasarmenti e motocoltivatori, comprensivi di linee affini in cui vengono montati i rispettivi cambi;
- 2) Hand Held Products: Motoseghe, Decespugliatori, Troncatori, Motopompe, Mototrivelle, Tagliasiepi;
- 3) Modelli a Batteria (40V e 56V): Decespugliatori, Soffiatori, Tagliasiepi.

La prima area, Bertolini & Nibbi, comprende quattro linee produttive: una dedicata ai trinciasarmenti e tre ai motocoltivatori. A queste si affiancano altre due linee dedicate alla produzione dei cambi, che vengono poi utilizzati sulle linee principali. Qui si realizzano i prodotti più grandi e complessi dell'intero stabilimento, con processi di montaggio piuttosto articolati. I componenti principali vengono spostati manualmente tra le diverse postazioni tramite carrelli a quattro ruote viste le elevate dimensioni. Di conseguenza, i tempi ciclo sono più lunghi rispetto alle altre famiglie e richiedono operatori con una buona esperienza tecnica.

Il numero di codici gestiti è molto elevato e i lotti di produzione sono generalmente piccoli, di solito tra 1 e 10 unità; solo raramente si arriva a un massimo di 15 macchine per ordine. Questa grande varietà di modelli e il continuo cambio di configurazioni rendono il rifornimento delle linee un'attività complessa e piuttosto dispendiosa in termini di tempo.

La seconda famiglia prodotta a Bagnolo riguarda gli Hand Held Products Comprende diverse linee dedicate a decespugliatori e motoseghe, oltre ad altre linee destinate agli altri prodotti della categoria. Nel complesso, occupa una parte significativa delle linee produttive aziendali. Rispetto alla prima area, qui si assemblano meno varianti per linea (in genere tra 2 e 15 modelli). I lotti di produzione sono più grandi, solitamente compresi tra 30 e 200 pezzi consecutivi, con la possibilità di arrivare anche a volumi maggiori in base alla domanda. I tempi ciclo sono più brevi e regolari, permettendo un flusso produttivo più lineare ed efficiente.

La terza e ultima famiglia occupa uno spazio più ridotto all'interno del reparto e comprende tre linee dedicate ai modelli a batteria (40V e 56V) di decespugliatori, soffiatori e tagliasiepi. Si tratta delle linee più recenti: i primi modelli a 40V sono stati prodotti nel 2019, mentre nel 2024 la gamma è stata ampliata anche con i modelli a 56V. Anche in questo caso, i lotti produttivi sono generalmente compresi tra 30 e 200 pezzi, con possibilità di aumentare a seconda delle esigenze. I tempi ciclo rimangono contenuti, con un processo produttivo snello ed efficiente.

2.5.2 Linee di premontaggio

Le linee di premontaggio, che rappresentano anche il cuore di questo progetto di tesi, sono dedicate alla realizzazione di sottoassiemi e moduli funzionali. Questi possono avere diverse destinazioni: in alcuni casi vengono venduti direttamente come ricambi, in altri vengono utilizzati sulle linee di assemblaggio del prodotto finito. Nella maggior parte dei casi, però, i premontaggi sono destinati al polo Ricambi, dove vengono inviati così come sono oppure utilizzati per la composizione di kit.

Negli ultimi anni, il numero di premontaggi destinati direttamente alle linee di assemblaggio si è progressivamente ridotto, in quanto non in linea con il modello Kaizen introdotto in azienda. A partire da quel momento, si è lavorato per limitarne

l'utilizzo: oggi ne rimangono solo pochi casi, principalmente legati a difficoltà di integrazione nel ciclo produttivo, dovute alla necessità di attrezzature particolari che risulterebbero complesse da inserire direttamente in linea. Si tratta comunque di eccezioni molto limitate.

Dal punto di vista tecnico-organizzativo, tali linee si caratterizzano per tempi ciclo generalmente brevi, anche se soggetti a una variabilità significativa dovuta all'estrema eterogeneità dei componenti e alle differenze operative che contraddistinguono i vari sottoassiemi. Si parla di più di 250 codici, ciascuno caratterizzato da un tempo di produzione che varia da pochi secondi a qualche minuto, sempre sotto i 5. Di conseguenza, le attività svolte sono fortemente ripetitive e richiedono una progettazione accurata sotto il profilo ergonomico e procedurale, con particolare attenzione alla standardizzazione delle operazioni, alla riduzione dei movimenti non a valore aggiunto e, più in generale, all'eliminazione degli sprechi secondo i principi del miglioramento continuo.

L'efficienza delle linee di premontaggio ha un impatto diretto sulla produttività complessiva dello stabilimento. Prima dell'avvio del progetto, l'area era organizzata in sei postazioni che, considerando il numero totale di linee presenti, rappresentavano circa il 20% del sistema produttivo. Di conseguenza, eventuali inefficienze in quest'area si riflettevano in modo significativo sulle prestazioni complessive dello stabilimento.

Nel dettaglio, una postazione era dedicata ai premontaggi relativi ai troncatori, una alla gestione dei semilavorati destinati all'area Bertolini e una alla produzione dei serbatoi per i decespugliatori. Le restanti tre postazioni, invece, si occupavano di tutti gli altri codici, gestendo quindi una gamma molto ampia ed eterogenea di componenti e sottoassiemi.

Questa organizzazione, se da un lato favoriva lo sviluppo di competenze specifiche e consentiva di ottimizzare le attività più tecniche o ripetitive, dall'altro introduceva una certa complessità nella pianificazione dei carichi di lavoro e nel bilanciamento delle risorse. La frammentazione in più postazioni, infatti, può rendere più difficile mantenere un flusso produttivo continuo e uniforme, soprattutto in presenza di variazioni nei volumi o di frequenti cambiamenti nelle priorità operative.

Dal momento che queste linee rappresentano circa un quinto dell'intero reparto produttivo, una loro gestione efficace risulta fondamentale per garantire la continuità delle operazioni, ridurre le inefficienze e migliorare l'affidabilità complessiva del processo produttivo. Di seguito si trova una tabella riassuntiva di tutte le linee presenti nel reparto produttivo di Emak S.p.A.

Famiglia di linee	% linee	Variabilità codici	Volumi/lotti indicativi	Complessità tecnica	Tempi ciclo
Bertolini & Nibbi Department	20%	Media/alta	Piccoli (entro i 10 pz/lotto)	Medio-alta	Lunghi
Hand Held Products	50%	Limitata	Medio-alti (30-200 pz/lotto)	Alta (motori, frizioni, barre, catene)	Medi
Modelli a Batteria (40V e 56V)	10%	Limitata	Medio-alti (30-200 pz/lotto)	Medio-bassa	Medi
Premontaggi	20%	Molto alta	Variabili da codice a codice	Medio-Bassa (dipende dal codice)	Breve/molto breve(a seconda del codice)

Tabella 2: Linee presenti nel reparto di produzione dell'Emak S.p.A.

2.6 Situazione As-Is

La configurazione attuale delle linee produttive dello stabilimento risulta complessivamente coerente ed efficace rispetto all'elevata varietà di modelli e configurazioni gestite, senza evidenziare particolari criticità diffuse a livello di reparto. L'analisi dello stato di fatto, condotta attraverso osservazioni dirette, raccolta di dati quantitativi e confronti con operatori e responsabili, ha infatti mostrato come il sistema produttivo nel suo complesso presenti un buon livello di equilibrio e continuità operativa.

Diversamente, le principali criticità emerse risultano fortemente concentrate nell'area delle linee di premontaggio, dove si riscontrano inefficienze di natura organizzativa e gestionale più rilevanti rispetto al resto del reparto. È proprio questa concentrazione di

problematiche che ha motivato la scelta di focalizzare il progetto di tesi su tale area specifica.

Sebbene le diverse famiglie di linee condividano una logica generale comune, articolata nelle fasi di punzonatura, montaggio e imballo, nelle linee di premontaggio la maggiore variabilità dei componenti, unita alla frammentazione delle attività, favorisce l'insorgenza di colli di bottiglia e discontinuità nei flussi. Queste inefficienze, se non gestite, possono influenzare anche il funzionamento delle fasi produttive a valle. L'obiettivo dell'analisi As Is è quindi quello di mettere in evidenza tali criticità, con un focus mirato sull'area dei premontaggi, così da definire una base solida per lo sviluppo degli interventi migliorativi successivi.

2.7 Criticità delle linee di premontaggio

L'analisi dettagliata dello stato attuale ha confermato come le linee di premontaggio rappresentino un nodo strategico per l'intero stabilimento. Nonostante il sistema produttivo nel suo complesso risulti equilibrato, il numero significativo di queste linee e il loro ruolo all'interno del flusso produttivo le rendono particolarmente rilevanti. L'approfondimento condotto, sviluppato anche attraverso un confronto sistematico con gli operatori e con il personale tecnico responsabile delle diverse aree, ha permesso di mettere in evidenza un insieme di criticità più ampio e articolato rispetto a quanto inizialmente ipotizzato.

Una delle problematiche principali riguarda l'elevata variabilità dei tempi ciclo. Tale variabilità risulta ulteriormente accentuata dal fatto che i tempi ufficiali di riferimento erano stati rilevati in un contesto diverso dall'attuale, ovvero quando i premontaggi venivano eseguiti direttamente sulle linee finali. Questo ha portato a una sottostima dei tempi realmente necessari nelle postazioni dedicate, generando inevitabili scostamenti e difficoltà nella programmazione. Parallelamente, la gestione di un numero molto elevato di codici, molti dei quali caratterizzati da una produzione estremamente sporadica, ostacola la continuità operativa e rende complesso mantenere un'adeguata

confidenza con le procedure di assemblaggio. La bassa frequenza di lavorazione si traduce infatti in un deterioramento della familiarità con i componenti, con ricadute dirette sulla velocità esecutiva e sulla precisione delle attività.

A questo aspetto si collega una perdita progressiva di know-how e una scarsa standardizzazione delle procedure. Molti dei premontati analizzati non venivano realizzati da anni, con il risultato che gli operatori non ricordavano con sufficiente chiarezza sequenze operative, posizionamenti critici o caratteristiche peculiari dei componenti. Tale incertezza aumenta la probabilità di errori e introduce variabilità nei tempi di esecuzione, rendendo difficoltosa la definizione di standard affidabili. L'organizzazione attuale delle postazioni, frutto di una stratificazione storica non sempre pianificata, contribuisce a sua volta a una percezione diffusa di disordine. Le postazioni risultano distribuite senza seguire un flusso logico coerente, con una visibilità complessiva limitata e con difficoltà oggettive nelle comunicazioni e nel coordinamento tra operatori.

Una criticità particolarmente rilevante riguarda inoltre la presenza di materiali estranei all'area di premontaggio. In alcune circostanze, linee produttive a valle, osservando zone apparentemente inutilizzate, tendevano a depositare materiali di propria competenza all'interno dell'area. Questo comportamento, pur comprensibile in condizioni di limitato spazio disponibile, ha contribuito a incrementare la confusione e ha reso più complesso il reperimento dei componenti necessari. L'incertezza nella localizzazione dei materiali, talvolta non posizionati in maniera coerente con il layout o non aggiornati rispetto alle esigenze operative, rallentava in modo significativo l'avvio delle attività quotidiane e introduceva variabilità non pianificata nei tempi ciclo.

La configurazione del layout, insieme alla produzione non regolare dei diversi codici, contribuiva a generare diversi sprechi. I percorsi poco lineari, i movimenti superflui e la mancanza di un flusso ben definito portavano infatti a una perdita di tempo in attività che non aggiungono valore. Pur non influenzando direttamente le linee di assemblaggio del prodotto finito, poiché i premontaggi vengono principalmente destinati al polo Ricambi o utilizzati come kit, queste inefficienze rappresentavano comunque una criticità rilevante a livello di reparto, incidendo sull'organizzazione complessiva e sull'utilizzo delle risorse.

Nel complesso, le criticità individuate hanno rappresentato il punto di partenza del presente progetto di tesi, che si è posto l'obiettivo di ripensare le linee di premontaggio per renderle più efficienti, affidabili, ordinate e standardizzate. Intervenire su quest'area è infatti fondamentale per migliorare il funzionamento complessivo del reparto, ridurre le inefficienze e aumentare la solidità e la chiarezza organizzativa del sistema produttivo.

Cap. 3: ANALISI DEI DATI DI PRODUZIONE E IDENTIFICAZIONE DELLE CRITICITÀ OPERATIVE

Il presente capitolo è dedicato all'analisi della situazione produttiva esistente e dei dati operativi raccolti all'interno dell'azienda, con l'obiettivo di individuare le principali criticità che hanno motivato lo sviluppo del progetto di riorganizzazione delle attività di premontaggio.

In una prima fase viene descritto il quadro generale delle postazioni di lavoro nella configurazione antecedente al progetto realizzato, evidenziando le modalità operative adottate e le problematiche riscontrate in termini di gestione dei materiali, l'organizzazione delle attrezzature e le difficoltà operative per gli operatori. Questa analisi preliminare consente di comprendere il contesto di partenza e le inefficienze che caratterizzavano l'organizzazione delle attività di premontaggio.

