



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

PRODUZIONE DI FONDI PER CALZATURE IN EVA:
dall'efficienza produttiva al controllo dei costi di stampaggio.
Caso DA.MI. S.R.L.

PRODUCTION OF EVA SHOE SOLES:
from Overall Equipment Effectiveness to moulding cost realignment.
Case Study: DA.MI. S.R.L.

Relatore:

Prof. Alessio Vita

Tesi di Laurea di:

Elisabetta Erminda Del Papa

Correlatore:

Ing. Carmine Dazj

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO I	3
L'AZIENDA DA.MI. S.R.L. E IL CONTESTO PRODUTTIVO.....	3
1.1 PROFILO STORICO AZIENDALE.....	3
1.2 PROCESSO DI SVILUPPO DEL PRODOTTO	4
1.3 PIANIFICAZIONE DEGLI ORDINI	5
<i>1.3.1 PIANO PRINCIPALE DI PRODUZIONE</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2 PIANO DEI FABBISOGNI DEI MATERIALI.....</i>	<i>6</i>
1.4 PROCESSO PRODUTTIVO	6
CAPITOLO II.....	8
PROCESSO DI STAMPAGGIO DELL'EVA.....	8
2.1 MATERIA PRIMA	8
2.2 MACCHINARIO: MAIN GROUP E266 UP	10
2.3 ANALISI DEL CICLO MACCHINA.....	17
<i>2.3.1 CRITICITÀ</i>	<i>19</i>
CAPITOLO III	21
ANALISI DELL'EFFICIENZA PRODUTTIVA (OEE).....	21
3.1 DEFINIZIONE DELL'OEE	21
3.2 RILEVAZIONE DEI TEMPI DEL CICLO MACCHINA	22
<i>3.2.1 ANALISI DEL TEMPO DI CICLO MACCHINA IDEALE</i>	<i>28</i>
3.3 MONITORAGGIO DELLA SATURAZIONE DELLA MACCHINA.....	28
<i>3.3.1 ANALISI DELLE INEFFICIENZE PRODUTTIVE PER I NUMERI PERIFERICI</i>	<i>29</i>
3.4 RILEVAZIONE DELLA PERCENTUALE DI SCARTO	31
3.5 CALCOLO DELL'EFFICIENZA PRODUTTIVA	32
CAPITOLO IV	33
CONTROLLO DELLA QUALITÀ E GESTIONE DEGLI SCARTI	33
4.1 MONITORAGGIO TEMPI E METODI.....	33
4.2 RILEVAZIONE DELLA PERCENTUALE DI SCARTO	35

CAPITOLO V	38
OTTIMIZZAZIONE DEI COSTI DI STAMPAGGIO.....	38
5.1 DEFINIZIONE DEI COSTI DI STAMPAGGIO.....	38
5.2 AGGIORNAMENTO DELLE PERCENTUALI DI SCARTO PER OGNI ARTICOLO	40
CONCLUSIONI	43
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	45

INTRODUZIONE

Il presente elaborato, “PRODUZIONE DI FONDI PER CALZATURE IN EVA: dall’efficienza produttiva al controllo dei costi di stampaggio. Caso DA.MI. S.R.L.”, ha come obiettivo l’analisi dell’intero flusso manifatturiero delle suole in Etilene Vinil Acetato (EVA), per trovare ed evidenziare qual è l’anello di congiunzione tra l’efficienza produttiva e l’ottimizzazione dei costi industriali.

Lo studio è centrato alla realtà aziendale del suolificio Dami S.r.l.. È un’azienda storica, situata nel distretto calzaturiero del fermano-maceratese, specializzata nella produzione di fondi per calzature uomo, donna e bambino. È suddivisa in diversi reparti produttivi, ognuno dedicato all’utilizzo di un materiale, quali: i reparti tradizionali come TR e TPU, il reparto EVA, e le recenti innovazioni legate ai reparti 3D ed E-TPU.

Dami è una realtà molto sensibile ai temi dell’impatto ambientale, della sostenibilità, della qualità e dell’economia circolare dei prodotti e dei processi, essendo un’azienda che lavora materiali plastici.

Il testo è suddiviso in 5 capitoli, partendo da descrizioni generali per poi entrare nei particolari. L’intero elaborato è basato sui principi dell’analisi dei Tempi e Metodi.

Partendo dal Capitolo I, con la presentazione dell’evoluzione storica aziendale e il *modus operandi*, fornendo la base conoscitiva necessaria per la comprensione del contesto operativo.

Nel Capitolo II si entra nel vivo della tecnologia dell’EVA, definendo le caratteristiche di questo copolimero termo-espandente e della tipologia di macchinario utilizzata, e le sue criticità strutturali causate dalla costituzione lineare; arrivando all’analisi del ciclo di stampaggio, relativo al caso Dami.

Dopo aver compreso il metodo di funzionamento aziendale e del processo produttivo dei fondi in EVA, si entra nel cuore dell’analisi dei tempi.

Nel Capitolo III, si introduce l’*Overall Equipment Effectiveness* (OEE), trattandosi del pilastro dell’efficienza produttiva.

All’interno di questa sezione, si arriva al *clou* del monitoraggio sul campo, tramite la determinazione dei tempi *standard* del ciclo macchina e del tempo teorico di riferimento. Vengono attraversati anche gli aspetti più critici del processo produttivo relazionati al

macchinario, ovvero la sua saturazione, e gli scarti, causati principalmente dall'espansione del polimero. Arrivando all'anello di congiunzione tra il materiale e la macchina, ovvero i dati dei volumi produttivi, affrontando il calcolo dell'efficienza produttiva.

Il Capitolo IV, estende la stessa analisi dei tempi e metodi alle operazioni di post-produzione, come il controllo qualità, concentrandosi sulla standardizzazione delle operazioni e sui criteri decisionali.

Nell'ultimo capitolo si è affrontato il tema di congiunzione tra la produzione e il post-produzione, attraverso l'analisi economica dei costi di stampaggio, volti all'ottimizzazione, ottenuta per mezzo della definizione dei tempi *standard* e dell'aggiornamento delle percentuali di scarto. Dimostrando che la tematica delle non conformità risulta essere il filo di congiunzione tra l'efficienza tecnologica e il contenimento dei costi industriali.

CAPITOLO I

L'AZIENDA DA.MI. S.R.L. E IL CONTESTO PRODUTTIVO

Da.Mi. S.r.l., con sede a Sant'Elpidio a Mare (FM), è un'azienda specializzata nella progettazione e produzione di suole per calzature.

La *mission* aziendale, “Produrre fondi per calzature, ricercando sempre la tecnologia e i materiali all'avanguardia, senza mai perdere di vista l'estetica, la funzionalità e l'ecosostenibilità”, e la *vision*, “Far camminare meglio il pianeta”, rappresentano al tempo stesso un gesto e una sfida quotidiana.

Dal profilo dimensionale è una Piccola e Media Impresa (PMI) con 57 dipendenti e si avvale della collaborazione di terzisti esterni sia nella fase produttiva che per le attività post-produttive. Ha contabilizzato un fatturato di € 15.803.070 nel 2024 posizionandosi 39° posto su scala provinciale per fatturato.

Dami opera nel canale *business-to-business* (B2B), servendo una clientela eterogenea che spazia dai grandi marchi internazionali alle realtà artigianali. L'offerta si distingue per l'elevata personalizzazione e l'alto contenuto tecnologico dei prodotti. Secondo la classificazione della produzione di Wortmann è un'impresa che adotta una strategia *Make To Order* (MTO), ovvero una produzione basata sull'ordine del cliente.

1.1 PROFILO STORICO AZIENDALE

L'azienda storica Dami S.r.l. è stata fondata nel 1968 da Alberto Catalini ed Ennio Pieragostini a Sant'Elpidio a Mare (FM), specializzandosi nella realizzazione di fondi in cuoio per calzature da bambino. Fin da subito si è affermata come leader nel distretto Fermano-Maceratese.

Dal 2012 l'impresa ha registrato una crescita attraverso l'introduzione di nuove linee di prodotti, quali DEGAM dedicata alla produzione di suole in Poliuretano Termoplastico (TPU) e Gomma Termoplastica (TR), e la linea D-LAB specializzata nello stampaggio dell'Etilene Vinil Acetato (EVA). L'introduzione di tecnologie 3D per lo sviluppo di prototipi e campionari ha permesso di mantenere un'elevata competitività nel mercato di riferimento.

Con lo scopo di migliorare il servizio per i clienti extra-UE e potenziare la propria posizione a livello internazionale, a fine 2019 Dami ha avviato un impianto produttivo in Serbia.

Nel 2021 ha ottenuto le prime certificazioni, quali l'ISO 14001 sul sistema di gestione ambientale e l'ISO 45001 per il sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro.

Nel 2022 la società ha acquisito le certificazioni UNI PdR 125 sul sistema di gestione per la parità di genere e RG-IMS ISO 56002/22 per il sistema di gestione dell'innovazione sulla progettazione 3D e la produzione di suole; ha inoltre ottenuto la qualifica di Società Benefit, consolidando il proprio orientamento al beneficio comune operando in modo responsabile, sostenibile e trasparente.

Durante il 2023, oltre ad aver conseguito vantaggi competitivi attraverso la qualità con la certificazione ISO 9001, l'azienda ha affrontato un importante cambiamento a livello direzionale, in quanto la famiglia Pieragostini ha acquisito il 100% della proprietà.

Nel 2024 l'azienda ha presentato una nuova linea di suole "Com(foot)Zone" pensate per garantire una camminata più naturale. Inoltre, è stata riportata l'intera produzione su scala locale, chiudendo la sede in Serbia. Lo stampaggio delle suole in EVA è stato sottoposto a servizi di verifica e validazione per la riduzione di emissioni *Greenhouse Gas*, ottenendo l'ISO 14067:2018 CFP SYSTEMATIC APPROACH; impegnandosi anche nel 2025 con le certificazioni ISO 14064-1:2018, UNI EN ISO 14064-1:2019, ISO 26000:2020, GLOBAL RECYCLED STANDARD (GRS 4.0) e SUPPLIER TO ZERO (LEVEL 2).

Oggi Dami, nonostante la crisi del settore calzaturiero italiano e i fattori macroeconomici e geopolitici sfavorevoli, è un punto di riferimento nel settore per la qualità, l'affidabilità e la capacità progettuale, grazie al reparto di Ricerca & Sviluppo e al forte impegno sull'innovazione e sulla sostenibilità. L'impresa si sta dedicando all'avviamento del nuovo reparto per lo stampaggio del Poliuretano Termoplastico Espanso (E-TPU) e all'ampliamento del sistema produttivo 3D con l'aggiunta di nuovi macchinari.

1.2 PROCESSO DI SVILUPPO DEL PRODOTTO

In conformità con i requisiti della certificazione ISO 9001, che promuove un approccio sistematico alla gestione basato sui processi, Dami ha strutturato una mappa in cui lo Sviluppo prodotto è il punto di partenza dell'intero flusso di valore.

Tale sistema integrato trasforma le principali tendenze in prodotti finiti, con l'obiettivo di realizzare prototipi che rispondano tempestivamente alle richieste del cliente, assicurandone la producibilità in serie.

Il ciclo si articola partendo dalla pianificazione della progettazione, seguendo, attraverso la partecipazione a fiere di settore e la raccolta di idee, con la ricerca delle tendenze su

materiali, colori e lavorazioni. Queste proposte sono analizzate e valutate in incontri multidisciplinari tra i responsabili dello sviluppo prodotto, della gestione prodotto e dell'area commerciale, per selezionare il progetto ritenuto più valido in base ai criteri di innovazione e unicità. La fase si conclude con la redazione del Calendario di Collezione, che stabilisce le scadenze per la ricerca e la realizzazione dei prototipi.

Il flusso prosegue con la realizzazione di nuovi prodotti, in cui i disegni tecnici vengono tradotti in *maquette* 3D per verificarne gli ingombri e i requisiti estetici. Una volta che il modello completo dispone di tutte le sue informazioni tecniche, i responsabili della gestione prodotto (TR, TPU ed EVA), seguendo la Scheda tecnica stampo, commissionano lo stampo pilota per effettuare i test di produzione, la validazione dei requisiti tecnici e la compatibilità dei materiali.

Approvati i prototipi, l'attività si sposta sulla definizione della collezione, in cui si fissano le varianti colore e i materiali, avviando la produzione dei campioni e il calcolo dei fabbisogni.

L'output della progettazione della collezione è la creazione della Distinta base (BOM) necessaria per la ripetibilità industriale. Quest'ultima descrive la struttura del prodotto finito e definisce le fasi produttive.

Con l'industrializzazione del prodotto si selezionano gli articoli per cui si procede con lo sviluppo della serie completa di taglie (numerate).

Le *maquette* vengono commissionate a modellerie esterne e allo stampista che realizza la serie di stampi ed effettua le prove tecniche per la definizione dei parametri di stampaggio. Il ciclo si conclude con la definizione dei costi.

1.3 PIANIFICAZIONE DEGLI ORDINI

All'interno della mappa dei processi aziendali, il settore dedicato alla pianificazione degli ordini mira a garantire il loro tempestivo inserimento in base alle richieste dei clienti assicurando il corretto approvvigionamento dei materiali, ottimizzando i tempi di risposta al mercato, e il rispetto delle specifiche di spedizione, minimizzando i colli di bottiglia lungo la *supply chain*.

1.3.1 PIANO PRINCIPALE DI PRODUZIONE

Il *Master Production Schedule* (MPS) funge da anello principale tra l'alta dirigenza e le strutture produttive.

Il flusso operativo inizia con il caricamento degli ordini, suddivisi tra articoli di produzione e articoli campione, determinando la settimana di consegna prevista confrontando la prima settimana disponibile per la produzione dell'articolo, la disponibilità dei materiali e la richiesta del cliente.

Il *Back office*, per stabilire una sequenza di produzione che massimizzi il livello di servizio al cliente, classifica il consumatore secondo un *rating* operativo in base alle regole di priorità che li suddividono in: AAA/AA, A, B-C.

1.3.2 PIANO DEI FABBISOGNI DEI MATERIALI

A valle della programmazione principale, si attiva il *Material Requirements Planning* (MRP) che consente sia di adattare la produzione alla domanda che di generare scorte. Questo processo utilizza come input il piano MPS, le *Bill Of Materials* (BOM) e i livelli correnti di magazzino.

Il sistema gestionale monitora sia il magazzino interno che i magazzini logici presso i terzisti, emettendo ordini di approvvigionamento verso fornitori omologati e valutati secondo parametri di qualità e puntualità.

Le diverse tipologie di materiali sono classificate in: materie prime, componenti per suole (quali guardoli, inserti e fascette), semilavorati, prodotti finiti e materiali per l'imballo.

Per ottimizzare la gestione delle giacenze, l'azienda applica l'analisi ABC, classificando i fabbisogni in base al valore e al volume, ciò permette di focalizzare l'attenzione sulle risorse e sui componenti più critici per la continuità del flusso produttivo.

L'accuratezza dei dati è garantita da procedure sistematiche di ricevimento merce e inventari trimestrali dei materiali, fondamentali per verificare l'esattezza delle registrazioni.

1.4 PROCESSO PRODUTTIVO

In conformità alla certificazione ISO 9001 il processo produttivo prosegue con l'obiettivo strategico di gestire la programmazione e il controllo delle attività manifatturiere assicurando l'efficienza e l'efficacia del sistema. Quest'ultimo trasforma i materiali di partenza, ovvero i polimeri in prodotti con valore di mercato, cioè le suole per calzature, attraverso l'impiego coordinato di macchine, manodopera, energia e informazioni.

Dami opera con una produzione manifatturiera per parti, caratterizzata da cicli di fabbricazione che modificano forma e proprietà di componenti discreti.

Nello specifico, l'azienda lavora 3 tipologie principali di polimeri, TR, TPU ed EVA, i cui cicli di lavorazione differiscono per complessità tecnica.

Per le suole in TR e TPU, il flusso è lineare e comprende il prelievo e la preparazione dei granuli, lo stampaggio termoplastico e le lavorazioni di finitura.

La produzione in EVA richiede un ciclo più articolato che, oltre allo stampaggio, integra l'impiego di attrezzature specifiche, come le formelle in legno per il posizionamento della suola in fase di raffreddamento e le dime per la verifica dimensionale.

Le suole stampate possono inoltre subire ulteriori lavorazioni, come la rifilatura.

Il flusso operativo è avviato dalla programmazione e dal lancio della produzione. In questa fase si verifica il carico di lavoro attraverso la definizione, da parte del responsabile di reparto, del programma di produzione che ha cadenza settimanale. A questo punto vengono generati gli Ordini Di Lavorazione (ODL) divisi per reparto, nei quali vengono specificati i materiali da impiegare e le quantità per la rispettiva taglia.

Il controllo delle attività produttive viene registrato in tempo reale nel sistema informatico, permettendo il monitoraggio capillare della posizione di ogni lotto lungo la filiera e la verifica delle prestazioni, confrontando gli output effettivi con quelli pianificati.

Il ciclo si conclude con il controllo qualità, volto a validare l'aspetto estetico e le funzionalità delle suole prima della spedizione. Gli esiti dei controlli, inclusi dati su scarti e difettosità, vengono registrati sul sistema informatico; tali informazioni sono essenziali per implementare azioni correttive mirate al miglioramento continuo del sistema produttivo.

CAPITOLO II

PROCESSO DI STAMPAGGIO DELL'EVA

2.1 MATERIA PRIMA

Il poli-etilenvinilacetato (EVA) appartiene alla famiglia delle poliolefine ed è derivato dalla copolimerizzazione¹ dell'acetato di vinile (VA) e dell'etilene.

Le proprietà tecniche dell'EVA variano in funzione del contenuto di VA, il quale influisce direttamente sul grado di cristallinità del materiale; poiché l'acetato di vinile è una componente completamente amorfa, un suo incremento determina una riduzione della cristallinità, modificando la flessibilità e l'elasticità del polimero.

I polimeri utilizzati in produzione non sono puri, ma sotto forma di *compound* espandibili e reticolabili. L'interazione con additivi, cariche minerali e agenti espandenti, attraverso il processo di *compounding*, conferisce al prodotto finale caratteristiche superiori in termini di leggerezza e resistenza; tuttavia la concomitanza tra l'effetto espandente del gas e il successivo ritiro termico provoca un'elevata difficoltà nel controllare la densità e la dimensione finale della suola.

Una delle proprietà più rilevanti dell'EVA è la leggerezza; grazie al fenomeno del *foaming* (espansione), si raggiungono densità prossime a 0,2 g/cm³, rendendo i fondi prodotti fino a cinque o sei volte più leggeri rispetto a materiali tradizionali come il TR e il TPU.

A questa caratteristica si aggiunge la capacità antibatterica, ottenuta sia dalle proprietà intrinseche del polimero sia dalla presenza di additivi formulati nel *compound*.

D'altro canto, la presenza di additivi e cariche minerali altera l'originale trasparenza del materiale, il quale assume una colorazione tendente al giallastro; tale peculiarità cromatica rappresenta un vincolo tecnologico che rende difficoltoso lo sviluppo dei prodotti finiti. Di fatto, l'EVA è un materiale utilizzato prevalentemente per lo stampaggio monocolore; in quanto risulterebbe complesso ottenere un prodotto bicolore conforme, sia a causa della miscelazione incontrollata tra i materiali durante l'iniezione, sia per i differenti parametri di processo richieste dalle diverse pigmentazioni e l'espansione istantanea.

¹ Copolimerizzazione: è una reazione chimica in due o più monomeri formano le molecole a elevata massa molecolare.

In ambito industriale, l'EVA è classificata in base all'impiego in materiali tecnici, quali borse e stivali, materiali da suola e materiali da intersuola.

L'EVA per suole è utilizzata per lo stampaggio di fondi con un elevato spessore; in questo caso deve avere una velocità di reticolazione più alta possibile per non compromettere l'efficienza del processo di stampaggio. Trattandosi di prodotti che vengono a contatto con il suolo, il polimero deve garantire una buona resistenza all'abrasione. Solitamente tali formulazioni hanno tassi di espansione compresi tra il 110% e il 140%.

Poiché le suole prodotte con questo materiale sono spesso indirizzate ad articoli di alta moda è richiesta una qualità eccellente dal punto di vista estetico e funzionale.

Al contrario, l'EVA per intersuole e ciabatte è utilizzata per lo stampaggio a basso volume; non stando a contatto con il terreno non richiedono una buona resistenza all'abrasione. Il rapporto di espansione è più alto e si aggira tra il 150% e il 160%. A causa dell'elevata espansione, la produzione richiede accorgimenti operativi particolari. I prodotti realizzati con questa variante sono solitamente destinati a segmenti di mercato più economici.

In fase di approvvigionamento, il *compound* si presenta sotto forma di granuli [Figura 1]. La materia prima viene ordinata in chilogrammi e consegnata su pallet contenenti appositi sacchi di stoccaggio [Figura 2]. Una volta ricevuti, i pallet vengono posizionati all'interno del magazzino materie prime in attesa della successiva movimentazione verso le linee di stampaggio.



Figura 1: Granuli di EVA, azienda Dami



Figura 2: Area di stoccaggio e magazzino EVA, azienda Dami

Nel periodo post-pandemia da Covid-19 si sono sviluppate nuove soluzioni ecocompatibili, come l'EVA Bio-based proveniente da fonti rinnovabili e l'EVA riciclata attraverso la macinazione meccanica di suole che hanno concluso il proprio ciclo di vita, questo approccio consente di sostituire il 5/10% del materiale vergine con materie prime seconde, riducendo l'impatto ambientale. Parallelamente, si è affermato l'impiego di *compound* caricati con biomasse derivate da alghe.