Successivamente vengono presentati i dati utilizzati per l'analisi, costituiti dai dati di produzione relativi agli ultimi due anni, estratti dai sistemi informativi aziendali. Su tali dati sono state condotte diverse analisi finalizzate a comprendere le prestazioni operative del processo e a individuare le principali aree di miglioramento. In particolare, il capitolo approfondisce l'analisi dei rendimenti delle lavorazioni, affiancata da una valutazione economica delle inefficienze osservate, al fine di quantificare l'impatto del mancato rendimento sulle ore di produzione. Infine, attraverso l'applicazione dell'analisi di Pareto sulle ore effettive di lavorazione associate ai diversi premontati, vengono individuati i codici a maggiore impatto operativo.

I risultati di tali analisi costituiscono la base per l'identificazione delle priorità di intervento e rappresentano un elemento fondamentale per la progettazione della nuova configurazione delle postazioni di premontaggio, descritta nel capitolo successivo.

3.1 Quadro generale del progetto

Le postazioni di premontaggio oggetto del presente progetto risultavano inizialmente distribuite all'interno del reparto di produzione in prossimità delle rispettive linee di assemblaggio finale. Tale configurazione era stata adottata con l'obiettivo di ridurre i tempi di movimentazione dei componenti premontati e di garantire una maggiore integrazione con le linee sulle quali essi venivano successivamente utilizzati.

Nella figura sottostante è riportato il layout attuale delle postazioni di premontaggio, nel quale è possibile osservare la distribuzione spaziale delle diverse postazioni all'interno del reparto di produzione.

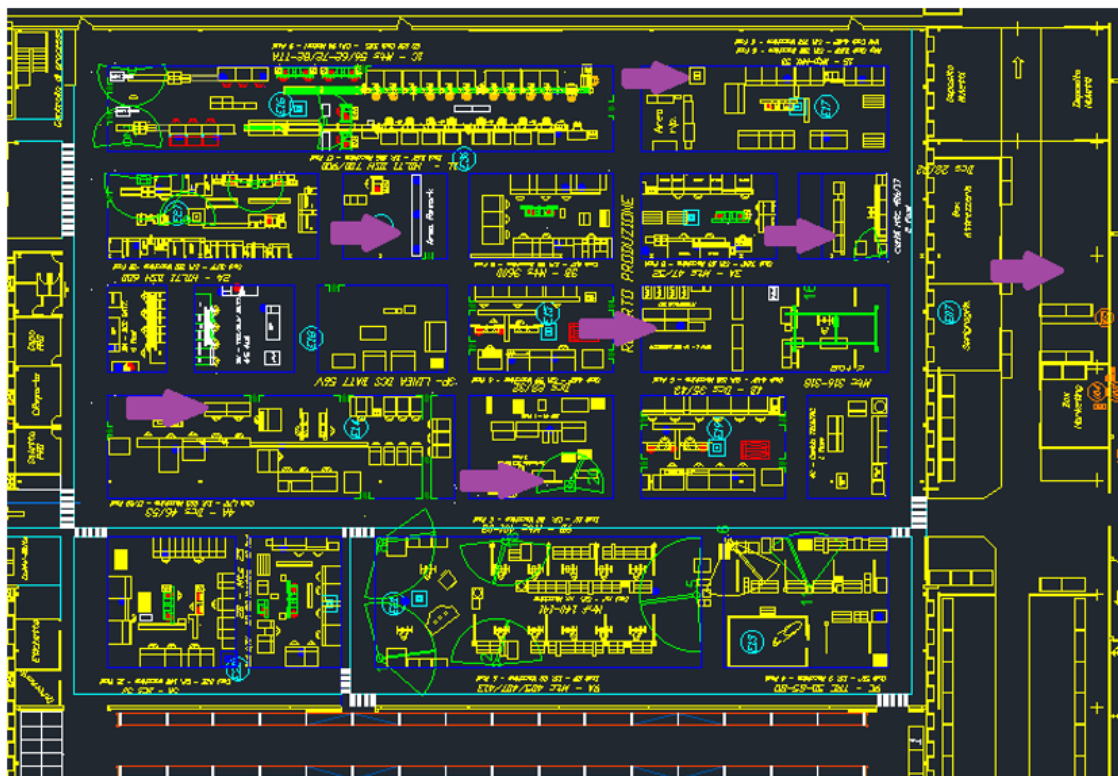


Figura 14: Postazioni dei premontaggi prima del progetto

Nel corso del tempo, tuttavia, la domanda di tali componenti ha subito una progressiva riduzione, fino a trasformarsi in una produzione a bassa frequenza, in alcuni casi limitata a una o poche volte nell'arco dell'anno. Questa evoluzione del contesto

produttivo ha reso progressivamente meno efficace l'organizzazione iniziale delle postazioni di premontaggio.

In particolare, la scarsa frequenza di utilizzo ha portato a una perdita di standardizzazione operativa, generando criticità sia dal punto di vista organizzativo sia dal punto di vista operativo. In diverse occasioni, infatti, non risultava immediatamente chiaro dove dovessero essere realizzati i componenti premontati; analogamente, si riscontravano difficoltà nel reperimento del materiale necessario, delle attrezzature dedicate e delle corrette modalità operative per l'esecuzione delle lavorazioni.

Tali problematiche hanno fatto emergere la necessità di riorganizzare l'area di premontaggio attraverso un progetto di razionalizzazione e accorpamento delle postazioni esistenti, con l'obiettivo di creare una configurazione più strutturata, riconoscibile e facilmente gestibile, adeguata alle attuali esigenze produttive.

3.2 Descrizione dei dati disponibili

L'analisi delle postazioni di premontaggio oggetto del presente studio è stata condotta a partire dai dati storici di produzione relativi agli ultimi due anni, estratti tramite la piattaforma Power BI, alimentata dal sistema gestionale aziendale Microsoft Dynamics 365. Sono stati analizzati tutti i codici prodotto realizzati sulle postazioni considerate nel periodo di riferimento.

Per ciascun codice sono state prese in esame le seguenti grandezze: il rendimento medio annuo, la quantità prodotta su base annuale e il tempo effettivo di lavorazione espresso in ore. Il rendimento utilizzato nell'analisi è definito come il rapporto tra il tempo standard di lavorazione e il tempo effettivo registrato, in accordo con la definizione adottata a livello aziendale. Tali informazioni sono state raccolte separatamente per ciascun anno e successivamente aggregate su base biennale.

KPI analizzato	Descrizione	Obiettivo dell'analisi
Ore totali per codice	Ore di lavoro annuali dedicate a ciascun codice	Identificare i codici a maggior impatto
Quantità prodotte	Numero totale di pezzi	Comprendere i volumi produttivi
Rendimento medio	Rapporto tra tempo standard e tempo effettivo	Valutare l'efficienza delle lavorazioni

Tabella 3: Indicatori analizzati per la valutazione delle inefficienze dei premontaggi

I dati così strutturati hanno permesso di individuare le principali criticità delle postazioni di premontaggio, con particolare riferimento alla presenza ricorrente di bassi valori di rendimento e alla conseguente incidenza in termini di tempo e di costi di produzione. A supporto di tale analisi, è stato inoltre definito un indicatore economico volto a stimare le perdite associate alle inefficienze riscontrate nel periodo consolidato.

Sulla base dei tempi effettivi di lavorazione relativi all'intero biennio, è stata quindi condotta un'analisi di Pareto finalizzata all'identificazione dei codici a maggiore impatto in termini di ore di produzione. In particolare, sono stati selezionati i codici che complessivamente rappresentano circa l'80% del tempo totale impiegato sulle postazioni analizzate, visto il numero molto elevato di codici in produzione sulle linee.

I criteri individuati mediante l'analisi di Pareto sono stati successivamente raggruppati sulla base di criteri tecnici e logistici, quali lo spazio disponibile e le attrezzature per l'esecuzione delle lavorazioni. Parallelamente, è stata avviata un'attività di codifica ed etichettatura delle attrezzature, finalizzate a supportare la fase di progettazione della nuova configurazione delle postazioni e a porre le basi per una maggiore standardizzazione dei processi.

Di seguito si trovano due tabelle riassuntive dei dati utilizzati per l'analisi svolta: nella prima viene mostrato il numero totale di codici analizzati, le ore totali impiegati per i premontaggi e la quantità totale prodotta nei due anni presi in analisi, mentre nella seconda tabella viene fornita una descrizione a grandi linee dell'analisi svolta: periodo di riferimento, analisi svolte e indicatori considerati.

Numero totale dei codici analizzati	264
Codici prodotti in entrambi gli anni	198
Codici a bassa frequenza (sotto le 20h in 2 anni)	221
Ore totali di premontaggi (2 anni)	4591 h
Quantità totale prodotta (2 anni)	260783

Tabella 5: Riassunto analisi svolta

Periodo di riferimento	Anni 2023-2024
Unità di analisi	Tutti i codici prodotto realizzati sulle linee dei premontaggi
Indicatori considerati	· Rendimento medio annuo · Quantità prodotta annua · Tempo effettivo di lavorazione
Fonte dei dati	Sistema informativo aziendale
Analisi effettuate	· Analisi del rendimento · Analisi economica delle inefficienze · Analisi di Pareto sui tempi
Output dell'analisi	Selezione dei codici ad alto impatto e supporto alla riprogettazione delle linee

Tabella 6: Dati analisi svolta presso Emak S.p.A.

3.3 Analisi del rendimento delle postazioni

L'analisi del rendimento ha rappresentato il primo passo nello studio delle criticità delle postazioni di premontaggio, in quanto tale indicatore si è dimostrato particolarmente sensibile alle inefficienze operative riscontrate nel periodo considerato.

Nel contesto aziendale analizzato, il rendimento è definito come il rapporto tra il tempo standard associato alle lavorazioni e il tempo effettivo impiegato per la loro esecuzione, considerando esclusivamente le ore dirette di produzione. In tale definizione, il valore obiettivo del rendimento è pari al 100%, condizione che si verifica quando l'intero

tempo di lavoro diretto è impiegato nella produzione di macchine effettivamente ordinate.

Le ore indirette, pur rientrando nell'orario di lavoro complessivo dell'operatore, non contribuiscono al calcolo del rendimento in quanto non direttamente associate all'attività produttiva. Rientrano in questa categoria, a titolo esemplificativo, il tempo dedicato a visite mediche, attività di set-up, fermi per mancanza di materiale, manutenzione, problematiche di qualità, prestiti temporanei dell'operatore ad altri reparti, attività di addestramento o formazione, assemblee sindacali, lavorazioni extra-ciclo e recuperi macchina dovute a cause operative o esterne.

L'analisi dei dati storici ha evidenziato come, sulle postazioni di premontaggio considerate, il rendimento si presenti frequentemente al di sotto del valore obiettivo (100%), segnalando una conseguente riduzione dell'efficienza complessiva del sistema. Tale andamento, riscontrato in modo ricorrente nel corso dei due anni analizzati, ha rappresentato il principale elemento di criticità e ha motivato l'approfondimento delle cause sottostanti.

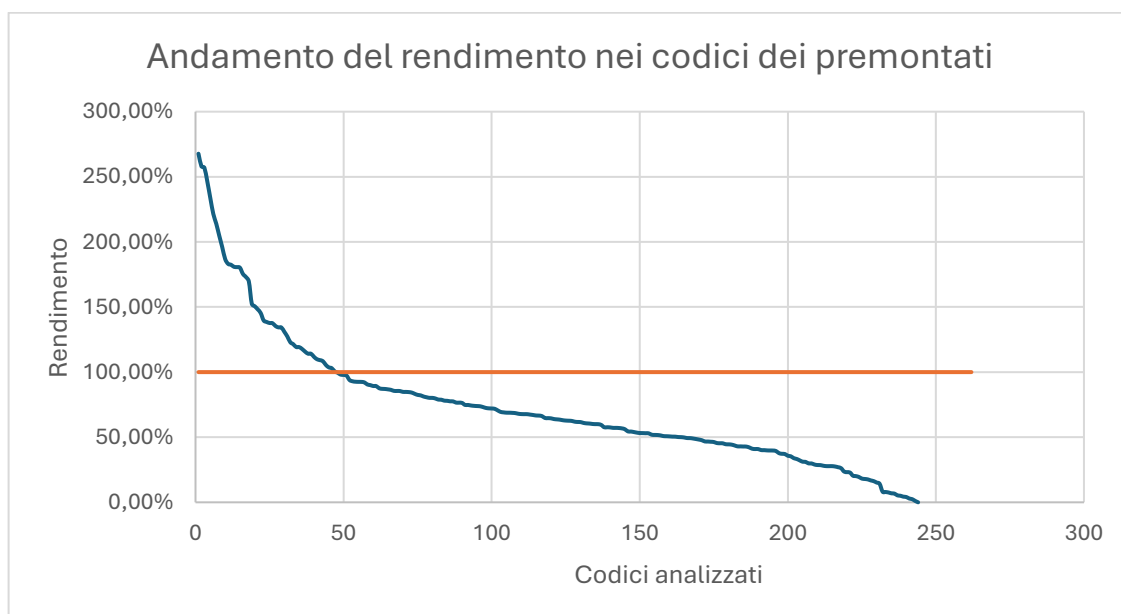


Figura 15: Andamento del rendimento dei codici di premontaggio analizzati (periodo biennale)

Nel grafico soprastante è riportato l'andamento del rendimento dei codici di premontaggio analizzati, ordinati in modo decrescente rispetto al valore di rendimento medio calcolato sul periodo biennale. Inoltre, viene riportata una linea corrispondente al valore di rendimento obiettivo pari al 100%, al fine di agevolare il confronto tra le prestazioni effettive dei codici analizzati e la condizione di pieno utilizzo delle ore dirette di produzione. Il grafico consente di valutare in modo immediato la distribuzione dei valori di rendimento sull'insieme dei codici considerati e di evidenziare la presenza di forti disomogeneità tra le diverse lavorazioni.