Gli stringenti requisiti qualitativi imposti dal settore dell'alta moda vincolano i produttori di *compound* ad adottare gradi di precisione superiore rispetto agli *standard* ordinari delle materie plastiche. Di conseguenza, si rende necessario un controllo qualità sistematico, oneroso e dispendioso in termini di tempo e risorse umane, poiché le non conformità generano scarti di lavorazione ad alto impatto economico.

2.2 MACCHINARIO: Main Group E266 UP

La trasformazione dell'EVA in fondi per calzature è basata sull'impiego della macchina Main Group E266 UP [Figura 3, Figura 4], che è un impianto automatizzato per l'iniezione di copolimeri reticolati espansi (*foaming*).



Figura 3: Macchinario Main Group E266 UP nell'azienda Dami



Figura 4: Macchinario Main Group E266 UP nell'azienda Dami

L'architettura del macchinario si articola in sei stazioni aventi identiche funzioni e prestazioni. In ciascuna stazione è possibile montare uno o due stampi a una o più impronte; solitamente vengono utilizzati due stampi per la produzione del paio.

La macchina è completamente programmabile e può lavorare anche utilizzando un numero inferiore di teste.

Le stazioni di stampaggio rappresentano le postazioni di lavoro per la realizzazione degli oggetti finiti. Esse sono composte da una pressa a ginocchiera idraulica, che svolge le funzioni di apertura, chiusura e mantenimento in pressione degli stampi, e da portastampi fissi e mobili riscaldati da resistenze elettriche; queste ultime portando gli stampi alla temperatura di lavoro impostata.

La zona di stampaggio è protetta da uno schermo trasparente.

Il gruppo di iniezione, situato alle spalle delle stazioni di stampaggio, si compone di due iniettori a vite punzonante con motore idraulico ed è montato su una slitta di traslazione, per consentire l'iniezione a tutte le stazioni.

La presenza della vite consente di ottenere una fusione omogenea della sostanza da iniettare.

Il sistema di stampaggio monocolore EVA è suddiviso in quattro fasi:

1. carico: il materiale viene riscaldato e spinto nella camera di carico della vite di estrusione;
2. compressione: mantenendo la valvola dell'ugello chiusa, al cilindro viene applicata la pressione di lavoro; una volta che il materiale è compresso, si effettua la misurazione del volume effettivo di prodotto da iniettare;
3. iniezione: quando lo stampo è chiuso con la ginocchiera in pressione di lavoro, il cilindro accosta l'ugello al foro di iniezione dello stampo. Mentre, la contropinta esercitata dal cilindro di contrasto sulla piastra garantisce la tenuta ermetica tra ugello e stampo. Successivamente, una pompa per il vuoto estrae l'aria dallo stampo e si procede all'iniezione del polimero;
4. cottura del materiale: prima della cottura il materiale ha mediamente una densità pari a 1 g/cm^3 ; dopo l'iniezione la temperatura dello stampo determina la reticolazione del polimero e lo sviluppo dei gas espandenti. Al termine del tempo di cottura lo stampo si apre, e i gas, imprigionati nella struttura cellulare del materiale, fanno espandere il prodotto nella forma e alla densità finale.

Gli stampi fissati sul portastampo sono personalizzati per ogni articolo e per ogni numerata [Figura 5]; i materiali impegnati per la loro costruzione sono l'acciaio o l'alluminio.

Gli stampi si ottengono partendo dalle schede tecniche e da disegni tridimensionali; queste vengono elaborate per mezzo di lavorazioni meccaniche con macchine a controllo numerico, al fine di garantire un livello di precisione elevato, oppure attraverso la lavorazione artigianale di fusione, ideale per la realizzazione di *texture* superficiali particolari.

Gli stampi per l'iniezione dell'EVA richiedono un livello di attenzione elevato in fase di realizzazione, poiché sono dimensionati in scala in base al grado di espansione del materiale. Infatti, un micro-difetto sullo stampo risulterebbe amplificato e molto visibile sulla suola espansa. La progettazione richiede un'ulteriore accuratezza tecnica, dato che non tutte le riduzioni in scala sono uguali. All'interno dello stesso fondo, possono coesistere spessori differenti che necessitano di fattori di scala diversificati in base alle loro funzioni.

È inoltre necessario realizzare piccoli spessori intorno alle impronte, per garantire la corretta chiusura degli stampi e concentrano l'aumento di pressione su una superficie ridotta rispetto a quella totale.

La preparazione di uno stampo nuovo, prelevato dal magazzino, consiste nel montaggio sui portastampi, la successiva chiusura dello stampo per riscaldarlo e la messa in funzione dell'intera stazione.



Figura 5: Stampi per lo stampaggio in EVA, azienda Dami

Il macchinario è dotato di un sistema informatico per la corretta distribuzione delle informazioni. Inoltre, il computer è direttamente collegato al *software* per la gestione della

produzione (“Polifemo Xe”, sistema *Manufacturing Execution System*) attraverso il modello di Industria 4.0, permettendo il caricamento degli articoli con i rispettivi parametri di stampaggio e il controllo dell’avanzamento della produzione in tempo reale.

Sotto il profilo della sicurezza, l’impianto è dotato di dispositivi atti a garantire il lavoro di produzione e a intervenire in caso di guasti. La pressa è infatti circondata da una protezione perimetrale fissa in rete metallica che impedisce l’accesso dell’operatore alle parti in movimento, in temperatura o sotto-tensione.

Durante il ciclo operativo, l’addetto estrae le suole dallo stampo dopo l’espansione istantanea e prepara lo stampo per il ciclo d’iniezione successivo, tale operazione prevede la pulizia con aria compressa per la rimozione dei residui di materiale, l’estrazione della materozza di iniezione e la lubrificazione delle superfici tramite un’emulsione siliconica (distaccante).

Le suole, una volta estratte, subiscono un primo controllo visivo dei difetti e la rimozione delle bave, per poi essere posizionate sullo stabilizzatore di raffreddamento. Poiché il materiale si restringe al diminuire della sua temperatura interna, per garantire il corretto dimensionamento finale vengono utilizzate delle formelle di legno posizionate nella parte superiore delle suole. Lo stabilizzatore è formato da diversi ripiani rotanti che agevolano la corretta sequenza di posizionamento; il tempo che intercorre dal carico allo scarico è di circa due ore [Figura 6, Figura 7, Figura 8].



Figura 6: Lato di carico dello stabilizzatore di raffreddamento, azienda Dami



Figura 7: Lato di scarico dello stabilizzatore di raffreddamento, azienda Dami



Figura 8: Stabilizzatore di raffreddamento, azienda Dami

Nel caso Dami, il layout del reparto di stampaggio dell'EVA presenta una configurazione in serie composta da quattro macchine, ognuna asservita da un rispettivo stabilizzatore di raffreddamento.

Lo spazio tra la pressa e lo stabilizzatore funge da postazione operativa per l'operatore. Sul lato opposto dello stabilizzatore è situata la zona di scarico e imballaggio; qui il capogruppo effettua un secondo controllo qualità prima inserire le suole nelle rispettive scatole. Quando queste ultime sono state riempite con le quantità indicate sull'etichetta, vengono chiuse e identificate tramite l'applicazione dell'etichetta. Figura 9: Panoramica del reparto produttivo dell'EVA, azienda Dami.



Figura 9: Panoramica del reparto produttivo dell'EVA, azienda Dami

Le attrezzature hanno bisogno del corretto mantenimento, per eliminare tutti i residui di sporco si effettua una pulizia approfondita, tramite sabbiatura criogenica o tradizionale o metallica con diverse dimensioni.

Una volta che il pallet è carico, quest'ultimo viene trasportato con il carrello elevatore nel magazzino nel magazzino per la spedizione, spedito ai terzisti per lavorazioni post-produzione, oppure indirizzato internamente ai reparti di rifilatura e controllo qualità.

2.3 ANALISI DEL CICLO MACCHINA

L'analisi del ciclo macchina rappresenta il punto di incontro tra le proprietà termofisiche dell'EVA e le capacità meccaniche dell'impianto Main Group E266 UP. In questo contesto, il tempo ciclo non è una semplice misura cronometrica, ma la traduzione operativa delle fasi necessarie affinché il polimero completi la sua trasformazione da granulo a suola espansa e reticolata.

Trattandosi di una produzione di processo, la materia prima subisce trasformazioni chimico-fisiche. Il ciclo di stampaggio si articola in diverse componenti temporali, ognuna legata a una specifica esigenza tecnica, ogni fase del ciclo si sviluppa in sequenza; infatti, si parla di ciclo tecnologico obbligato.

La struttura analitica può essere espressa attraverso la seguente relazione:

Ciclo macchina = Caricamento macchina + Iniezione + Reticolazione + Traslazione
+ Interazione uomo-macchina + *Set-up* stazione/macchina.

- Fasi di caricamento, iniezione e reticolazione ($T_{\text{caricamento}}$, $T_{\text{iniezione}}$, $T_{\text{reticolazione}}$): costituiscono il *core* chimico del processo. Il materiale viene riscaldato nella vite di estrusione, compresso e iniettato nello stampo dove è stato precedentemente creato il vuoto pneumatico. Il tempo di reticolazione è il parametro più critico del ciclo; lo stampo, infatti, rimane chiuso per permettere al calore di attivare gli agenti espandenti e reticolanti;
- Fase di traslazione ($T_{\text{traslazione}}$): risponde alla configurazione multistazione del macchinario. Mentre una stazione è in fase di reticolazione, il gruppo di iniezione trasla lungo la guida per servire le postazioni successive. Durante la traslazione tra una stazione e la successiva, si effettua la fase di caricamento dell'iniettore, così da ottimizzare i tempi morti; invece, lo spostamento effettuato dall'ultima stazione alla

prima stazione rappresenta un tempo tecnico necessario per riavviare il ciclo completo;

- Interazione operatore-macchina ($T_{operatore}, T_{fermo\ macchina}$): poiché l'EVA subisce un'espansione istantanea all'apertura dello stampo, l'intervento dell'uomo è fondamentale per l'estrazione manuale del fondo, la pulizia delle impronte e l'applicazione del distaccante. Se queste operazioni superano il tempo di apertura, della stazione successiva, previsto si genera un tempo di fermo macchina in cui l'impianto rimane in attesa del completamento delle attività manuali;
- Fase di *set-up* ($T_{cambio\ stampo}, T_{cambio\ materiale}$): il cambio dello stampo o del materiale, per variazioni di colore, densità o durezza, risulta particolarmente oneroso per l'EVA, in particolare i cambiamenti cromatici richiedono procedure di pulizia profonda dell'iniettore attraverso l'estrusione di un polimero trasparente di spurgo, al fine di evitare contaminazioni e venature estetiche sul prodotto finale.

In condizioni di regime nominale, con l'attivazione simultanea di tutte le sei stazioni e l'utilizzo di stampi a doppia impronta, la conclusione di un singolo ciclo macchina completo determina lo stampaggio di 12 paia di fondi finiti per calzature.

Il *Capacity Planning* (CP), ha come obiettivo il bilanciamento tra la capacità produttiva disponibile e la capacità necessaria per il soddisfacimento delle quantità da produrre.

Un altro aspetto molto importante è la valutazione del *Capacity Requirements Planning* (CRP) che, attraverso la tecnica di caricamento a capacità finita, riesce a distribuire la capacità di ciascun centro di lavoro, ovvero i macchinari, nella pianificazione degli ODL. Le principali risorse sono quella costituita dal personale, che indica le ore lavorative di manodopera diretta, e quella delle macchine, rappresentata dalle ore macchina.

La tecnica utilizzata, dal capo reparto EVA (in Dami), per la programmazione della produzione, in un intervallo temporale a *week*, è della distinta di capacità.

Questo metodo si basa su dati derivanti dal piano MPS, si necessita:

- della distinta base contenente i dati relativi al ciclo;
- del tempo necessario alla realizzazione dei prodotti in un determinato tempo, ad esempio, un turno lavorativo;
- della dimensione del lotto di produzione;

- del tempo di attrezzaggio di ciascun centro di lavoro, articolato nel tempo di cambio degli stampi, di cambio del materiale, di cambio delle formelle sullo stabilizzatore di raffreddamento e nella preparazione di nuovi pallet per la pallettizzazione;

Non si tiene conto dei *lead time*, ovvero l'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio e il completamento di un processo.

La parte pratica della programmazione della produzione si ottiene tramite la definizione della tabella chiamata "distinta di capacità", attraverso la quale si fa l'assegnazione alle varie teste di ciascuna macchina.

La distinta [Tabella 1] è costituita da tante colonne quanti sono i periodi di lavoro da considerare, ossia il giorno e il numero di turni, questo suddiviso in settimane, e da tante righe quanti sono i centri di lavoro, ovvero le teste relative alle singole stazioni di una macchina.

Si hanno tante tabelle quante sono le macchine.

macchinario	stazione	teste	WEEK 10								
			02/03/26			03/03/26			04/03/26		
			1° turno	2° turno	3° turno	1° turno	2° turno	3° turno	1° turno	2° turno	3° turno
5	1	1									
		2									
	2	3									
		4									
	3	5									
		6									
	4	7									
		8									
	5	9									
		10									
	6	11									
		12									

Tabella 1: Distinta di capacità, caso Dami

2.3.1 CRITICITÀ

Nonostante questa tipologia di macchina sia molto efficiente sulla produzione in serie, soprattutto per lotti di elevata quantità, allo stesso tempo si riscontra un'inefficienza elevata quando si gestiscono ODL di piccole entità. In questo caso, il tempo speso per il *set-up* del macchinario incide pesantemente sul tempo ciclo totale, tramutandosi in un costo fisso di *set-up* difficilmente ammortizzabile.

Infatti i principali svantaggi dello stampaggio a iniezione sono:

- alti costi delle macchine, che per essere ammortati bisogna realizzare un numero elevato di pezzi;
- elevato controllo del processo.

CAPITOLO III

ANALISI DELL'EFFICIENZA PRODUTTIVA (OEE)

In questo capitolo, si entra nel vivo del *Work Study*, attraverso la cronotecnica, al fine di valutare l'efficienza produttiva.

3.1 DEFINIZIONE DELL'OEE

L'*Overall Equipment Effectiveness* (OEE), è un indicatore utilizzato per misurare l'efficienza degli impianti produttivi. Attraverso questo parametro si valuta non solo come la capacità produttiva viene influenzata da diverse tipologie di perdite durante il processo, ma anche la produzione totale.

L'efficienza globale degli impianti ha come obiettivo quello di avere una visione nitida di come il tempo disponibile dell'impianto venga ridotto dalle inefficienze tecniche, organizzative e qualitative, arrivando all'effettiva creazione di valore.

La definizione dell'OEE si basa su tre fattori principali: la disponibilità temporale, la velocità di esecuzione e la conformità del prodotto. La disponibilità considera il rapporto tra tempo effettivo di utilizzo e tempo teorico di utilizzo, tenendo conto delle perdite come fermi macchina, guasti e manutenzioni.

L'efficienza rappresenta il rapporto tra il tempo produttivo e il tempo effettivo di utilizzo; in questa situazione aziendale, si è tenuto conto della produzione teorica e quella effettiva nello stesso intervallo di tempo. Questo fattore è influenzato negativamente da attività che rallentano il ciclo, quali *set-up*, avviamento della macchina e regolazione dei parametri.

La qualità è definita dal rapporto tra il tempo di produzione "buona" e tempo produttivo. Questo valore evidenzia le perdite causate dagli scarti e difettosità.

Per effettuare un corretto monitoraggio dei tempi, bisogna conoscere prima la loro classificazione:

1. tempo solare: $365 \text{ giorni} * 24 \text{ ore}$;
2. tempo di apertura dell'impianto: $\text{Tempo solare} - \text{festività}$;
3. tempo teorico di utilizzo: $\text{Tempo di apertura dell'impianto} - \text{Mancanza ordini} - \text{Mancanza materiali} - \text{Tempi organizzativi}$;
4. tempo effettivo di utilizzo: $\text{Tempo teorico di utilizzo} - \text{Guasti} - \text{Manutenzioni}$;

5. tempo effettivo di produzione: *Tempo effettivo di utilizzo – Prove campionature*;
6. tempo produttivo: *Tempo effettivo di produzione – Setup – Regolazione – Perdite di avviamento*;
7. tempo di produzione buona: *Tempo produttivo – Scarti – Difettosità – Rilavorazioni*.

La formula analitica dell'OEE è rappresentata:

$$OEE = \text{Disponibilità} * \text{Efficienza} * \text{Qualità}$$

In questo caso l'analisi è stata effettuata solo su una macchina delle quattro presenti nel reparto.

Attraverso la comprensione del funzionamento del ciclo di stampaggio si è passato alla rilevazione dei tre pilastri dell'efficienza.

Partendo dal monitoraggio dei tempi del ciclo macchina, attraversando il controllo della saturazione della capacità dell'impianto e la verifica della percentuale di scarto, si arriva al calcolo dell'efficienza produttiva.

3.2 RILEVAZIONE DEI TEMPI DEL CICLO MACCHINA

La rilevazione dei parametri temporali relativi alla pressa EV5 è stata eseguita tramite un cronometraggio diretto, applicando la metodologia del *Time study*, per lo studio e la misurazione del lavoro.

Al fine di ottenere risultati statisticamente veritieri, sono state fatte trenta misurazioni per lo stesso macchinario, ma con operatori diversi distribuiti sui normali turni di lavoro a loro assegnati.

I dati raccolti sono stati registrati su delle matrici che identificano il numero di stazioni e il numero di teste, evidenziate con colori diversi in base all'iniettore da esse servite [Tabella 2]. Per ciascuna misurazione è stato inserito il codice dell'articolo, contenete il nome dell'articolo, la relativa taglia e codice del cartellino, al fine di tenerli memorizzati e capire la disposizione degli stampi per un successivo controllo qualità legato alla presenza di eventuali difetti.

Nella tabella sono stati inseriti tutti parametri temporali da misurare.

Ad esempio, il tempo di reticolazione e il tempo di iniezione e caricamento si ottengono direttamente sul terminale di bordo impianto, in quanto integrati nella scheda dei parametri di stampaggio. Tali valori non sono uguali per entrambi gli articoli su una stessa stazione, ma viene considerato il tempo maggiore dei due, così da garantire il corretto processo di stampaggio. Questo accorgimento è necessario poiché le due teste della medesima stazione si aprono contemporaneamente.

Il tempo dell'operatore è stato misurato separatamente per definire l'impatto della manodopera sul ciclo complessivo; infatti, secondo le tecniche del *Methods Time Measurement* (MTM)², viene definito tempo interno, perché l'operatore esegue le operazioni in parallelo mentre la macchina sta lavorando.

Al contrario, il tempo di fermo macchina subentra quando le operazioni manuali superano la durata della fase di lavoro del gruppo di iniezione; definendosi come tempo esterno che arresta l'avanzamento dell'iniezione. Si può verificare, quando l'iniettore rimane in stallo, davanti alla stazione sulla quale l'operatore sta svolgendo le lavorazioni, in attesa del consenso operativo.

Il tempo di traslazione degli iniettori non è un tempo morto per tutte le stazioni; infatti, durante questo intervallo la pompa di iniezione si carica, ovvero la vite preleva il materiale dalla tramoggia, lo riscalda e lo spinge nella camera di carico (caricamento). Alcune volte questo tempo è stato considerato nell'analisi, perché l'impianto di iniezione ha saltato delle stazioni, fenomeno che si verifica soprattutto quando ci sono dei cambi stampo.

Al contrario, il tempo di traslazione del gruppo di iniezione da 6 a 1, ossia a fine corsa per riiniziare il ciclo, prevede la movimentazione della macchina senza eseguire altre operazioni lavorative, muovendosi in base a un segnale di chiamata automatico che si attiva 30 secondi prima che la stazione 1 debba riavviare il proprio ciclo.

I tempi ciclo di ogni stazione, mediamente, sono simili tra loro, in quanto il metodo delle operazioni manuali applicato dall'operatore, è sempre uguale. Dopo che si è preso il ritmo di stampaggio, le variazioni tra una stazione e l'altra sono pressoché nulle. Solo in caso di anomalie, come guasti o rilevazione di difetti particolari sulle suole, potrebbero riscontrarsi rallentamenti.

² Methods Time Measurement: "è un'analisi basata sull'osservazione dei tempi e dei modi in cui un'attività viene eseguita all'interno dei reparti produttivi".