Dal grafico emerge come solo una quota limitata dei codici analizzati, pari a circa cinquanta su un totale di duecentocinquanta, presenti un rendimento prossimo o superiore al valore obiettivo del 100%. La maggior parte dei codici risulta invece caratterizzata da valori significativamente inferiori, a conferma della presenza diffusa di inefficienze operative sulle postazioni di premontaggio.

Si osserva inoltre la presenza di alcuni codici caratterizzati da valori di rendimento significativamente superiori al 100%, in alcuni casi prossimi al 300%. Tali valori non sono riconducibili a un'effettiva maggiore efficienza, bensì indicano una probabile incongruenza tra il tempo standard registrato a sistema e il tempo effettivamente necessario per l'esecuzione della lavorazione. In particolare un tempo ciclo sottostimato comporta una sovrastima del rendimento calcolato.

Una possibile spiegazione della forte variabilità dei rendimenti osservata risiede nelle modalità con cui i tempi standard di riferimento sono stati storicamente rilevati. In particolare, tali tempi sono stati misurati in un contesto produttivo differente rispetto a quello attuale, nel quale le lavorazioni di premontaggio venivano eseguite direttamente in linea, all'interno del flusso di montaggio principale. In tale configurazione, l'operatore disponeva di componenti, attrezzature e materiali già predisposti e facilmente accessibili, con una conseguente riduzione dei tempi accessori e delle attività non a valore aggiunto.

Nel contesto attuale, invece, le lavorazioni di premontaggio risultano separate dalla linea di montaggio e vengono svolte in postazioni dedicate, non integrate nel flusso continuo. Questa differenza organizzativa comporta inevitabilmente un incremento dei tempi operativi effettivi, legato ad esempio alla movimentazione dei materiali, alla preparazione della postazione e alla gestione autonoma delle attività da parte

dell'operatore, elementi che non erano presenti o risultavano trascurabili nella configurazione precedente.

Un ulteriore fattore che contribuisce alla distorsione del rendimento è rappresentato dalla mancata inclusione, nei tempi standard attualmente a sistema, del tempo di set-up necessario per l'avvio delle attività di premontaggio. Tale omissione determina una sottostima del tempo teorico di esecuzione e, di conseguenza, una rappresentazione non accurata delle performance reali. L'aggiunta di questi tempi consentirà da un lato di migliorare l'affidabilità dell'indicatore di rendimento, rendendolo più coerente con le reali condizioni operative, ma dall'altro comporterà un aumento del monte ore indirette attribuite al reparto, in quanto tali attività saranno esplicitamente tracciate e contabilizzate.

Al fine di ottenere una valutazione più rappresentativa delle prestazioni complessive delle postazioni di premontaggio, è stato effettuato un confronto tra il rendimento medio pesato sulle ore effettive di produzione, riportato nella figura sottostante. Il confronto evidenzia come il rendimento medio pesato sulle ore risulti inferiore alla media dei rendimenti dei singoli codici. Tale differenza conferma che le lavorazioni caratterizzate da un maggiore impegno orario presentano, in media, prestazioni inferiori rispetto alle lavorazioni marginali, contribuendo in modo significativo al basso rendimento complessivo delle postazioni di premontaggio.

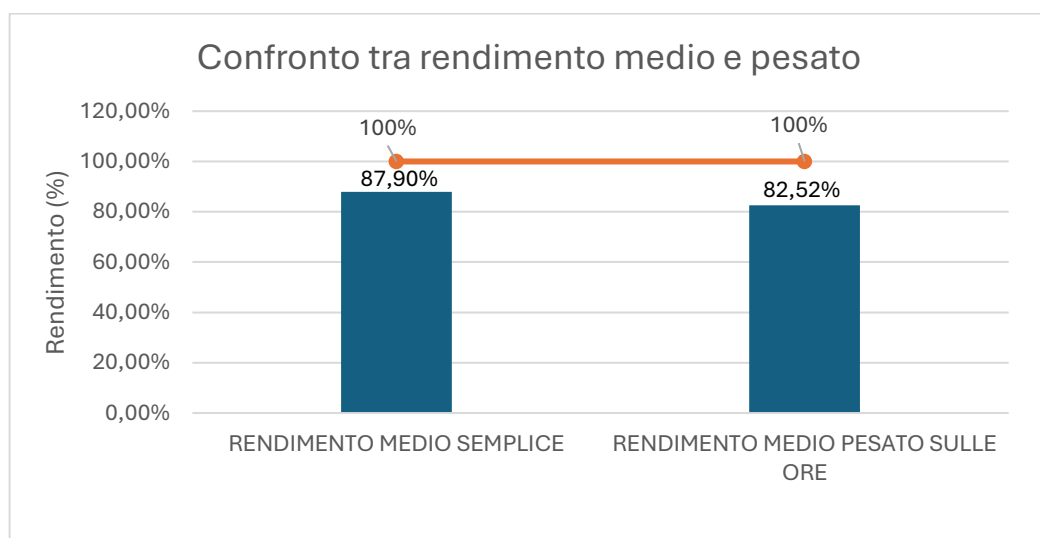


Figura 16: Confronto tra il rendimento medio e il rendimento pesato sulle ore effettive di lavoro nel biennio analizzato

La presenza di tali anomalie, unitamente alla forte variabilità dei valori di rendimento riscontrata tra i diversi codici, evidenzia la necessità di un intervento di razionalizzazione delle postazioni di premontaggio e di una maggiore standardizzazione dei processi. Tali considerazioni hanno costituito il punto di partenza per le successive analisi di tipo economico e per l'applicazione dell'analisi di Pareto sui tempi di produzione, finalizzate a individuare le lavorazioni a maggiore impatto e a supportare le scelte progettuali illustrate nei paragrafi successivi.

In sintesi, l'analisi del rendimento ha evidenziato una situazione caratterizzata da valori mediamente lontani dal target aziendale del 100% per la maggior parte dei codici di premontaggio analizzati. Solo una quota limitata delle lavorazioni risulta infatti prossima alla condizione di pieno utilizzo delle ore dirette, mentre per la restante parte emergono significative inefficienze operative.

La presenza di rendimenti fortemente variabili, unitamente a valori anomali superiori al 100% riconducibili a incongruenze nei tempi standard registrati a sistema, mette in luce criticità sia di natura organizzativa sia di natura informativa. In particolare, tali evidenze suggeriscono la difficoltà di gestire in modo efficace lavorazioni a bassa frequenza produttiva e con un elevato grado di dispersione delle postazioni.

Le considerazioni emerse dall'analisi del rendimento hanno pertanto costituito il punto di partenza per le successive analisi di tipo economico e per l'applicazione dell'analisi di Pareto sui tempi di produzione, finalizzate a quantificare l'impatto delle inefficienze riscontrate e a individuare le lavorazioni su cui concentrare gli interventi di riprogettazione illustrati nei paragrafi successivi.

3.4 Analisi economica delle inefficienze

A seguito dell'analisi del rendimento illustrata nel paragrafo precedente, si è ritenuto necessario affiancare una valutazione di tipo economico, al fine di quantificare l'impatto delle inefficienze riscontrate sulle postazioni di premontaggio. L'analisi del solo

rendimento, infatti, consente di individuare la presenza di perdite di efficienza ma non permette di valutarne direttamente l'effetto economico sul sistema produttivo.

Per questo motivo è stato introdotto l'indicatore di costo del mancato rendimento, utilizzato dall'azienda per attribuire un valore economico alle perdite di efficienza generate durante le attività produttive. Tale indicatore consente di trasformare gli scostamenti espressi in termini di ore di lavoro in un valore monetario, rendendo più immediata la valutazione delle inefficienze e facilitando il confronto tra differenti linee produttive o differenti periodi temporali.

Il principio alla base dell'indicatore consiste nel confrontare il tempo effettivamente impiegato per realizzare una determinata quantità di prodotto con il tempo teorico che sarebbe stato necessario in condizioni di rendimento pari al 100%. La differenza tra questi due valori rappresenta il numero di ore aggiuntive assorbite dal processo a causa delle inefficienze operative.

Le ore di scostamento vengono successivamente valorizzate attraverso un costo orario standard della manodopera definito a livello aziendale. In questo modo è possibile determinare il costo associato alle perdite di tempo generate dal mancato raggiungimento del rendimento obiettivo. L'indicatore può essere espresso mediante la seguente relazione:

$$C_{MR} = (H_{eff} - H_{teor}) * C_h$$

Equazione 1: Formula indicatore di costo di mancato rendimento

Dove:

- C_{MR} = costo del mancato rendimento [€];
- H_{eff} = ore effettive registrate per la produzione considerata [h];
- H_{teor} = ore teoriche corrispondenti ad un rendimento del 100% [h];
- C_h = costo orario standard della manodopera definito dall'azienda [€/h].

È importante sottolineare che il costo del mancato rendimento non rappresenta una perdita economica effettivamente sostenuta dall'azienda, bensì una stima del valore associato alle inefficienze produttive registrate nel periodo considerato. L'indicatore

costituisce quindi uno strumento gestionale utile per individuare le aree maggiormente critiche e valutare il potenziale beneficio economico derivante da interventi di miglioramento dei processi.

I dati utilizzati per l'analisi sono stati estratti dal sistema di reportistica aziendale Power BI, il quale aggrega le informazioni provenienti dal gestionale Microsoft Dynamics 365 e le rielabora secondo criteri definiti a livello aziendale. Per ciascuna linea e per il complesso delle postazioni di premontaggio analizzate, sono stati presi in considerazione i seguenti indicatori:

- Ore effettive totali registrate nel periodo di analisi;
- Ore teoriche corrispondenti a un rendimento del 100%;
- Differenza tra ore effettive e ore teoriche;
- Rendimento medio complessivo;
- Costo associato al mancato riferimento.

Nella tabella sottostante è riportata una sintesi dei principali risultati dell'analisi economica condotta sul periodo biennale considerato.

Indicatore	Valore
Ore effettive totali	4590,78
Ore teoriche a rendimento 100%	4036,64
Differenza in ore	554,14
Rendimento medio complessivo	87,90%
Costo di mancato rendimento	26.737 €

Tabella 4: Sintesi degli indicatori economici delle postazioni di premontaggio

L'entità del costo di mancato rendimento, letta congiuntamente allo scostamento in termini di ore, ha confermato la presenza di inefficienze significative all'interno dell'area dei premontaggi e mette in evidenza l'opportunità di intervenire attraverso azioni di miglioramento organizzativo. In particolare, il dato mostra come anche scostamenti percentuali apparentemente limitati rispetto al rendimento obiettivo possano tradursi, nel lungo periodo, in un impatto economico rilevante.

I risultati dell'analisi economica hanno rappresentato un elemento chiave nel processo decisionale che ha portato alla definizione della proposta di riprogettazione delle

postazioni di premontaggio. In particolare, la quantificazione economica delle inefficienze ha permesso di giustificare l'intervento progettuale non solo dal punto di vista tecnico-organizzativo, ma anche in termini di sostenibilità economica.

Sulla base di tali evidenze, nel paragrafo successivo viene introdotta l'analisi di Pareto sui tempi di produzione, finalizzata a individuare i codici e le lavorazioni che contribuiscono in misura maggiore al costo complessivo del mancato rendimento e che hanno quindi rappresentato il focus prioritario dell'intervento di riprogettazione.

3.5 Analisi di Pareto sui tempi di produzione

A seguito delle analisi sul rendimento e della quantificazione dell'impatto economico delle inefficienze, si è reso necessario individuare in modo strutturato le lavorazioni sulle quali concentrare gli interventi di riprogettazione delle postazioni di premontaggio. Considerata l'elevata numerosità dei codici analizzati e la loro bassa frequenza produttiva, un approccio indiscriminato non avrebbe consentito di ottenere risultati efficaci.

Per questo motivo è stata applicata un'analisi di Pareto, con l'obiettivo di identificare un numero ristretto di codici in grado di rappresentare la quota maggiore dell'impegno produttivo complessivo, espresso in termini di ore effettive di lavorazione.

L'analisi di Pareto si basa sul principio secondo cui una percentuale limitata delle cause è responsabile della maggior parte degli effetti osservati. In ambito produttivo, tale approccio consente di individuare le lavorazioni critiche sulle quali concentrare prioritariamente gli sforzi di miglioramento, massimizzando l'efficacia degli interventi.