		27/02/26		
N°stazioni	N°teste	1*		
1	1	NOME ARTICOLO:	Treticolazione	530 s
		TAGLIA:	Tiniezione+Tcaricamento	36 s
	2	NOME ARTICOLO:	Txoperatore	s
		TAGLIA:	Tfermo macchina	85 s
			Ttraslazione macchina	s
TEMPO DI CICLO:				651 s
2	3	NOME ARTICOLO:	Treticolazione	530 s
		TAGLIA:	Tiniezione	44 s
	4	NOME ARTICOLO:	Txoperatore	s
		TAGLIA:	Tfermo macchina	s
			Ttraslazione macchina	s
TEMPO DI CICLO:				574 s
3	5	NOME ARTICOLO:	Treticolazione	530 s
		TAGLIA:	Tiniezione	47 s
	6	NOME ARTICOLO:	Txoperatore	s
		TAGLIA:	Tfermo macchina	s
			Ttraslazione macchina	s
TEMPO DI CICLO:				577 s
4	7	NOME ARTICOLO:	Treticolazione	530 s
		TAGLIA:	Tiniezione	47 s
	8	NOME ARTICOLO:	Txoperatore	s
		TAGLIA:	Tfermo macchina	s
			Ttraslazione macchina	s
TEMPO DI CICLO:				577 s
5	9	NOME ARTICOLO:	Treticolazione	530 s
		TAGLIA:	Tiniezione	47 s
	10	NOME ARTICOLO:	Txoperatore	s
		TAGLIA:	Tfermo macchina	s
			Ttraslazione macchina	s
TEMPO DI CICLO:				577 s
6	11	NOME ARTICOLO:	Treticolazione	530 s
		TAGLIA:	Tiniezione	46 s
	12	NOME ARTICOLO:	Txoperatore	s
		TAGLIA:	Tfermo macchina	s
			Ttraslazione macchina (6-1)	30 s
TEMPO DI CICLO:				606 s
			tempo ciclo macchina (cronometro):	881 min

Tabella 2: Estratto della scheda di rilevazione cronometrica per la registrazione dei tempi ciclo (Impianto EVA5, azienda Dami)

Un altro aspetto da considerare, con un grande impatto sulla disponibilità dell'impianto, è il tempo di *set-up*, in particolare del cambio materiale. Questo dato varia sensibilmente in base alla diversità cromatica tra i lotti. Per la mappatura della fase di *set-up* è stata utilizzata un'altra tabella specifica.

Dall'analisi diretta sul campo di una sessione di *set-up* completo, sono stati definiti i componenti del tempo di fermo macchina:

- tempo ultimo stampaggio e cambio stampi ($T_{operatore} + T_{cambio\ stampo}$): comprende l'estrazione delle ultime suole del lotto, la pulizia dell'attrezzatura, lo

smontaggio degli stampi relativi al ODL concluso e il montaggio dei nuovi stampi per il nuovo ordine di lavorazione e la chiusura della pressa per il suo riscaldamento. La durata rilevata è pari a 550 s;

- tempo di cambio colore ($T_{cambio\ colore} + T_{operatore}$): dopo aver concluso la produzione dello ODL, prima di passare alla nuova produzione si effettua il cambio materiale. I gruppi iniettori raggiungono fine corsa e l'operatore aggiunge manualmente del materiale trasparente di spurgo per espellere il colore precedente. Successivamente, l'operatore fa ruotare la vite dell'iniettore per miscelare correttamente il materiale e favorire la fuoriuscita del vecchio colore. Questo processo richiede temperature dell'iniettori più elevate (circa 120 °C), rispetto alla temperatura abituale che si aggira intorno ai 90 °C. In questo caso, la transizione risulta particolarmente onerosa in quanto c'è stato il passaggio da una tonalità scura (nero) a una chiara (*camel*), registrando un tempo pari a 4200 s;
- tempo ciclo delle prime stampate ($T_{avviamento}$): quantificato in 700s. Risponde alla fase definita dagli *standard* OEE come perdita di avviamento, necessaria per la stabilizzazione iniziale dei parametri fisici.

Il bilancio quantitativo di questa sessione di *set-up* ha evidenziato la generazione di 18 kg di scarto prima del raggiungimento della conformità estetica del materiale.

Tale attività ha richiesto l'impiego simultaneo di due operatori, uno impegnato nell'attività di attrezzaggio interno, mentre l'altro nell'attrezzaggio esterno.

Anche il post-cambio materiale è impegnativo, in quanto le prime stampate causano tanti scarti [Tabella 3] poiché il materiale non è ancora assestato bene, spesso modificando i parametri di stampaggio in quanto dipendono dalle condizioni ambientali. Ad esempio, si potrebbe cambiare la velocità o la pressione di iniezione perché il materiale potrebbe bruciarsi. Inoltre, potrebbero esserci anche problemi nella colorazione, con la presenza di venature o piccoli residui del vecchio materiale.

02/03/26					
2° CAMBIO colore-materiale-stampo (iniettore 1) (operatore)					
		scarti:	1° ciclo	2° ciclo	3° ciclo
1	1	NOME ARTICOLO: TAGLIA:	1	-	1 paio
	2	NOME ARTICOLO: TAGLIA:			
2	3	NOME ARTICOLO: TAGLIA:	-	-	-
	4	NOME ARTICOLO: TAGLIA:			
3	5	NOME ARTICOLO: TAGLIA:	-	1 paio	-
	6	NOME ARTICOLO: TAGLIA:			
4	7	NOME ARTICOLO: TAGLIA:	1	1 paio	-
	8	NOME ARTICOLO: TAGLIA:			
5	9	NOME ARTICOLO: TAGLIA:	1 paio	-	-
	10	NOME ARTICOLO: TAGLIA:			
6	11	NOME ARTICOLO: TAGLIA:	1 paio	-	1
	12	NOME ARTICOLO: TAGLIA:			

Tabella 3: Matrice per la registrazione degli scarti nelle prime stampe con un nuovo materiale (Impianto EVA5, azienda Dami)

Partendo dai dati registrati nelle schede di rilevazione, si è proceduto alla determinazione dei valori medi. Ogni parametro è stato rapportato al prodotto tra il numero totale di sessioni di cronometraggio (*N° di misurazioni*) e il numero di stazioni effettivamente attive sul macchinario (*N° di stazioni attive*).

- $$\text{Tempo medio di reticolazione} = \frac{\Sigma \text{ tempo di reticolazione}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$
- $$\text{Tempo medio di caricamento macchina + iniezione} = \frac{\Sigma \text{ tempo di caricamento macchina} + \text{tempo di iniezione}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$
- $$\text{Tempo medio dell'operatore} = \frac{\Sigma \text{ tempo dell'operatore}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$
- $$\text{Tempo medio di fermo macchina} = \frac{\Sigma \text{ tempo di fermo macchina}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$

- $$\text{Tempo medio di traslazione macchina} = \frac{\Sigma \text{ tempo di traslazione macchina}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$
- $$\text{Tempo medio ciclo di ogni stazione} = \frac{\Sigma \text{ tempo ciclo di ogni stazione}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$

Il ciclo macchina fa riferimento alle misurazioni e ai parametri segnati sulla tabella, ma viene calcolato con il cronometro manuale sul campo. Il ciclo della macchina, difatti, comprende l'apertura della pressa, poi l'iniezione di tutte le stazioni e si conclude con la fine della reticolazione in tutte le stazioni fino all'ultima.

$$\text{Tempo medio ciclo macchina} = \frac{\Sigma \text{ tempo ciclo macchina}}{N^{\circ} \text{ di misurazioni} * N^{\circ} \text{ di stazioni attive}}$$

I risultati ottenuti dall'analisi del tempo ciclo macchina sono stati registrati nella Tabella 4:

Tempo medio di reticolazione	539 s
Tempo medio di caricamento macchina e iniezione	45s
Tempo medio di fermo macchina	48s
Tempo medio di traslazione della macchina da 6-1	30s
Tempo medio di cilo per ogni stazione	639s
Tempo medio di ciclo dell'intera macchina	918s
Tempo medio operatore	69s

Tabella 4: Risultati analisi del tempo ciclo macchina, azienda Dami

Dai risultati ottenuti si evince che per un intervallo di circa 918 secondi vengono prodotte 12 paia di fondi per calzature, se la macchina è satura al 100%.

La produzione media rilevata nel periodo di monitoraggio è stata di: 414 paia in presenza di 12 teste attive.

La produzione reale della macchina EVA5 in un turno *standard* di lavoro viene definita sul registro di stampaggio.

3.2.1 ANALISI DEL TEMPO DI CICLO MACCHINA IDEALE

Per avere un riferimento, bisogna considerare il tempo ciclo macchina nominale calcolato in assenza di inefficienze e fermate.

In linea con i modelli di *Work Measurement*, questo parametro viene definito come tempo ciclo teorico e varia in base ai parametri di stampaggio impostati sul software, come il tempo di vuoto, tempo di pressa chiusa e durata iniezione.

Impostando un tempo di reticolazione di 530 secondi su tutte le stazioni, il tempo macchina ideale è pari a 790 secondi.

Confrontandolo con il ciclo macchina reale, il quale risente dell'interazione diretta dell'operatore, si quantifica una differenza di 100 secondi generata dall'interazione uomo-macchina.

Attraverso gli *standard* OEE, si può ricavare anche una produzione teorica, partendo dal tempo teorico.

$$Produzione\ teorica = \frac{tempo\ turno\ [s]}{tempo\ ciclo\ macchina\ ideale\ [s]} * N^{\circ}\ stampi\ attivi$$

Dal risultato di tempo ideale di ciclo macchina, di 790 secondi, e per un turno *standard* di 28800 secondi, la produzione teorica ottenibile è di 437 paia su 12 teste attive.

3.3 MONITORAGGIO DELLA SATURAZIONE DELLA MACCHINA

A fine di ogni turno di lavoro, gli operatori compilano la scheda di produzione, all'interno di questo documento sono riportati il posizionamento degli stampi nelle stazioni, le quantità prodotte e scartate. Questo tracciamento sistematico consente di elaborare il consuntivo della produzione riferito al turno *standard* di otto ore.

L'analisi dei dati storici evidenzia come la capacità produttiva teorica dell'impianto non coincida sistematicamente con l'utilizzo effettivo dell'attrezzatura; la saturazione della macchina, infatti, subisce forti variazioni in funzione del mix di ordini in coda di programmazione.

Non sempre la saturazione della macchina è al 100%, ad esempio, può scendere al 58% se lavorano sette teste al posto di dodici e si potrebbe verificare anche un 42% di saturazione se lavorano cinque teste su dodici.

Il calcolo della saturazione della macchina:

$$Saturazione [\%] = \frac{N^{\circ} \text{ stampi attivi}}{N^{\circ} \text{ stampi totali}} * 100$$

Questo coefficiente rappresenta un fattore fondamentale per comprendere le perdite di potenziale della pressa EVA5. Di conseguenza, una bassa saturazione agisce come un vincolo di capacità che riduce la produzione teorica attesa, isolando le inefficienze causate dal frazionamento dei lotti.

Durante il periodo di analisi, si è rilevata una media di saturazione dell'89%. Tale decremento, rispetto alla saturazione nominale è stata causata dalla presenza di turni con l'utilizzo del macchinario sotto-saturo. La principale causa è la presenza di lotti con volumi inferiori per i numeri periferici rispetto ai lotti delle taglie centrali.

Questo argomento è affrontato nel sottoparagrafo successivo.

3.3.1 ANALISI DELLE INEFFICIENZE PRODUTTIVE PER I NUMERI PERIFERICI

Un altro aspetto critico nella gestione dei flussi di reparto è rappresentato dai numeri periferici, ovvero le misure che si trovano all'estremità della scala delle taglie, caratterizzate da una domanda di mercato inferiore rispetto ai numeri centrali. Se non vengono compensati attraverso l'inserimento in macchina di ordini di lavoro che prevedono l'utilizzo dello stesso compound, questi ultimi generano rilevanti inefficienze all'interno del processo.

Siccome la pressa deve proseguire con il ciclo fino al completamento dell'intero lotto, alcune teste rimarrebbero vuote.

Questa condizione è sfavorevole sia per l'operatore che per il volume complessivo di output generato a fine turno, il quale risulterà inferiore rispetto a una configurazione a carico pieno.

Prendendo in esempio un ordine da 5000 paia distribuito asimmetricamente tra le varie taglie [Grafico 1]:

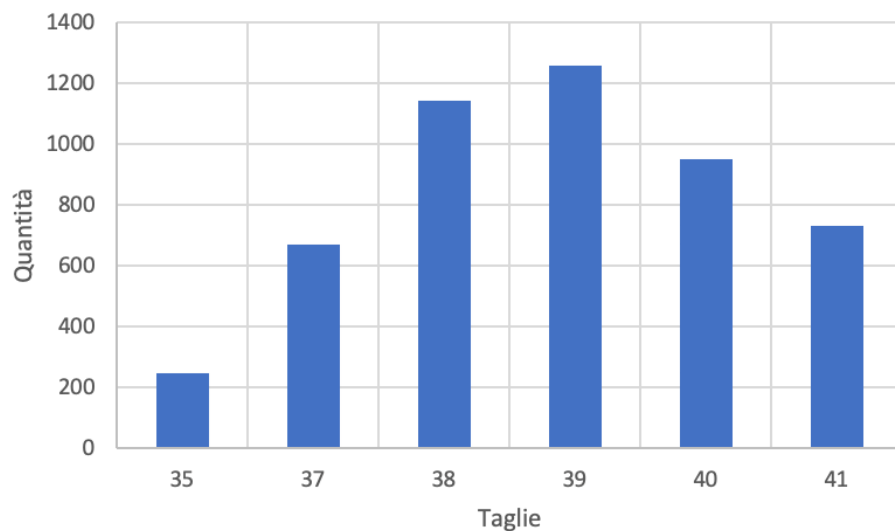


Grafico 1: Quantità da produrre per le rispettive per le rispettive taglie di un lotto da 5000 paia

Taglie	Quantità (Q)	Quantità massima (Qmax)	Quantità perse (Qp)= $Q_{max} - Q$	N° stazioni (Ns)	ΣQ	ΣQp	$(\Sigma Qp) * N_s$	%perdita= $\Sigma Qp / (\Sigma Qp) * N_s$	Giorni persi a causa del fine produzione
35	247	1258	1011	6	5000	2548	7548	34%	11
37	669		589						6
38	1144		114						2
39	1258		0						0
40	950		308						4
41	732		526						6

Tabella 5: Analisi del mix produttivo per taglia e quantificazione delle perdite di capacità sulle stazioni (lotto nominale: 5000 paia), caso Dami

L'analisi quantitativa del mix produttivo riportata nella Tabella 5 evidenzia una perdita di capacità reale pari al 34% del potenziale teorico dell'impianto. Se un iniettore avesse servito tutte e sei le teste per l'intera produzione dell'ordine, l'impianto avrebbe generato un terzo di volume rispetto all'output reale ottenuto.

Questa criticità potrebbe essere risolta o migliorata attraverso la duplicazione degli stampi. La disponibilità di stampi gemelli consentirebbe di contrarre i tempi di produzione per il completamento dell'ordine e di saturare l'intera capacità produttiva dell'impianto. Tale decisione, può essere presa dall'azienda produttrice, ma anche dal cliente, per velocizzare i tempi di consegna. Sotto il profilo economico, questa modifica risulta efficiente e profittevole per lotti di produzione con volumi elevati, in quanto i costi di attrezzaggio vengono ammortati dalle quantità realizzate.

3.4 RILEVAZIONE DELLA PERCENTUALE DI SCARTO

Nello stampaggio in EVA, essendo quest'ultimo un materiale espanso chimicamente, risulta imprevedibile la buona uscita del prodotto, rispetto alle tecnologie tradizionali, come l'iniezione di gomma termo plastica. Di conseguenza, la presenza di non conformità è frequente ed elevata.

Gli scarti spesso vengo definiti come scarti “fisiologici”, poiché non dipendono solamente da errori operativi. I fattori determinanti sono originati dalla cinetica di espansione del polimero e dalla fluidodinamica di iniezione all'interno delle cavità; piccoli difetti superficiali dello stampo, inizialmente trascurabili, tendono ad amplificarsi e risultano più visibili sulla suola.

All'interno del contesto industriale di Dami, il rilevamento delle non conformità viene eseguito in due fasi distinte nel flusso produttivo, una immediatamente a valle dell'estrazione della suola dalla stazione di stampaggio, quando il difetto è macroscopico e visibile a caldo, un secondo controllo viene fatto prima dell'imballaggio, dopo il raffreddamento, ovvero quando la suola ha raggiunto la stabilità dimensionale.

Le quantità prodotte e gli scarti vengono registrati sulla scheda di produzione. Le unità scartate vengono conteggiate in pezzi singoli, perché potrebbe essere difettata solo una suola delle due componenti della calzata. Al contrario, le quantità prodotte sono considerate in paia, coerentemente con la forma degli stampi, realizzati per la generazione di una coppia completa.

La percentuale di scarto solitamente viene considerata per un turno di otto ore, rappresentata analiticamente come:

$$Scarto [\%] = \frac{Paia\ scartate}{Paia\ prodotte\ lorde} * 100$$

La media della percentuale di scarto in produzione, tenendo conto dei pezzi scartati a bordo macchina e prima dell'imballaggio, è pari al 11%. Analizzando anche i dati storici, siccome questa è la caratteristica più critica della produzione delle suole in EVA, risulta costante negli anni.

3.5 CALCOLO DELL'EFFICIENZA PRODUTTIVA

A valle della quantificazione della produzione teorica e del tracciamento dei volumi effettivi, si procede all'analisi dell'efficienza produttiva del sistema, definita all'interno del *framework* dell'OEE come *Performance Rate*. Questo indicatore descrive il rapporto ottenuto tra i volumi fisici lordi stampati, espressi in paia lorde, dalla pressa EVA5 e la capacità teorica massima attesa nell'intervallo di effettivo funzionamento del macchinario.

$$\text{Efficienza produttiva [\%]} = \frac{\text{Quantità prodotte lorde}}{\text{Quantità prodotte teoriche}} * 100$$

Questo coefficiente permette di isolare e misurare l'impatto cumulativo delle micro-fermate operative. Un'elevata efficienza prestazionale dimostra la capacità del reparto di mantenere il ritmo più vicino al tempo ciclo ideale stimato in fase di programmazione della produzione. La percentuale dell'efficienza produttiva, durante il periodo di analisi, nella maggior parte dei casi si aggira intorno al 95%, questo nelle situazioni in cui la saturazione della macchina è del 100%, ciò significa che quando viene sfruttata tutta la capacità produttiva dell'impianto produzione è più profittevole. Però mettendo a confronto tutte le situazioni che si verificano in azienda, la media delle percentuali di efficienza produttiva è dell'88,5% .

CAPITOLO IV

CONTROLLO DELLA QUALITÀ E GESTIONE DEGLI SCARTI

4.1 MONITORAGGIO TEMPI E METODI

Il controllo qualità finale rappresenta l'ultimo passaggio operativo eseguito in Dami, a valle della produzione e delle successive lavorazioni post-stampaggio richieste dal cliente, quali la rifilatura, la cardatura, la fresatura, ecc.. Una volta effettuato il controllo qualità, le suole vengono spedite al cliente.

Dopo che le suole sono state imballate in produzione e posizionate sui *pallet*, vengono sottoposte a un'ulteriore ispezione da parte di operatori specializzati. Questo passaggio è fondamentale, nonostante il lotto abbia già superato due controlli: il primo a bordo macchina e il secondo prima del confezionamento.

In conformità con la norma UNI EN ISO 9000:2015, per qualità si intende la conformità a specifiche, ossia l'insieme delle caratteristiche che conferiscono al prodotto la capacità di soddisfare del cliente, attraverso esigenze implicite ed esplicite.

Nel segmento di mercato dell'alta moda, nel quale rientra l'azienda Dami, tali esigenze sono molto rigide e definite a livello contrattuale. In questo contesto il livello di tolleranza ammesso è nullo o quasi nullo.

Il controllo qualità, in Dami, ha una rilevanza prettamente estetica, poiché le verifiche funzionali e chimico-fisiche, per garantire la correttezza dei parametri come la resistenza all'abrasione o la densità, vengono eseguite a campione presso laboratori accreditati esterni. Nonostante le operazioni di controllo effettuate in produzione, la percentuale di scarto rilevata è ancora elevata. Questo avviene perché nel mercato del lusso anche micro-difetti, quasi impercettibili, vengono classificati come non conformità, causando lo scarto delle suole.

Per rendere il processo sistematico, gli operatori applicano un metodo di lavoro basato su una sequenza predefinita di azioni (*standard operating procedure*), riducendo la variabilità di ispezione, essendo un'operazione estremamente soggettiva.

Per una standardizzazione dei parametri di accettabilità, per una velocizzazione del processo e per garantire l'oggettività del lavoro, all'addetto viene fornita dal cliente, una scheda di riferimento delle non conformità, dotate di una serie di fotografie che illustrano tutti i possibili difetti non accettabili e accettabili. Mentre, se non si hanno tali schede di riferimento, si possono causare incongruenze di giudizio tra i diversi operatori, causando un rallentamento del flusso a causa di valutazioni esclusivamente soggettive.

Il ciclo di lavoro *standard*, dell'operatore, prevede sei fasi:

1. depallettizzazione delle scatole contenenti il prodotto finito;
2. estrazione dei fondi dagli scatoloni e prima valutazione visiva;
3. frazionamento del banco di lavoro in due aree distinte, separando le suole da controllare e quelle già controllate;
4. isolamento degli scarti in una cesta dedicata;
5. re-inscatolamento delle paia conformi, con la successiva sigillatura tramite il nastro adesivo e l'apposizione del timbro identificativo dell'operatore;
6. pallettizzazione dei cartoni controllati, completi quantitativamente e pronti per la spedizione.

La scatola viene chiusa solo se è completa di tutte le quantità richieste sul cartellino. Qualora manchino dei pezzi a causa degli scarti subiti, il cartone rimane aperto in attesa del completamento. Spesso è capitato che l'elevato volume degli scarti ottenuto abbia reso insufficiente anche la quota di extra-produzione pianificata a monte, rendendo necessaria l'apertura di un nuovo ordine di lavorazione per la produzione delle quantità mancanti.

Se durante la cernita, si riscontra un difetto ripetitivo concentrato su specifiche taglie, la causa alla radice è riconducibile a problemi legati alla produzione o ad anomalie geometriche dello stampo.