Nel presente lavoro, l'analisi di Pareto è stata applicata alle ore effettive di produzione associate ai singoli codici di premontaggio, ordinandoli in modo decrescente rispetto al tempo complessivamente lavorato nel periodo biennale considerato. La scelta di utilizzare le ore effettive come metrica di riferimento, anziché la quantità prodotta o il valore economico dei codici, è stata dettata dalle caratteristiche del contesto produttivo analizzato. In presenza di un numero elevato di codici realizzati con bassa frequenza e

in lotti sporadici, la variabile temporale è risultata la più rappresentativa in termini di impatto sull'utilizzo della capacità produttiva delle postazioni di premontaggio.

Dall'analisi è emerso che circa una trentina di codici, a fronte di oltre duecento codici analizzati, concentrano approssimativamente l'ottanta per cento delle ore complessive di produzione. Tale risultato evidenzia una forte concentrazione dell'impegno produttivo su un numero ristretto di lavorazioni e giustifica la scelta di focalizzare l'intervento progettuale su questo insieme limitato di codici ad alto impatto operativo.

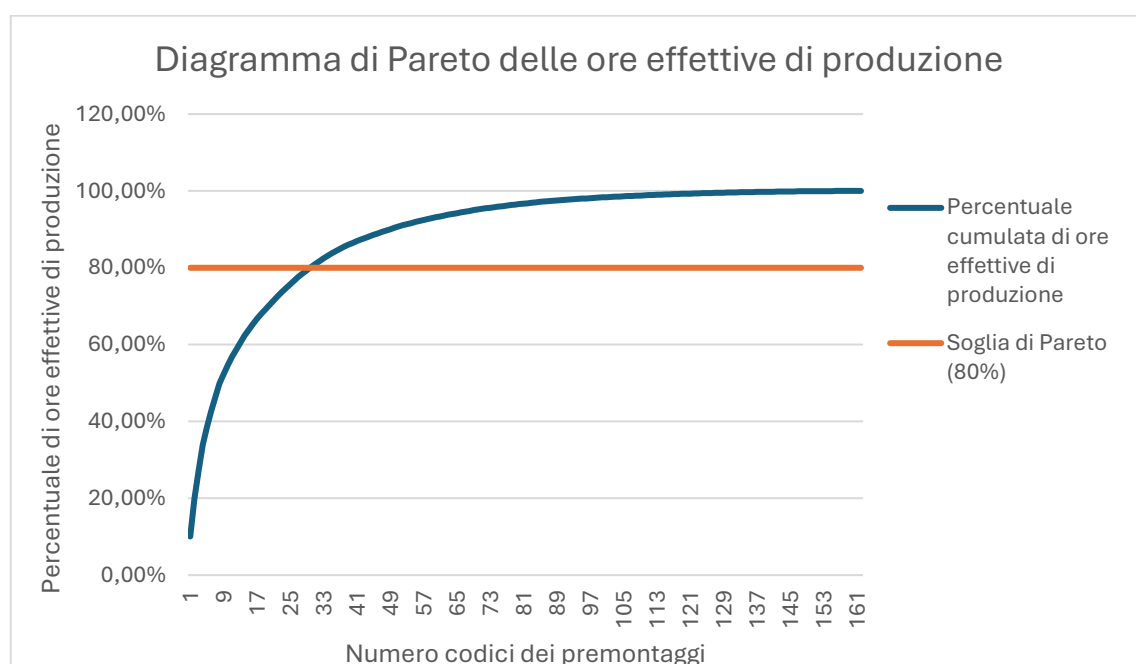


Tabella 5: Diagramma di Pareto delle ore effettive di produzione

Il grafico mostra la distribuzione cumulata delle ore effettive di produzione associate ai codici di premontaggio analizzati nel periodo biennale, evidenziando come una quota limitata di codici concentri circa l'80% dell'impegno produttivo complessivo.

Numero totale di codici analizzati	264
Codici che coprono il target delle ore	30
Percentuale sul totale di codici	11,36%
Percentuale target ore cumulative	80%

Tabella 6: Sintesi dell'analisi di Pareto

Una volta individuato il gruppo di codici prioritari tramite l'analisi di Pareto, è stato effettuato un confronto tra le ore effettive di produzione e il rendimento medio associato a ciascun codice. Tale analisi congiunta consente di valutare simultaneamente il peso operativo delle singole lavorazioni e le loro prestazioni in termini di efficienza. Nella figura sottostante è riportato un diagramma di dispersione che mette in relazione le ore totali di produzione e il rendimento medio dei codici analizzati. Il grafico evidenzia come i codici caratterizzati da un elevato assorbimento di ore presentino valori di rendimento inferiori al target aziendale del 100%, confermando che le principali inefficienze si concentrano sulle lavorazioni a maggiore impatto produttivo.

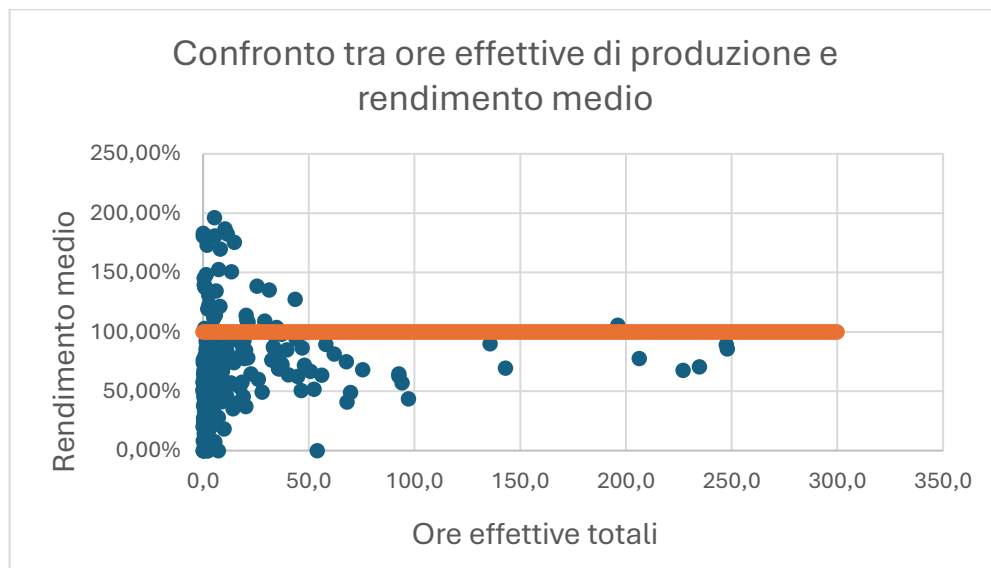


Tabella 7: Confronto tra ore effettive di produzione e rendimento medio

Il diagramma di dispersione mette in relazione il tempo complessivamente lavorato sui singoli codici e il relativo rendimento medio, evidenziando la concentrazione delle principali inefficienze sulle lavorazioni ad alto impegno orario. Inoltre, mostra che una buona parte di tutti i componenti dei premontaggi si concentra nell'intervallo compreso tra 0 e 50 ore, sottolineando la scarsa frequenza con cui ogni codice viene prodotto. La linea orizzontale indica il valore di rendimento target pari al 100%.

La combinazione dell'analisi di Pareto sulle ore di produzione e del confronto tra ore e rendimento ha consentito di individuare un insieme ristretto di codici critici, caratterizzati da un elevato assorbimento di capacità produttiva e da prestazioni inferiori al target aziendale. Questi codici hanno rappresentato il riferimento principale per la definizione dell'intervento di riprogettazione delle postazioni di premontaggio.

Le evidenze emerse hanno guidato le scelte progettuali illustrate nei paragrafi successivi, orientate alla realizzazione delle postazioni, alla concentrazione delle lavorazioni affini e alla standardizzazione delle attrezzature e dei processi, con l'obiettivo di migliorare il rendimento complessivo e ridurre l'impatto economico delle inefficienze.

3.6 Analisi delle attrezzature e dei vincoli

A seguito dell'individuazione dei codici di premontaggio a maggiore impatto in termini di ore effettive e rendimento, è stata condotta un'analisi di dettaglio delle attrezzature necessarie alle lavorazioni e dei vincoli tecnici e spaziali associati alle postazioni di premontaggio. Tale analisi si è resa necessaria al fine di verificare la fattibilità della concentrazione delle lavorazioni selezionate all'interno di un numero ridotto di postazioni standardizzate.

Per ciascun codice di premontaggio oggetto di analisi sono state individuate le attrezzature necessarie allo svolgimento delle operazioni previste dal ciclo di lavorazione. Le attrezzature sono state quindi codificate ed etichettate in modo univoco, al fine di:

- Rendere immediatamente identificabili gli strumenti necessari;
- Ridurre i tempi di ricerca e preparazione;
- Limitare la dipendenza dal know-how tacito degli operatori più esperti;
- Supportare future attività di standardizzazione e formazione.

La codifica ha rappresentato un primo passo verso la strutturazione del processo di premontaggio, in un contesto caratterizzato da lavorazioni a bassa ripetitività e frequenza annuale ridotta.

Codice attrezzatura	Particolari montati	Codice prodotto
FXC0000032	Serb. Mix neutro compl.	4196101B
	Serb. Ars compl. Gr.	56520206
	Serb. Compl. Bv163/sa2063	072700467B
FXC000003	Serb. Neutro compl. s/pesca	61280216B
FXC0000040	Supp. Filtro aria compl. Gr.	4196155 74000390

Tabella 8: Esempio di codifica delle attrezzature per tipologia di lavorazione

Una volta codificate le attrezzature, è stata analizzata la compatibilità tra le diverse lavorazioni, verificando la possibilità di utilizzare le stesse attrezzature per più codici di premontaggio. Questa analisi ha permesso di:

- Individuare famiglie di lavorazioni compatibili;
- Ridurre il numero complessivo di attrezzature necessarie;
- Facilitarne l'accorpamento di più codici all'interno della stessa postazione.

L'approccio adottato ha consentito di superare la precedente logica di postazioni dedicate, favorendo una configurazione più flessibile e coerente con la reale domanda produttiva.

Parallelamente all'analisi delle attrezzature, è stata svolta un'analisi dal punto di vista spaziale. La riprogettazione delle postazioni di premontaggio è stata vincolata dalla disponibilità di un'area dedicata di dimensioni pari a circa 11 m x 7,7 m. All'interno di tale area si è reso necessario garantire non solo lo spazio per le postazioni operative, ma anche adeguate zone di movimentazione e stoccaggio temporaneo dei materiali, quali pallet e componenti di grandi dimensioni.

Inoltre, la presenza di attrezzature con ingombri significativi e la necessità di gestire premontati provenienti da imballi voluminosi hanno rappresentato ulteriori vincoli progettuali, da considerare nella successiva definizione del layout. Tali condizioni hanno indirizzato le scelte verso soluzioni di layout compatte ma al contempo stesso

flessibili, capaci di ottimizzare l'utilizzo dello spazio disponibile senza compromettere l'operatività e l'ergonomia degli operatori.

La figura soprastante mostra l'area produttiva individuata per l'installazione delle postazioni di premontaggio, evidenziando lo spazio effettivamente disponibile entro il quale è stato necessario concentrare le lavorazioni selezionate.

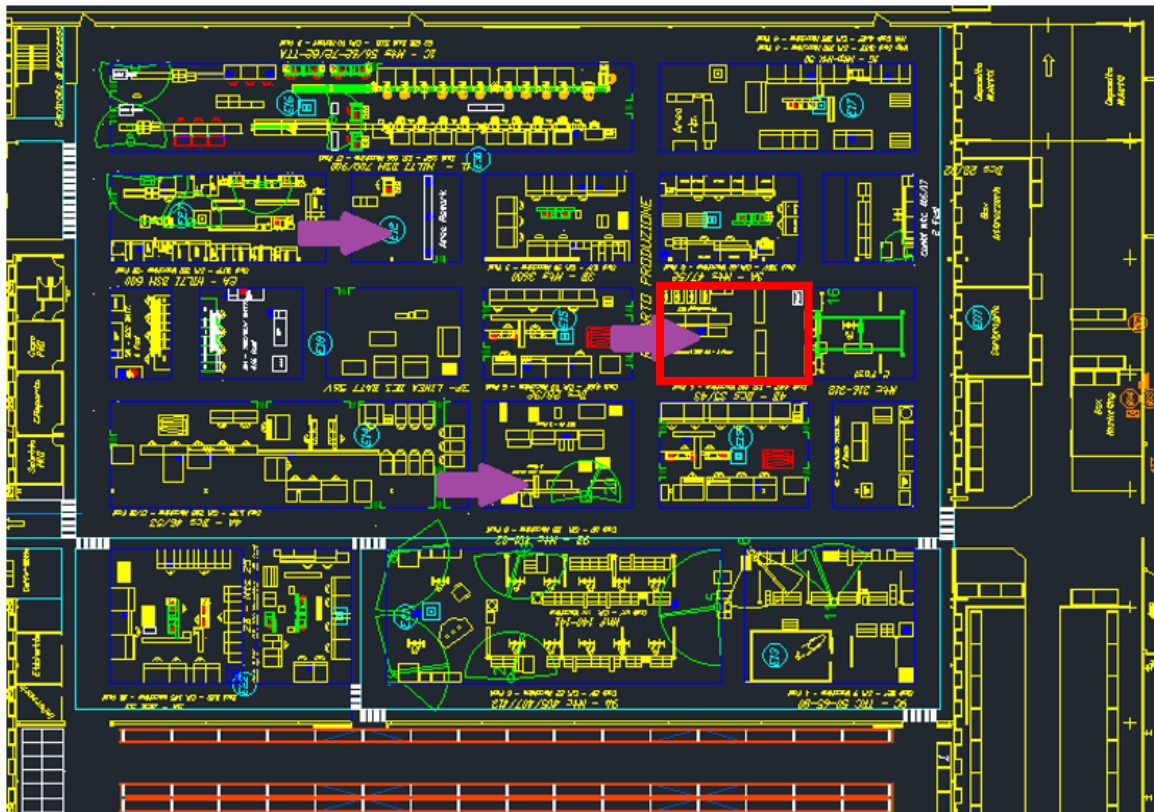


Figura 17: Area produttiva destinata alle postazioni di premontaggio

L'analisi congiunta di attrezzature, compatibilità operative e vincoli di layout ha fornito le basi per la successiva fase di riprogettazione delle postazioni di premontaggio. In particolare ha permesso di:

- Definire un insieme limitato di postazioni standard
- Garantire la copertura delle lavorazioni selezionate tramite l'analisi di Pareto
- Ridurre la dispersione delle attrezzature e la perdita di know-how operativo.

Le soluzioni progettuali derivate da questa analisi sono illustrate nel capitolo successivo.

Cap. 4: RIPROGETTAZIONE DELLE POSTAZIONI DI PREMONTAGGIO

La riprogettazione delle postazioni di premontaggio sviluppata a partire dalle analisi presentate nel capitolo 3 è discussa nel presente capitolo. In particolare, l'analisi dei rendimenti, l'analisi di Pareto sui tempi di produzione e la valutazione dei vincoli tecnici e spaziali hanno fornito la base per la creazione di una nuova configurazione delle postazioni con l'obiettivo di migliorare l'efficienza operativa e ottimizzare le risorse.

Non era l'obiettivo del progetto aumentare la capacità produttiva. Invece, l'obiettivo era modificare l'organizzazione delle postazioni per soddisfare la domanda produttiva, che è caratterizzata da un'elevata numerosità di codici e da una bassa frequenza di produzione. Pertanto, la riprogettazione è stata realizzata utilizzando un approccio basato sui dati e tenendo conto dei risultati quantitativi dell'analisi, così come dei limiti pratici relativi allo spazio disponibile, alle attrezzature e alle modalità di funzionamento.

I paragrafi seguenti descrivono i criteri utilizzati, la proposta di layout e le soluzioni utilizzate per standardizzare le attività di premontaggio.

4.1 Sintesi delle analisi preliminari e obiettivi di progetto

Il capitolo 3 ha evidenziato numerosi problemi strutturali relativi all'organizzazione delle attività di premontaggio. In particolare, lo studio dei dati storici ha dimostrato che le linee dedicate a queste attività mostravano un'elevata variabilità tra i vari componenti prodotti e molti valori di rendimento associati a ciascun codice mediamente inferiori al target aziendale.

Inoltre, nonostante fossero solo una piccola parte del totale analizzato, l'analisi di Pareto sulle ore effettive di produzione ha permesso di identificare un numero limitato di codici che hanno occupato la maggior parte delle ore di lavoro. Il risultato ha confermato la necessità di concentrare gli sforzi progettuali su quei codici che avevano

un impatto operativo maggiore piuttosto che su quelli basati solo sulla quantità prodotta o sul valore economico.

Attraverso un'analisi dei vincoli di layout e delle attrezzature, si è dimostrato che le postazioni di premontaggio erano estremamente frammentate, con attrezzature disperse, problemi di reperimento dei materiali e una forte dipendenza dal know-how degli operatori più esperti. A ciò si è aggiunto il limite di spazio, rappresentato dalla mancanza di un'area sufficientemente grande per concentrare il maggior numero possibile di lavorazioni mantenendo al contempo una buona ergonomia e condizioni di lavoro.

Presi in considerazione questi fattori, il progetto di riprogettazione ha stabilito i seguenti obiettivi principali:

- Razionalizzare e accorpare le postazioni di premontaggio attualmente distribuite all'interno dell'area produttiva;
- Migliorare il rendimento complessivo delle lavorazioni, riducendo le inefficienze legate a tempi improduttivi e alla mancanza di standard operativi;
- Concentrare le lavorazioni a maggiore impatto in termini di ore all'interno di un numero limitato di postazioni flessibili;
- Migliorare la gestione e la reperibilità delle attrezzature utilizzando soluzioni di layout e codifica dedicate;
- Creare le condizioni per una maggiore standardizzazione dei processi, riducendo il rischio di perdita di know-how;
- Garantire una produzione di qualità per tutti i codici, ponendola come elemento centrale del processo: non solo come risultato finale da verificare, ma come requisito sistematico da assicurare lungo tutte le fasi di premontaggio, attraverso standard operativi chiari, controllo delle attività e riduzione della variabilità.

Il nuovo layout delle postazioni di premontaggio e le soluzioni progettuali utilizzate per raggiungere questi obiettivi sono descritte in dettaglio nei paragrafi seguenti.

4.2 Stato di fatto del layout e criticità

La zona produttiva di dimensioni di circa 11 m x 7,7 m, che era una delle sei postazioni di premontaggio precedenti all'interno del reparto, è ora l'area destinata alle attività di premontaggio. Secondo una logica di assegnazione storica delle postazioni, in questa area le lavorazioni erano limitate a un certo numero di codici di premontaggio. Altri codici erano associati a postazioni diverse, ciascuna vicina alla propria linea di competenza.

Nel corso degli anni, questa organizzazione ha riscontrato una serie di problemi operativi, tra i quali il più impattante era la bassa frequenza di produzione dei codici gestiti. Molte volte, l'operatore assegnato alla postazione non aveva i materiali o le attrezzature necessarie immediatamente perché erano stati posizionati in altre parti del reparto o in postazioni diverse. Inoltre, in alcune circostanze, la scarsa standardizzazione e la produzione sporadica dei codici hanno reso difficile il richiamo delle modalità operative appropriate. Ciò ha portato a dubbi su come eseguire il premontaggio o su quali attrezzature utilizzare.

La gestione degli spazi interni della postazione presentava ulteriori sfide. Anche se alcuni dei materiali erano presenti nell'area di lavoro, erano spesso inaccessibili perché erano sommersi da pallet carichi di semilavorati o da materiali provenienti da altre linee di produzione. Tale condizione ha aumentato i tempi di ricerca e movimentazione, la fruibilità dello spazio e il rendimento delle attività di premontaggio.

Nel complesso, la situazione As-Is dimostrava che la configurazione era caratterizzata da frammentazione delle lavorazioni, scarsa chiarezza operativa e difficoltà nella gestione dei materiali e delle attrezzature. Di conseguenza, era chiaro che l'area dovesse essere riprogettata per concentrare maggiormente le lavorazioni e organizzare lo spazio in modo più efficace.

4.3 Criteri di progettazione adottati

La riprogettazione delle postazioni di premontaggio si è basata sulle criticità dello stato di fatto e sulle analisi quantitative presentate nel Capitolo 3. L'obiettivo principale del

progetto era quello di massimizzare il numero di codici di premontaggio gestibili all'interno di una singola area, dando priorità ai codici rilevanti in termini di ore sulla base dell'analisi di Pareto e rispettando i vincoli di spazio, ergonomia e sicurezza.

In considerazione dell'elevato numero complessivo di codici di premontaggio e della loro bassa frequenza di produzione, è stata utilizzata una logica di selezione basata sull'impatto in termini di ore effettive di lavoro. In particolare sono stati scelti i codici che, secondo l'analisi di Pareto, rappresentavano la maggior parte delle ore di produzione complessive. Questo è stato fatto in modo da evitare soluzioni sovradimensionate o non coerenti con la reale domanda produttiva.

Dopo aver individuato i codici di riferimento, è stata effettuata un'analisi approfondita delle attrezzature necessarie alle lavorazioni correlate, che erano state precedentemente codificate ed etichettate. L'obiettivo dell'analisi era verificare la compatibilità tra le varie lavorazioni valutando la possibilità di utilizzare le stesse attrezzature per più codici di premontaggio. Utilizzando questo metodo, è stato possibile identificare i gruppi di lavori che condividono requisiti tecnici simili, il che ha reso possibile l'accorpamento di più codici all'interno della stessa posizione.

L'analisi delle attrezzature richieste e dei codici scelti ha permesso di calcolare il numero di banchi di lavoro necessario per garantire la copertura delle lavorazioni di premontaggio previste. La scelta del numero di banchi non si è basata esclusivamente sullo spazio, ma sul desiderio di massimizzare il numero di codici gestibili all'interno dell'area disponibile, garantendo al contempo una buona accessibilità alle attrezzature e la continuità operativa. Quindi, il numero di banchi previsto è un compromesso tra l'esigenza di concentrare le operazioni e la necessità di evitare aree congestionate che potrebbero compromettere l'ergonomia e la sicurezza degli operatori.

I codici selezionati sono stati raggruppati in famiglie di lavorazione per facilitare la gestione operativa delle postazioni e promuovere la standardizzazione dei processi di premontaggio. Il criterio di raggruppamento è stato stabilito sulla base della somiglianza di operazioni, attrezzature e modalità di assemblaggio richieste. Questa tecnica ha permesso di collegare una particolare famiglia di codici a ciascun banco di lavoro, il che ha reso il perimetro operativo di ogni postazione più evidente e ha ridotto la variabilità delle attività svolte.

I vincoli ergonomici, di sicurezza e di movimentazione dei materiali sono stati presi in considerazione durante la definizione delle postazioni operative. In particolare, la progettazione ha considerato le esigenze di:

- Assicurarsi che ci siano spazi adeguati per la movimentazione dei pallet;
- Prevedere aree per rifornire i banchi con articoli ingombranti;
- Assicurare che le attrezzature siano disposte in modo da ridurre al minimo gli spostamenti inutili e le interferenze tra gli operatori.

La configurazione finale delle postazioni è stata influenzata in modo significativo da questi limiti, che hanno spinto le scelte verso soluzioni che privilegiassero la funzionalità e la semplicità operativa.

4.4 Proposta di accorpamento delle postazioni

A seguito delle analisi preliminari illustrate nei paragrafi precedenti, la fase successiva del progetto ha riguardato la definizione delle famiglie di lavorazione e la loro assegnazione ai banchi di lavoro all'interno della nuova postazione accorpata di premontaggio. L'obiettivo principale di questa fase è stato quello di trovare una configurazione in grado di gestire il maggior numero possibile di codici, in particolare quelli trovati dall'analisi di Pareto, mantenendo al contempo la fattibilità tecnica, la sicurezza e l'ergonomica.

Il raggruppamento dei codici in famiglie non è stato fatto solo in base alla tipologia del prodotto; sono state prese in considerazione anche le attrezzature necessarie per le lavorazioni e le modalità operative richieste. In particolare, per ciascun codice selezionato sono state analizzate le operazioni di premontaggio, gli utensili e le macchine utilizzate, al fine di individuare similitudini e compatibilità tra le diverse lavorazioni.

Con questo metodo è stato possibile identificare famiglie di lavoro omogenee, che si distinguono per:

- Analogia delle operazioni eseguite;
- Utilizzo di attrezzature simili o compatibili;

- Modalità operative confrontabili dal punto di vista ergonomico e di sicurezza.

L'adozione di famiglie di lavorazione semplifica l'organizzazione operativa, favorisce la standardizzazione dei processi e riduce la variabilità delle attività svolte su ciascun banco. Ciò è particolarmente importante in un ambiente produttivo caratterizzato da un'elevata numerosità di codici e da una bassa frequenza di produzione.

Sulla base dei criteri sopra descritti, le famiglie di lavorazione sono state distribuite su sette banchi di lavoro, oltre a una sbobinatrice dedicata. La configurazione risultante è la seguente:

- Banco 1: premontaggi relativi a bandelle, filtri aria e copri catena;
- Banco 2: premontaggi relativi agli sfiati;
- Banco 3: premontaggi relativi alle pompe olio;
- Banco 4: premontaggi relativi ai serbatoi;
- Banco 5: premontaggi relativi ai serbatoi (secondo banco dedicato)
- Banco 6: premontaggi relativi ai convogliatori;
- Banco 7: attività di confezionamento, buste e sigillatura;
- Postazione dedicata: sbobinatrice.

Le famiglie complessive risultano essere circa una decina, distribuite sui sette banchi in funzione delle compatibilità operative e delle attrezzature richieste.