Sebbene Dami operi secondo il modello di Industria 4.0, con anche l'obiettivo dello *Zero Defect Manufacturing* (ZDM), le proprietà dell'EVA rendono indispensabile il mantenimento dei controlli sul prodotto finito.

Lo ZDM, in azienda, viene ottenuto tramite la metodologia *Root Cause Analysis* e applicando il ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Il problema viene risolto attraverso una retroazione a tutti i livelli del sistema, fino alla scheda tecnica dello stampo. Una volta identificata e risolta la causa alla radice, la modifica applicata viene standardizzata e resa disponibile per prevenire l'insorgenza degli stessi o simili problemi.

4.2 RILEVAZIONE DELLA PERCENTUALE DI SCARTO

Il tasso di scarto nell'EVA è un parametro critico che, sebbene appaia come un problema legato alla qualità dei processi produttivi, deriva in realtà dal comportamento del materiale. L'espansione chimica istantanea del polimero, all'apertura dello stampo, genera dinamiche non controllabili dall'operatore o dal *software* della macchina. Per questo motivo è stata fatta un'ulteriore analisi relativa agli scarti ottenuti durante il processo di controllo qualità. Finalizzata inizialmente a monitorare l'efficacia della standardizzazione del metodo di lavoro, e successivamente utilizzata per quantificare e categorizzare le non conformità, per comprenderne la natura chimico-fisica.

Come già evidenziato nel paragrafo precedente, il metodo applicato dagli operatori è standardizzato e i criteri di decisione dipendono dalla presenza o meno dei riferimenti forniti dal cliente.

A fine di ogni turno lavorativo, il personale registra su delle schede gli articoli, le paia controllate, il numero di scarti e il loro motivo.

Per lo studio dei tempi, associato alle operazioni di controllo qualità di un carico *standard* di circa venti paia, è stata utilizzata una matrice contenente il codice articolo, la tipologia di difetti incontrata e le operazioni che si possono svolgere nel processo di controllo qualità.

Il controllo qualità prevede un'ispezione visiva per cercare eventuali anomalie estetiche del fondo. Questa attività si articola in:

- controllo dimensionale della suola mediante una dima campione in cartone;
- controllo della presenza di eventuali bolle d'aria generate in fase di espansione. Difetto che nella maggior parte dei casi può essere risolto tramite l'utilizzo di un *phon*, che genera calore per riscaldare la suola, e un ago metallico per far uscire il gas intrappolato;
- pulizia del prodotto finito con sgrassatore e acqua, per eliminare i residui siliconici dell'agente distaccante dello stampo.

La Tabella 6 riporta anche la dicitura rifilatura, in quanto è una lavorazione che può essere svolta internamente, e fa parte dello stesso reparto del controllo qualità.

DATA:	17/03/26	N° MISURAZI 4°	Rifilatura:	
OPERATRICE:		DIFETTI:	Pulizia:	ok
NOME ARTICOLO:		trattenuto, bruciatura, distacco della facetta, bolla	ControlloDima:	
			ControlloQualità:	ok
			ControlloBolle:	ok
			TtotaleScatola: (secondi)	1300
			Qscatola:	20paia

Tabella 6: Matrice per la registrazione del tempo per il controllo qualità, caso Dami

Il tempo medio per effettuare il controllo qualità di una scatola, contenente circa venti paia di fondi per calzature, è pari a 1220 secondi.

La percentuale di scarto solitamente viene considerata per un turno di otto ore.

$$Scarto [\%] = \frac{Paia\ scartate}{Paia\ controllate\ lorde} * 100$$

I monitoraggi rilevano una percentuale media di scarto del 6% su una media di circa 370 paia controllate in otto ore. Anche se la produttività mostra una variabilità operativa tra i diversi operatori, legata sia alla tipologia di articolo, sia all'esperienza e alla destrezza di ciascuno.

Alcuni dei principali difetti riscontrati in Dami, includono:

- il “trattenuto”: si verifica durante l’apertura della pressa quando la suola rimane parzialmente ancorata alle pareti dello stampo, creando delle pieghe o delle vere e proprie lacerazioni sulla suola [Figura 10];



Figura 10: Difetto "trattenuto" su una suola, azienda Dami

- le “bolle”: causate da sacche d’aria intrappolate nel materiale espanso [Figura 11];



Figura 11: Difetto "bolla" su una suola, azienda Dami

- le “macchie di colore”: generate dalla presenza di contaminazioni di residui polimerici sull’ugello dell’iniettore. Questo difetto è tipico delle prime stampate di un nuovo ODL, subito dopo le operazioni di cambio materiale [Figura 12];



Figura 12: Difetto "macchia di colore" su una suola, azienda Dami

CAPITOLO V

OTTIMIZZAZIONE DEI COSTI DI STAMPAGGIO

5.1 DEFINIZIONE DEI COSTI DI STAMPAGGIO

Durante la fase di Programmazione Aggregata (PA), l'azienda definisce gli articoli e le loro famiglie, raggruppando i prodotti stampati con le stesse apparecchiature, e identifica le tipologie di prodotto basandosi sulla similitudine della struttura dei costi.

Il *Bill Of Materials* è lo strumento principale per il controllo dei costi industriali, poiché fornisce una traccia delle risorse coinvolte nel processo. Con questa visione, il monitoraggio del tempo di produzione è fondamentale per analizzare i flussi di lavoro, l'avanzamento degli ordini, i tempi di ciclo e il livello di saturazione degli impianti.

In questo caso, vengono trattati solo i costi di stampaggio delle suole in EVA, escludendo le fasi di preproduzione e le lavorazioni post-produzione.

L'analisi dei costi di stampaggio mira a evidenziare l'impatto economico dell'elevato tasso di scarto, il quale genera uno scostamento significativo tra i costi di produzione sostenuti e i volumi di *output* venduti.

I costi di stampaggio si dividono in due macrocategorie:

- costi fissi: che rimangono invariati indipendentemente dai volumi produttivi, come il costo del personale e i costi di *set-up* della macchina, la cui incidenza diminuisce all'aumentare della dimensione del lotto.

I costi di *set-up* includono la manodopera specializzata per l'attrezzaggio e i materiali di consumo, i quali comprendono sia i polimeri di spurgo, sia il materiale utilizzato per le regolamentazioni, ma anche i materiali criogenici utilizzati per la pulizia della linea.

- Costi variabili: che dipendono direttamente e in modo proporzionale dai volumi produttivi. Un esempio di costo variabile è la materia prima vergine. In questa categoria sono inclusi anche i costi legati agli scarti. Questi ultimi rappresentano uno spreco di forza lavoro, ore macchina ed energia. Tali inefficienze sono componenti variabili, non completamente controllabili a causa dell'instabilità del materiale durante la fase di espansione.

Il costo totale di produzione è dato dalla somma delle componenti fisse e variabili, e rappresenta la spesa complessiva sostenuta per produrre una determinata quantità di prodotti. In relazione al costo totale, bisogna tener conto del costo *standard*, ovvero il valore stimato nel budget di produzione, che aiuta le aziende a pianificare e stabilire gli obiettivi dei budget finanziari.

Il costo effettivo, invece, è diverso dal costo totale; infatti, può essere confrontato con il costo *standard* per identificare eventuali scostamenti tra la previsione fatta e la realtà.

In Dami, la determinazione dei costi fissi industriali, per ciascuna taglia di un articolo, si basa su parametri ben precisi, come:

- il tempo della disponibilità del personale, considerato su un turno *standard* di otto ore;
- il tempo medio di stampaggio, maggiorato della quota distribuita su ogni ciclo del tempo di *set-up*;
- il tasso di produttività oraria per una testa della macchina, ricavato dal rapporto tra il tempo di disponibilità del personale e il tempo medio di stampaggio;
- il costo fisso orario degli operatori interessati nella produzione, come l'operatore a bordo macchina e il capo-gruppo interessato solo alla produzione dell'articolo in studio;
- il numero di teste utilizzate: solitamente, in Dami vengono utilizzate 6 teste se viene dedicato l'utilizzo di un solo iniettore o 12 teste se vengono utilizzati entrambi gli iniettori di una macchina;
- il costo dell'operatore per paio, ottenuto rapportando il costo fisso degli operatori con le paia prodotte in un'ora da una testa e il numero di teste utilizzate;
- il costo dell'energia utilizzata per la realizzazione di un paio di suole.
- Il costo totale fisso per lo stampaggio di un paio di fondi, si ricava sommando il costo degli operatori per paio e il costo dell'energia per paio.

Tali parametri sono rappresentati nella Tabella 7.

REPARTO EVA	
COSTO FISSO DI STAMPAGGIO	
Articolo:	Taglia:
Tempo disponibilità lavorativa	s/h
Tempo di stampaggio	s
Quantità di paia/h	$\frac{T \text{ disponibilità del personale}}{T \text{ stampaggio}}$
Costo fisso personale	€
N° teste	
Costo personale per paio	$\frac{Cf \text{ personale}}{Q \frac{\text{paia}}{h} * N^{\circ} \text{teste}}$ [€]
Costo fisso energia	€
Costo fisso totale	$Cf \text{ paio} + Cf \text{ energia}$ [€]

Tabella 7: Costo fisso di stampaggio, caso Dami

È importante distinguere il costo e il prezzo di vendita del prodotto. Quest'ultimo influenza direttamente il posizionamento dell'impresa sul mercato e la soddisfazione del cliente. Il prezzo è condizionato anche dalle dinamiche competitive e dai regimi di mercato.

I fini del monitoraggio effettuato sono focalizzati alla determinazione esatta della percentuale di scarto. La quale varia a seconda della complessità dell'articolo, difatti, spesso succede che si manifestino non conformità sistematiche e ricorrenti per ciascun articolo.

5.2 AGGIORNAMENTO DELLE PERCENTUALI DI SCARTO PER OGNI ARTICOLO

La determinazione della percentuale di scarto per singolo articolo ha richiesto un'importante rielaborazione di tutti i dati storici aziendali, incrociando tutte le schede relative al caricamento degli Ordini Di Lavorazione, alla produzione, al controllo qualità e rifilatura e alle vendite. L'analisi ha mappato il ciclo completo del prodotto finito all'interno dell'azienda.

Le schede utilizzate per il rilevamento della percentuale di scarto sono state:

- inventario trimestrale del magazzino dei prodotti finiti di dicembre 2025;
- inventario trimestrale del magazzino dei prodotti finiti di marzo 2026;
- registro del visualizzatore degli Ordini Di Lavoro da gennaio a marzo 2026;

- schede di stampaggio delle serie da gennaio a marzo 2026;
- schede delle vendite da gennaio a marzo 2026;
- registri di rifilatura e controllo qualità interno da gennaio a marzo 2026;
- registri di rifilatura e controllo qualità esterno da gennaio a marzo 2026;
- inventario del magazzino di rifilatura e controllo qualità da gennaio a marzo 2026.