Banco	Famiglia di prodotti	Tipologia di lavorazione	Attrezzature principali
1	Bandelle/filtro aria/copricatena	Premontaggi meccanici	Attrezzaggi manuali
2	Sfiati	Assemblaggi leggeri	Utensili manuali
3	Pompe olio	Premontaggi funzionali	Presse dedicate
4	Serbatoi	Premontaggi con pressa	Pressa di tipo A
5	Serbatoi	Premontaggi con pressa	Pressa di tipo B
6	Convogliatori	Assemblaggi strutturali	Attrezzaggi dedicati
7	Buste	Sigillatura	Sigillatrice
-	Codici dedicati	Sbobinatura	Sbobinatrice

Tabella 9: Assegnazione delle famiglie di lavorazione ai banchi e principali attrezzature

Un caso significativo è rappresentato dalle lavorazioni relative ai serbatoi, per le quali è stata prevista la presenza di due banchi di lavoro distinti. Questa scelta non è legata a un incremento della capacità produttiva, bensì alla necessità di gestire differenti premontaggi che richiedono presse diverse, non installabili contemporaneamente sullo stesso banco a causa di vincoli di ingombro e di peso. La suddivisione delle lavorazioni su due banchi consente di:

- Mantenere separati set di attrezzature incompatibili;
- Garantire condizioni di lavoro ergonomiche e sicure;
- Assicurare la copertura di tutte le famiglie di codici relative ai serbatoi individuate nell'analisi di Pareto;
- Evitare perdite di tempo o problemi di qualità legati a errori dovuti a scambio di componenti.

La bobinatrice è utilizzata esclusivamente per determinati codici che non necessitano di altre lavorazioni a banco. Per questo motivo, la bobinatrice è stata progettata come una postazione funzionalmente autonoma, ma integrata all'interno dell'area di premontaggio, in modo da garantire un flusso operativo semplice e immediato per i codici che ne richiedono l'utilizzo.

È importante sottolineare che la configurazione proposta non rappresenta una linea di montaggio in senso tradizionale. Ogni codice di premontaggio viene infatti lavorato integralmente su un unico banco, associato alla famiglia di riferimento, senza passaggi intermedi tra postazioni differenti. Come si può osservare nell'immagine sottostante, ad esempio, il banco 4 relativo alla famiglia dei serbatoi presenta due attrezzature distinte: una dedicata all'operazione di inserimento dei tubi e un'altra finalizzata all'applicazione degli inserti, sui quali vengono successivamente avvitate le viti. È tuttavia importante evidenziare che tali lavorazioni sono associate a codici distinti e vengono eseguite in modo indipendente: per ciascun codice il ciclo si esaurisce interamente all'interno della singola postazione. Per questo motivo, la configurazione non è assimilabile a una linea di premontaggio tradizionale, in cui le lavorazioni si susseguono secondo una sequenza definita lungo la linea, ma piuttosto a un insieme di attività isolate che non seguono un flusso continuo legato alla geometria del layout.



Figura 18 Foto banco 4 serbatoi con relative attrezzature e piano laterale per l'appoggio di materiale di linea

4.5 Nuovo layout delle postazioni di premontaggio

La progettazione del layout della postazione accorpata di premontaggio è stata sviluppata a partire dai vincoli dimensionali dell'area disponibile e dei criteri di progettazione definiti nei paragrafi precedenti. L'area individuata ha forma rettangolare ed è caratterizzata da uno sviluppo prevalente sul lato lungo, configurazione che ha guidato la disposizione delle postazioni di lavoro.

La figura sottostante mostra la disposizione planimetrica della postazione accorpata, all'interno della quale sono stati integrati i sette banchi di lavoro e la bobinatrice, insieme agli spazi ausiliari necessari al corretto svolgimento delle attività operative. Viene evidenziata la collocazione perimetrale dei banchi e lo spazio centrale destinato alla movimentazione dei materiali.

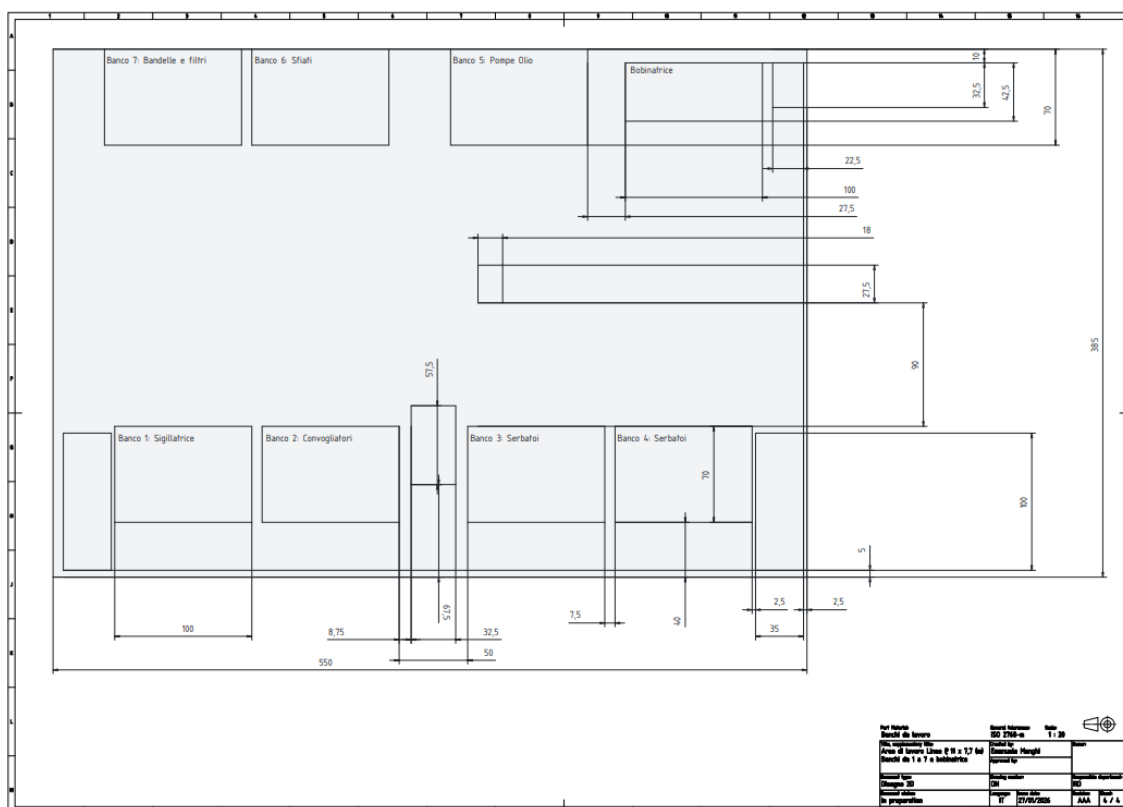


Figura 19: Layout della postazione accorpata di premontaggio con disposizione dei banchi e area centrale per la movimentazione dei pallet

La vista tridimensionale riportata nella figura sottostante consente di apprezzare l'organizzazione spaziale complessiva della postazione, la separazione tra aree operative e di movimentazione e la leggibilità delle diverse postazioni di lavoro.

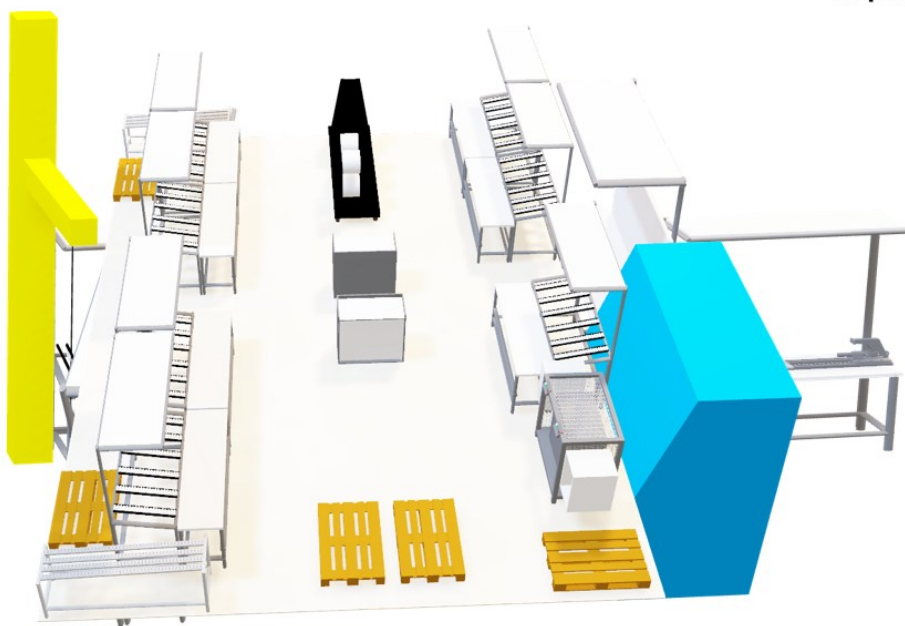


Figura 20: Vista tridimensionale della postazione accorpata di premontaggio

I banchi di lavoro e la bobinatrice sono stati collocati lungo i lati lunghi della postazione, al fine di:

- Massimizzare l'utilizzo della superficie disponibile;
- Garantire una chiara separazione tra aree operative e aree di movimentazione;
- Mantenere una buona accessibilità alle attrezzature.

La disposizione perimetrale consente inoltre di evitare interferenze tra le diverse lavorazioni e di rendere immediatamente riconoscibile la funzione di ciascun banco, favorendo l'orientamento dell'operatore anche in caso di lavorazioni svolte saltuariamente.

Al centro della postazione è stato previsto uno spazio libero continuo, destinato:

- Al posizionamento temporaneo dei pallet contenenti componenti in ingresso e premontati in uscita;
- Alla movimentazione dei materiali;
- All'alloggiamento di un armadietto per gli operatori e di altro materiale di linea necessario allo svolgimento delle attività.

Questa soluzione consente di mantenere sgombre le aree di lavoro e di concentrare le operazioni di movimentazione in una zona dedicata, riducendo il rischio di accumuli

disordinati di materiale all'interno delle postazioni operative. Tra i banchi da lavoro invece sono stati previsti spazi dedicati agli scivoli di linea, utilizzati per il rifornimento e lo scarico di componenti ingombranti, in particolare i serbatoi. La presenza di tali spazi consente di:

- Facilitare la movimentazione di componenti voluminosi;
- Ridurre lo sforzo richiesto all'operatore;
- Evitare l'occupazione impropria delle superfici di lavoro.

Inoltre, lateralmente alla postazione è stato mantenuto uno spazio libero aggiuntivo, destinato allo stoccaggio temporaneo di materiali e componenti che, per dimensioni o modalità di fornitura, non possono essere collocati direttamente presso i banchi.

La configurazione proposta consente di concentrare in un'unica area tutte le principali lavorazioni di premontaggio, superando le criticità riscontrate nella configurazione precedente, caratterizzata da postazioni distribuite e poco riconoscibili. Il layout progettato:

- Migliora l'ordine e la leggibilità dell'area di lavoro;
- Riduce la dispersione di materiali e attrezzature;
- Facilita l'operatività degli addetti anche su standardizzazione dei processi e delle modalità operative.

4.6 Valutazione della soluzione proposta

La soluzione progettuale sviluppata nei paragrafi precedenti è stata infine valutata in termini di copertura dei codici di premontaggio, capacità di accorpamento delle lavorazioni e semplificazione dell'organizzazione operativa rispetto alla configurazione precedente. L'obiettivo principale di questa valutazione è verificare in che misura la nuova postazione accorpata consenta di gestire un numero significativo di codici, in particolare quelli individuati come più rilevanti dall'analisi di Pareto, riducendo al contempo le criticità operative precedentemente riscontrate.

A seguito della definizione delle famiglie di lavorazione e dell'assegnazione ai banchi di lavoro, è stato possibile determinare il numero complessivo di codici gestibili

all'interno della nuova postazione accorpata, nonché la loro distribuzione sui singoli banchi. La tabella sottostante riporta una sintesi del numero di codici associati a ciascun banco di lavoro, evidenziando come la configurazione proposta consenta di concentrare in un'unica area un insieme significativo di lavorazioni precedentemente distribuite su più postazioni.

Banco/Postazione	Famiglia di lavorazione	Numero di codici gestiti
Banco 1	Bandelle, filtri aria, corpi catena	16
Banco 2	Sfiati	22
Banco 3	Pompe olio	8
Banco 4	Serbatoi	16
Banco 5	Serbatoi	2
Banco 6	Convogliatori	22
Banco 7	Buste e sigillatrice	22
Postazione dedicata	Codici con bobinatura	2
-	No attrezzatura	44
Totale	-	154

Tabella 10: Distribuzione dei codici di premontaggio sui banchi della nuova postazione

Rispetto alla configurazione precedente, caratterizzata dalla presenza di più postazioni separate e dedicate a insiemi limitati di codici, la soluzione proposta consente di:

- Semplificare l'organizzazione delle attività di premontaggio, migliorando la rintracciabilità delle lavorazioni, grazie all'associazione chiara tra codici, famiglie e banchi;
- Ridurre i tempi improduttivi legati alla ricerca di materiali, attrezzature e informazioni operative, diminuendo il rischio di disorientamento operativo, soprattutto per codici prodotti con bassa frequenza;
- Aumentare la flessibilità operativa, permettendo di gestire su una singola postazione un numero elevato di codici;
- Creare le condizioni per una futura standardizzazione dei processi e per l'introduzione di strumenti di supporto agli operatori (istruzioni visuali, immagini o video).

In particolare, l'inclusione dei codici individuati tramite analisi di Pareto garantisce che la nuova configurazione copra le lavorazioni a maggiore impatto in termini di ore effettive di produzione.