Non è stata analizzata la produzione dei lotti di campionatura; questi ultimi hanno lotti di piccole dimensioni e dinamiche di processo instabili, difatti hanno delle percentuali di scarto molto alte rispetto a una produzione in serie.

Per rendere l'elaborazione efficace ed efficiente, i prodotti sono stati raggruppati in famiglie di articoli, di conseguenza non sono state considerate le singole varianti di versione, poiché non presentano variazioni significative tra di loro nella rilevazione delle non conformità.

La prima operazione ha previsto il filtraggio del visualizzatore degli ODL, escludendo gli ordini con “cartellino zero”, in quanto, nel *software* ERP Zucchetti, indicano le commesse non ancora evase o non ancora cartellate.

Successivamente, le schede di stampaggio sono state confrontate con il visualizzatore degli ODL per identificare le corrispondenze tramite il numero del cartellino. Un secondo confronto è stato effettuato tra la scheda di stampaggio e le schede di rifilatura per verificare la congruenza tra le paia prodotte e quelle rifilate o controllate. Dato che l'analisi si rivolge all'intervallo trimestrale da gennaio a marzo 2026, per eliminare i dati di produzione relativi all'anno 2025, sono stati incrociati i registri di inventario di dicembre 2025, le schede di controllo qualità, le schede di stampaggio e il visualizzatore degli Ordini Di Lavorazione.

Per ovviare all'assenza del codice del cartellino sul registro delle vendite, è stato fatto un tracciamento indiretto del cartellino, attraverso le quantità ordinate, prodotte e spedite, per mezzo dell'incrocio dei codici cliente e della denominazione degli articoli.

Tale attività di confronto tra i vari registri delle singole fasi aziendali, ha permesso il completamento della tabella relativa ai tassi di scarto per l'intero mix produttivo.

Infine, è stata elaborata la scheda della percentuale di scarto, ottenuta dall'analisi trimestrale da gennaio a marzo 2026. Quest'ultima è stata confrontata con la scheda di percentuale di scarto storica, così da verificare l'attendibilità dei dati. Infatti, per alcuni articoli la percentuale di scarto risulta più alta rispetto ai dati storici, questa situazione può dipendere dalla presenza di errori sistematici all'interno dello stampaggio, soprattutto quando si ha a che fare con stampi vecchi. In presenza di questo fenomeno anomalo, è stata fatta una media o non si è considerata la percentuale di scarto ottenuta nel nuovo registro.

Nella maggior parte dei casi, le percentuali di scarto sono state molto simili tra loro.

Un'altra importante considerazione è stata l'eliminazione dalla lista di tutti quegli articoli che non si producono più.

Questo aggiornamento della percentuale di scarto fornisce un quadro completo di quella che è la condizione degli scarti nella produzione delle suole in EVA e di quanto impattano sui costi. La presenza di scarti si traduce in incremento dei volumi di extra-produzione e perdita di risorse energetiche e marginalità, a causa dell'incontrollabilità termochimica del materiale.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha permesso di analizzare e comprendere a fondo il funzionamento di una realtà manifatturiera come Dami S.r.l., concentrandosi sulla produzione delle suole in EVA.

L'obiettivo principale della ricerca è stato l'individuazione del legame tra l'efficienza produttiva e l'ottimizzazione dei costi industriali, in un contesto caratterizzato dalla complessità termochimica del materiale e dalle elevate esigenze del mercato di appartenenza.

L'esperienza sul campo ha permesso di osservare come i criteri di efficienza vengano costantemente messi in relazione con la variabilità del materiale, ai fini della buona uscita del prodotto finale.

Attraverso il monitoraggio diretto a bordo macchina, è stata applicata la metodologia MTM per analizzare i tempi tecnici e i metodi operativi.

L'affiancamento ai responsabili di reparto e al personale operativo è stato essenziale per integrare la visione gestionale e la competenza manuale.

Inoltre, l'osservazione nei reparti di pianificazione, 3D ed E-TPU, ha permesso di arricchire la visione dei processi, attuando anche un confronto tra tecnologie e materiali differenti.

Dai monitoraggi e dall'analisi tecnica effettuata, sono emersi tre importanti considerazioni che influenzano la redditività del reparto EVA:

1. l'impatto del fattore umano e tecnologico: evidenziando uno scostamento di circa 100 secondi tra il tempo macchina ideale (790 secondi) e quello reale (918 secondi). Tale dato conferma che le attività manuali siano delle variabili determinanti per il mantenimento del ritmo produttivo;
2. la saturazione del centro di lavoro e le inefficienze dei numeri periferici: sebbene la saturazione media si aggiri attorno all'89%, la gestione delle taglie periferiche rappresenta il punto critico del flusso produttivo, dimostrando una perdita di capacità reale del 34% e suggerendo, sui lotti asimmetrici, la duplicazione degli stampi per saturare la capacità dell'impianto;
3. la gestione delle non conformità: si basa sull'identificazione degli scarti come il filo di congiunzione, dal punto di vista critico, tra l'efficienza e i costi. Con una

percentuale di scarto media in produzione dell'11%, e del 6% in fase di controllo qualità, si è evidenziato l'impatto negativo delle difettosità sull'intero flusso organizzativo aziendale.

Lo studio suggerisce un'ottimizzazione del layout aziendale, attraverso il riavvicinamento della fase di controllo qualità al reparto produttivo. Tale intervento permetterebbe la rilevazione immediata delle non conformità, evitando la riapertura postuma degli ordini di lavorazione, per il completamento dei volumi richiesti e migliorando il livello di servizio al cliente.

I suggerimenti emersi per gli sviluppi aziendali futuri della ricerca riguardano la possibilità di estendere questa stessa analisi, effettuata nel reparto EVA, anche agli altri reparti produttivi, come il reparto del TR, del TPU, del E-TPU e del 3D. Questo ampliamento consentirebbe di mappare le criticità specifiche di ogni materiale e di standardizzare i flussi informativi per tutta la produzione, basandosi sullo studio dei Tempi e Metodi, dell'efficienza produttiva e del controllo dei costi.

In conclusione, nonostante i limiti fisici del materiale, l'azienda adotta i modelli come *Zero defect manufacturing* e l'approccio PDCA, che consentono di mantenere l'elevata competitività richiesta dai grandi marchi.

La capacità di coniugazione tra l'analisi dei dati con l'innovazione tecnologica e la sostenibilità, riesce a garantire l'eccellenza manifatturiera nel tempo.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- https://dami.it/wp-content/uploads/2025/10/BILANCIO-DI-SOSTENIBILIT_-2024_def_compressed.pdf?_gl=1*wrhr17*_up*MQ..*_ga*MTAzMDIzNzcyOS4xNzc3OTcxMDY1*_ga_R9B31Q94E7*czE3Nzc5NzEwNjUkbzEkZzEkdDE3Nzc5NzE1NTEkajUzJGwwJGgw
- <https://dami.it/certificazioni/>
- <https://www.societabenefit.net/>
- <https://www.bureauveritas.it/needs/verifica-iso-14067-carbon-footprint-di-prodotto>
- <https://www.bureauveritas.it/needs/certificazione-iso-14064-1>
- <https://topaziende.quotidiano.net/marche/fermo/fatturato-da-mi-srl/>
- <https://www.bureauveritas.it/needs/certificazione-iso-9001>
- Stefano Berdini, 2026, Il Sistema Qualità [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Stefano Berdini, OEE [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Alessio Vita, 2025, Introduzione al corso di programmazione e controllo della produzione [PDF]
- Alessio Vita, 2025, Gestione delle scorte [PDF]
- Alessio Vita, 2025, Gestione della domanda [PDF]
- Alessio Vita, 2025, Pianificazione MPS [PDF]
- Alessio Vita, 2025, Programmazione dei fabbisogni di materiali (MRP) [PDF]
- Alessio Vita, 2025, Controllo delle attività produttive [PDF]
- Alessio Vita, 2025, Pianificazione della capacità produttiva [PDF]
- Sara Antomarioni, 2024, Introduzione e classificazione [PDF]
- Sara Casaccia, 2025, Concetto di Qualità [PDF]
- Dami s.r.l., Procedura Pianificare la progettazione [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2023, Procedura Realizzare i nuovi prodotti [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2022, Procedura Progettare la collezione [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2022, Procedura Gestire i dati tecnici [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2022, Procedura Industrializzare il prodotto [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.

- Dami s.r.l., 2024, Procedura Caricare ordini cliente campione [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2025, Procedura Caricare ordini cliente per produzione [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2022, Procedura Pianificare le consegne [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2023, Procedura Gestire le spedizioni [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2025, Procedura Catalogazione, ricerca, omologazione e valutazione fornitori [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2023, Procedura Gestione ordini di approvvigionamento [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2022, Procedura Gestione ricevimento merce [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2023, Procedura Gestione movimentazione di magazzino [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2023, Procedura Programmare e lanciare la produzione [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2025, Procedura Produrre internamente e in conto lavoro [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- Dami s.r.l., 2022, Procedura Controllare l'avanzamento della produzione [PDF], applicato al caso Dami s.r.l.
- MAIN GROUP TECHNOLOGIES S.R.L., 2015, Manuale di istruzioni, uso e manutenzione, applicato al caso Dami s.r.l. per il macchinario E266 UP
- <https://cellinistampi.com/stampi/>
- <https://cellinistampi.com/lavorazioni-meccaniche/>
- Fainplast s.r.l., 2026, CORSO FORMAZIONE EVATECH [PDF]
- Marco Minati, 2012 TEMPI E METODI, L'analisi e la misura del lavoro per sistemi produttivi tradizionali e snelli
- <https://my.liuc.it/MatSup/2018/N13306/TEMPI%20E%20METODI%20I.pdf>
- <https://www.mecmatica.it/guide/costi-di-produzione/>
- Andrea Sianesi, 2013, La gestione del sistema di produzione; pianificazione, programmazione, controllo, misura e miglioramento

- H. B. Maynard, G. J. Stegemerten, J. L. Schwab, 1955, LO STUDIO DEI METODI DI LAVORAZIONE E LA DETERMINAZIONE DEI TEMPI, procedimento M.T.M.
- William F. Smith, Javad Hashemi, Francisco Presuel-Moreno, 2021, Scienza e tecnologia dei materiali, V edizione, Edizione italiana a cura di Silvia Farè e Maria Cristina Tanzi
- <https://www.conaf.it/sites/default/files/ATTI%20CORSO%20GESTIONE.pdf#page=15>
- <https://www.bprgroup.it/blog/tempi-e-metodi-unanalisi-fondamentale-per-ottimizzare-i-costi/>
- Figura 8: https://dami.it/area-riservata/?_gl=1*1klnc3*_up*MQ..*_ga*NDczMjA5OTk5LjE3ODAwNzk2MjY.*_ga_R9B31Q94E7*czE3ODAwNzk2MjUkbzEkZzEkdDE3ODAwNzk2MzAkajU1JGwwJGgw