La soluzione proposta rappresenta pertanto un passo concreto verso una gestione più strutturata ed efficiente delle attività di premontaggio, coerente con gli obiettivi di miglioramento delle prestazioni produttive e di riduzione delle inefficienze emerse nelle fasi di analisi.

Indicatore	Valore
Codici totali analizzati	264
Codici ancora in produzione	198
Codici inclusi nella nuova postazione	154
Codici Pareto coperti	30 (=100%)
Percentuale ore totali coperte	90,00%
Numero banchi installati	7
Presenza bobinatrice	Sì

Tabella 11: Copertura dei codici di premontaggio nella nuova postazione

L'accorpamento fisico delle postazioni di premontaggio ha reso evidente la necessità di un analogo intervento di razionalizzazione anche a livello di gestione dei dati nei sistemi informativi aziendali. In particolare, il precedente assetto, caratterizzato da una distribuzione frammentata dei codici su più postazioni, rendeva complesso il monitoraggio delle prestazioni e la lettura strutturata dei dati di produzione.

A seguito della nuova configurazione, è stato avviato un processo di raggruppamento dei codici di premontaggio a sistema, con la suddivisione degli stessi in tre grandi famiglie logiche, coerenti con l'organizzazione fisica delle postazioni e con le tipologie di lavorazione individuate in modo da arrivare a coprire il 95% del numero totale dei codici che vengono fatti all'interno dell'azienda. Questo allineamento tra configurazione fisica e struttura informativa consente di migliorare la tracciabilità dei codici, facilitare l'analisi delle prestazioni e porre le basi per un controllo più efficace dei rendimenti e delle ore di produzione nel tempo.

In continuità con l'analisi delle attrezzature e dei vincoli operativi presentata nel paragrafo 3.6, il progetto ha previsto l'avvio di ulteriori attività orientate alla standardizzazione dei processi di premontaggio e alla riduzione della dipendenza dal know-how individuale. Oltre alla codifica e all'etichettatura delle attrezzature, sono state avviate le misurazioni dei tempi ciclo per i codici di premontaggio inclusi nella nuova postazione, con l'obiettivo di migliorare l'accuratezza dei dati registrati a sistema e supportare una valutazione più affidabile del rendimento.

Parallelamente, sono in fase di sviluppo strumenti di supporto operativo quali immagini e contenuti video, finalizzati a descrivere in modo chiaro e standardizzato le principali fasi di lavorazione. Tali strumenti risultano particolarmente rilevanti per i codici prodotti con bassa frequenza, per i quali il rischio di perdita di know-how è più elevato. Queste attività rappresentano un'estensione naturale del progetto di riprogettazione delle postazioni e contribuiscono a rendere la soluzione proposta non solo efficace dal punto di vista fisico, ma anche sostenibile nel tempo dal punto di vista organizzativo e operativo.

Un ulteriore obiettivo fondamentale del progetto è rappresentato dal miglioramento e dalla garanzia di standard qualitativi elevati nel processo di premontaggio. Le criticità emerse nello stato attuale, quali l'elevata variabilità delle lavorazioni e la forte dipendenza dall'esperienza degli operatori, espongono infatti il processo al rischio di disomogeneità nella qualità del prodotto finito.

L'introduzione di logiche di standardizzazione, supportate da istruzioni operative visive e dalla codifica delle attrezzature, consente di rendere le modalità di esecuzione delle attività più uniformi e ripetibili. In questo modo, la qualità non viene più affidata esclusivamente alle competenze individuali, ma diventa un elemento intrinseco del processo, garantito dalla struttura stessa delle postazioni e dalle procedure associate.

Inoltre, la concentrazione delle lavorazioni all'interno di un numero limitato di postazioni permette un maggiore controllo delle attività e facilita l'individuazione e la risoluzione delle anomalie, contribuendo a ridurre il rischio di errori e rilavorazioni. Questo approccio favorisce il passaggio da una logica reattiva, basata sul controllo a valle, a una logica preventiva, in cui la qualità viene costruita direttamente durante le fasi di premontaggio. Nel complesso, il progetto non si limita quindi a migliorare

l'efficienza operativa, ma pone le basi per un processo più robusto e affidabile, in cui elevati standard qualitativi sono sistematicamente garantiti e mantenuti nel tempo.

L'intero progetto di riprogettazione delle postazioni di premontaggio è stato sviluppato con l'obiettivo di creare le condizioni operative necessarie al raggiungimento di un rendimento pari al 100%, inteso come pieno utilizzo delle ore dirette di produzione. La razionalizzazione delle postazioni, l'accorpamento dei codici, la riduzione della dispersione di materiali e attrezzature e l'introduzione di logiche di standardizzazione contribuiscono a ridurre le principali cause di inefficienza emerse nel Capitolo 3, quali tempi improduttivi, difficoltà operative e incongruenze nei dati a sistema. Pur non essendo impossibile allo stato attuale quantificare in modo definitivo l'incremento di rendimento ottenibile, la soluzione proposta rappresenta un passaggio fondamentale per rendere il processo di premontaggio misurabile, controllabile e migliorabile nel tempo, ponendo le basi per un progressivo allineamento del rendimento reale al valore obiettivo.

La configurazione To-Be definita nel presente capitolo rappresenta la sintesi delle analisi svolte e delle esigenze operative emerse durante lo studio delle linee di premontaggio. L'accorpamento delle postazioni, la riallocazione dei codici prodotto e la riorganizzazione delle attrezzature sono stati progettati con l'obiettivo di incrementare il rendimento delle attività, ridurre gli sprechi e favorire una maggiore standardizzazione delle operazioni.

Al fine di verificare l'effettiva efficacia degli interventi realizzati, risulta necessario confrontare le prestazioni del nuovo assetto con quelle della situazione precedente. Nel paragrafo seguente viene quindi presentata una valutazione dei risultati ottenuti nei primi mesi successivi all'implementazione del progetto, attraverso l'analisi degli indicatori di rendimento e dei relativi impatti economici.

4.7 Valutazione dei risultati e confronto As-Is/To-Be

La valutazione dei risultati ottenuti a seguito dell'implementazione della nuova configurazione delle postazioni di premontaggio deve essere considerata ancora preliminare, poiché il progetto si trova tuttora in una fase di consolidamento. Sono infatti ancora in corso diverse attività di ottimizzazione finalizzate al perfezionamento delle nuove postazioni, alla standardizzazione delle modalità operative e alla riduzione degli sprechi residuali emersi nella fase successiva all'avvio della nuova organizzazione. Per tale motivo, i risultati attualmente disponibili non possono essere considerati definitivi, ma rappresentano comunque un primo indicatore dell'efficacia delle soluzioni introdotte.

Al fine di valutare l'impatto del progetto, sono stati analizzati i rendimenti medi registrati sui pool di produzione prima e dopo l'intervento di riprogettazione. Il confronto tra i dati raccolti nel periodo antecedente all'implementazione e quelli osservati nel 2026 permette di evidenziare i primi effetti del nuovo assetto organizzativo.

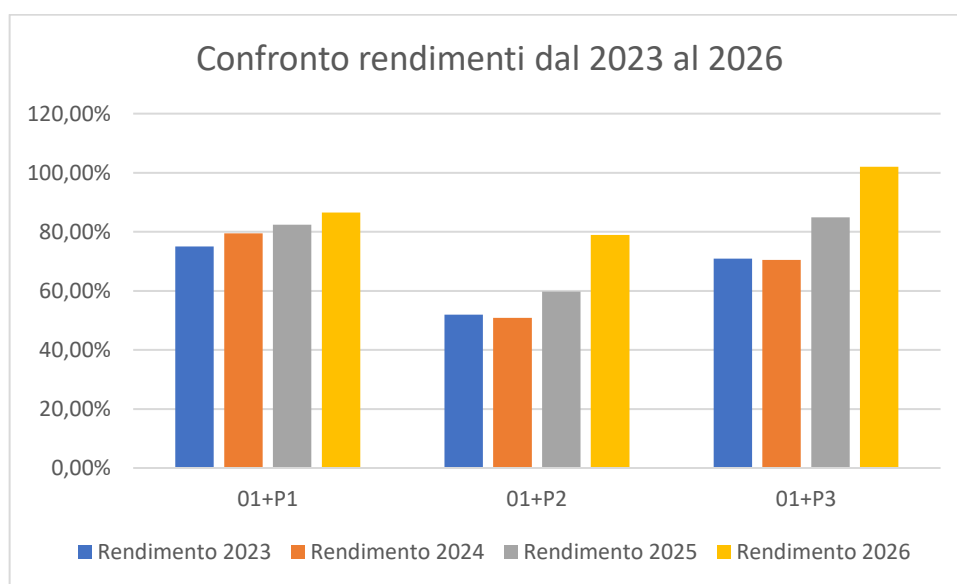


Figura 21 Confronto dei rendimenti medi dei pool di produzione nel periodo 2023-2026.

Come evidenziato dalla figura soprastante, tutti i pool produttivi analizzati mostrano un miglioramento progressivo del rendimento nel corso degli anni. In particolare, il pool

01-P1 passa da un rendimento medio di circa il 75% nel 2023 a valori superiori all'86% nel 2026. Ancora più significativo risulta il miglioramento del pool 01-P2, che cresce da circa il 52% nel 2023 fino a quasi il 79% nel 2026. Il pool 01-P3 evidenzia invece l'incremento più rilevante, passando da valori prossimi al 71% nel 2023 a oltre il 100% nel 2026.

L'andamento osservato conferma come le azioni di accorpamento e razionalizzazione delle attività abbiano contribuito a migliorare progressivamente l'efficienza delle postazioni di premontaggio. La concentrazione delle lavorazioni su un numero inferiore di postazioni ha infatti favorito una maggiore specializzazione degli operatori, una migliore disponibilità delle attrezzature e una più efficace organizzazione delle attività produttive.

Un ulteriore elemento di interesse riguarda la riorganizzazione dei pool di produzione. Come illustrato nei paragrafi precedenti, i pool 01-P4 e 01-P5 sono stati progressivamente eliminati nel corso del progetto e i relativi codici prodotto sono stati riallocati all'interno dei pool 01-P1, 01-P2 e 01-P3. Tale scelta ha consentito di ridurre la frammentazione delle attività e di concentrare competenze, attrezzature e volumi produttivi in un numero inferiore di postazioni.

L'efficacia della soluzione proposta emerge anche dall'analisi dei rendimenti mensili registrati nel 2026. Il rendimento medio complessivo è infatti passato dal 77,9% registrato nel mese di gennaio a valori prossimi al 100% nei mesi successivi, raggiungendo il 99,3% nel mese di aprile e il 94,6% nel mese di giugno. Tali risultati indicano una progressiva riduzione delle inefficienze operative e una maggiore corrispondenza tra tempi standard e tempi effettivamente impiegati nelle lavorazioni.

Linee dei premontaggi	Rendimenti					
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
01-P1	79,60%	83,20%	92,00%	96,60%	74,60%	92,19%
01-P2	21,30%	0,00%	43,80%	134,10%	90,60%	110,31%
01-P3	105,10%	104,10%	95,10%	104,50%	113,20%	93,88%
01-P4	64,60%	75,60%	63,30%	0,00%	0,00%	0,00%
01-P5	80,60%	71,70%	89,00%	94,20%	0,00%	0,00%
Totale	77,92%	85,39%	87,39%	99,29%	84,52%	94,59%

Tabella 12 Rendimenti delle postazioni dei premontaggi 2026 dopo il progetto

Nel complesso, il confronto tra la situazione As-Is e quella To-Be evidenzia come l'intervento di accorpamento e riprogettazione delle postazioni abbia già prodotto effetti positivi sulla performance del reparto. Pur non essendo ancora possibile formulare una valutazione definitiva, i risultati ottenuti finora confermano la correttezza delle scelte progettuali adottate e indicano che il percorso intrapreso sta contribuendo al raggiungimento degli obiettivi inizialmente definiti: miglioramento del rendimento, riduzione degli sprechi, maggiore standardizzazione delle attività e contenimento dei costi operativi. I dati che verranno raccolti nei mesi successivi consentiranno di verificare la stabilità dei benefici ottenuti e di quantificare con maggiore precisione l'impatto complessivo del progetto sul sistema produttivo aziendale.

I risultati ottenuti costituiscono una prima conferma della validità del nuovo assetto organizzativo. Tuttavia, ulteriori margini di miglioramento possono essere perseguiti attraverso l'adozione di strumenti digitali a supporto delle attività produttive e della gestione della conoscenza. Per questo motivo, nel paragrafo successivo vengono presentate alcune possibili applicazioni dell'intelligenza artificiale e della computer vision nel contesto analizzato.

4.8 Integrazione di tecnologie digitali (AI e computer vision)

Il progetto sviluppato nel presente lavoro si è concentrato principalmente sulla riorganizzazione fisica delle postazioni di premontaggio e sull'analisi dei dati storici di produzione al fine di identificare le principali criticità operative e di stabilire una configurazione più efficiente delle attività di lavoro. Tuttavia, l'integrazione di strumenti digitali avanzati potrebbe rappresentare un'ulteriore via di sviluppo del sistema progettato, contribuendo a migliorare ulteriormente il monitoraggio delle prestazioni produttive, la gestione dei dati di produzione e il supporto agli operatori durante le lavorazioni.

In particolare, l'implementazione di metodi che sfruttano l'intelligenza artificiale potrebbe consentire di automatizzare e rendere più dinamiche alcune delle analisi svolte

nel corso del presente progetto. Nel lavoro descritto in questa tesi, l'individuazione delle principali criticità è stata effettuata mediante l'analisi dei dati storici di produzione degli ultimi due anni, presi dai sistemi informativi dell'azienda e successivamente elaborati utilizzando strumenti di analisi dati. Su tali dati sono state svolte analisi che si sono andate a concentrare sui rendimenti delle lavorazioni, sulle ore effettive di produzione e sulla frequenza di esecuzione dei diversi premontati, applicando successivamente un'analisi di Pareto sulle ore di lavorazione al fine di individuare i codici a maggiore impatto operativo.

In un contesto in cui i dati di produzione aumentano sempre di più la loro disponibilità, algoritmi di analisi avanzata e tecniche di machine learning potrebbero essere impiegati sia per elaborare automaticamente queste informazioni sia per aggiornare in modo continuo gli indicatori di performance produttiva. Ad esempio, sistemi di analisi automatica dei dati, monitorando costantemente variabili quali il rendimento delle lavorazioni, le ore effettive impiegate per ciascun codice prodotto e la distribuzione delle attività tra le diverse postazioni di lavoro, possono generare automaticamente analisi di Pareto aggiornate nel tempo. Ciò consentirebbe di identificare rapidamente eventuali cambiamenti nei prodotti che hanno un maggiore impatto operativo e contribuirebbe a supportare le decisioni relative alla riconfigurazione di altre postazioni di lavoro.

Le applicazioni aggiuntive dell'intelligenza artificiale potrebbero includere la creazione di modelli predittivi in grado di stimare il rendimento atteso dalle lavorazioni utilizzando i dati storici a disposizione. Tali modelli potrebbero aiutare a trovare in anticipo eventuali variazioni rispetto ai tempi ciclo standard o anomalie nelle prestazioni produttive, consentendo di intervenire rapidamente per analizzare le cause delle inefficienze e aumentare l'affidabilità dei dati registrati nei sistemi aziendali.

L'utilizzo di tecnologie di computer vision e realtà aumentata per supportare le attività operative di assemblaggio e premontaggio è un altro ambito di sviluppo. Una delle principali criticità nel caso analizzato in questa tesi è stata la bassa frequenza di esecuzione di alcuni premontaggi. Ciò comporta il rischio di perdita del know-how operativo e di difficoltà per gli operatori nel ricordare correttamente le fasi di lavorazione o le attrezzature necessarie per realizzare diversi codici prodotto. Per risolvere questo problema, sono state intraprese azioni il cui obiettivo era la

standardizzazione dei processi. Queste includono la codifica delle attrezzature e la predisposizione dei materiali di supporto alle lavorazioni. Inoltre, sono state create immagini e video che mostrano le varie fasi del processo.

L'integrazione di sistemi di computer vision e dispositivi di realtà aumentata potrebbe consentire lo sviluppo di tali strumenti in futuro. In effetti, è possibile che sistemi basati su telecamere e algoritmi di riconoscimento delle immagini siano utilizzati per verificare automaticamente che le operazioni di assemblaggio siano eseguite correttamente o che i componenti siano posizionati correttamente durante le lavorazioni. Allo stesso tempo, l'utilizzo di dispositivi di realtà aumentata, come smart glasses o sistemi di guida visiva, potrebbe consentire agli operatori di visualizzare istruzioni operative digitali, immagini delle fasi di montaggio e indicazioni sui componenti da utilizzare direttamente nel loro campo visivo.

Uno schema concettuale che illustra come potrebbe essere integrato un sistema di premontaggio progettato con alcune tecnologie digitali tipiche dei paradigmi dell'Industria 4.0 è mostrato nella seguente figura. In questa configurazione, è possibile utilizzare sofisticati strumenti di analisi dati e algoritmi di intelligenza artificiale per analizzare i dati di produzione dei sistemi informativi aziendali. Ciò consente di monitorare le prestazioni produttive e il processo decisionale relativo all'organizzazione delle postazioni di lavoro. Anche la realtà aumentata e la computer vision possono aiutare direttamente gli operatori durante il premontaggio, migliorando la produttività e riducendo il rischio di errori operativi.

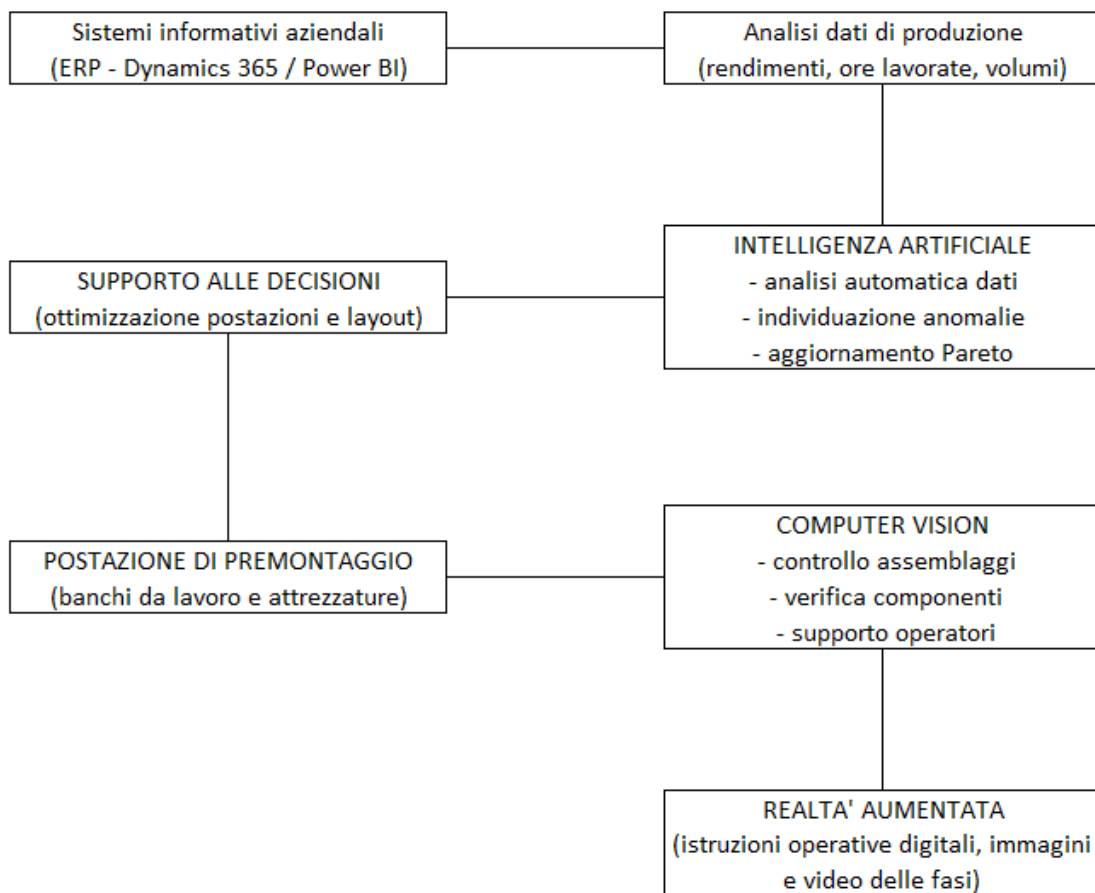


Figura 22: Schema di una possibile integrazione di tecnologie digitali nel processo di premontaggio

Lo schema evidenzia come i dati di produzione possano costituire la base informativa per sistemi avanzati di analisi, in grado di monitorare in modo continuo le prestazioni del processo produttivo e supportare le decisioni relative all'organizzazione delle postazioni di lavoro. Parallelamente, l'integrazione di strumenti digitali a supporto delle attività operative consentirebbe di preservare il know-how aziendale e migliorare ulteriormente la standardizzazione delle lavorazioni, aspetto particolarmente rilevante per le attività di premontaggio caratterizzate da una bassa frequenza di esecuzione.

È tuttavia importante sottolineare che l'adozione di tecnologie basate su intelligenza artificiale, computer vision e realtà aumentata richiede processi produttivi sufficientemente standardizzati, una chiara organizzazione delle postazioni e una ridotta variabilità operativa. In questo contesto, gli interventi sviluppati nel presente lavoro hanno contribuito a creare le condizioni necessarie per una futura integrazione di tali

strumenti digitali. L'accorpamento delle postazioni, la riduzione del numero di pool produttivi, la codifica delle attrezzature e la realizzazione di materiale fotografico e video a supporto delle lavorazioni hanno infatti consentito di definire un sistema maggiormente strutturato, ordinato e facilmente digitalizzabile.

Pertanto, il contributo del presente progetto non si limita al miglioramento dei rendimenti e alla riduzione delle inefficienze operative, ma consiste anche nell'aver posto le basi organizzative per future iniziative di digitalizzazione del processo di premontaggio. In tale ottica, l'adozione graduale di strumenti basati su intelligenza artificiale e computer vision potrebbe rappresentare una naturale evoluzione del lavoro svolto, consentendo di supportare gli operatori, preservare le conoscenze aziendali e favorire il miglioramento continuo delle prestazioni produttive.

Considerazioni Finali e sviluppi futuri

Il presente lavoro di tesi ha affrontato il tema della riprogettazione delle postazioni di premontaggio in un contesto produttivo caratterizzato da un'elevata varietà di codici e da una bassa frequenza di produzione. Attraverso l'analisi dei sistemi produttivi e delle linee di assemblaggio, seguita dallo studio del caso aziendale, è stato possibile individuare le principali criticità operative e prestazionali che hanno motivato lo sviluppo del progetto.

L'analisi dei dati storici di produzione, condotta mediante l'utilizzo di strumenti di business intelligence, ha evidenziato una significativa variabilità del rendimento e la presenza di inefficienze riconducibili a una frammentazione delle postazioni, alla difficoltà di gestione dei codici di premontaggio e alla mancanza di standardizzazione dei processi. L'applicazione dell'analisi di Pareto sui tempi effettivi di produzione ha permesso di individuare i codici a maggiore impatto, fornendo una base quantitativa solida per le successive scelte progettuali.

Il progetto sviluppato ha portato alla definizione di una postazione accorpata di premontaggio, progettata nel rispetto dei vincoli dimensionali, ergonomici e di sicurezza, e organizzata per famiglie di lavorazione e di attrezzature. La nuova configurazione consente di concentrare in un'unica area un numero significativo di codici, migliorando l'ordine, la leggibilità e l'efficienza operativa del processo.

Oltre alla riprogettazione fisica, il lavoro ha posto particolarmente attenzione agli aspetti organizzativi e informativi, avviando attività di standardizzazione, di gestione strutturata dei dati a sistema e di tutela del know-how operativo mediante la codifica delle attrezzature, la misurazione dei tempi ciclo e la predisposizione di materiali a supporto delle future attività di standardizzazione delle lavorazioni.

Nel complesso, il progetto rappresenta un primo passo concreto verso il miglioramento del rendimento delle attività di premontaggio, con l'obiettivo di avvicinare progressivamente il valore reale al rendimento target del 100%. I primi risultati osservati successivamente all'implementazione confermano la validità delle scelte organizzative adottate e mostrano un miglioramento delle prestazioni del reparto,

ottenuto attraverso la riduzione della frammentazione delle attività, la razionalizzazione dei pool produttivi e una maggiore standardizzazione delle operazioni.

Oltre ai benefici operativi ottenuti, il lavoro ha contribuito a creare le condizioni organizzative necessarie per futuri sviluppi del sistema. L'accorpamento delle postazioni, la codifica delle attrezzature e la strutturazione delle informazioni operative hanno infatti definito una base più ordinata e facilmente gestibile, sulla quale potranno essere sviluppate future iniziative di digitalizzazione. In tale contesto, strumenti basati su intelligenza artificiale, computer vision e realtà aumentata potrebbero supportare gli operatori, favorire la conservazione del know-how aziendale e contribuire ulteriormente al miglioramento continuo delle prestazioni produttive, valorizzando il percorso di standardizzazione e razionalizzazione avviato con il presente progetto.

Bibliografia E Sitografia

1. De Toni, A. F., Panizzolo, R. (2018), *Sistemi di gestione della produzione*. Isedi - De Agostini Scuola, Novara (Italia)
2. Vollman, T.E., Berry, W.L, and Whybark, D.C. (1997). *Manufacturing Planning & Control Systems*. 4th edition. McGraw-Hill, New York, USA.
3. Koudate, A., Suzue, T. (2013). *Variety Reduction Program*. Isedi, De Agostini Scuola, Novara, Italia.
4. Emak S.p.A., sito web
<https://www.emak.it/it-it/>
5. Tecomec, sito web
<https://www.tecomec.com>
6. Comet, sito web
<https://www.comet-spa.com/it/>
7. Oleo-Mac, sito web
<https://www.oleomac.it/it-it/>
8. Efco, sito web
<https://www.efco.it/it-it/>
9. Bertolini, sito web
<https://www.mybertolini.it/it-it/>
10. Nibbi, sito web
<https://www.mynibbi.it/it-it/>

