POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

In Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi di un processo di gestione della manutenzione in ambito industriale. Il caso Dayco Europe Srl

Relatrice
Prof.ssa Ing. Anna Corinna Cagliano

Co-Relatore Aziendale
Dott. Gianluca Rossetto

Candidato
Vincenzo Viscuso

Aprile 2021

Ringraziamenti

La stesura di questo elaborato è l'atto finale del mio percorso di studi. Mi sento in dovere di dedicare questa pagina del presente elaborato alle persone che mi hanno supportato nella redazione dello stesso. In primis, un ringraziamento speciale alla mia relatrice Anna Corinna Cagliano, per la sua immensa pazienza, per i suoi indispensabili consigli, per le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di stesura dell'elaborato.

Un ringraziamento particolare al mio tutor aziendale durante il mio percorso di stage e di tesi presso Dayco Gianluca Rossetto. Grazie anche a Fabio, Jennifer, Sergio e Sabina, con cui ho condiviso ogni giorno della mia esperienza in azienda, per avermi insegnato tutti i segreti della Produzione. Grazie a Devid, all'Ing. Marchetto e a tutti i ragazzi della Manutenzione per avermi consigliato continuamente e fornito il materiale tecnico necessario.

Ringrazio i miei amici di sempre e i miei due colleghi Erica e Francesco compagni di studio e di mille battaglie.

Infine, il ringraziamento più grande va ai miei genitori e a mia sorella perché sono stati sempre il mio punto di riferimento ed il mio sostegno morale, ma soprattutto economico. Grazie per tutto quello che avete fatto per me. Senza di voi non ce l'avrei mai fatta e ve ne sarò grato per sempre.

Indice

Introduzione 1
CAPITOLO 1 – La Manutenzione Industriale 3
1.1 Definizioni e storia della manutenzione 3
1.2 Le perdite della Manutenzione e logiche *Lean* 4
1.3 Le strategie di manutenzione 7
1.3.1 Manutenzione Preventiva 8
1.3.2 Manutenzione Correttiva o a Guasto 11
1.4 I KPI della Manutenzione 12
1.4.1 Mean Time To Repair (MTTR) 12
1.4.2 Mean Time Between Failure (MTBF) 13
CAPITOLO 2 - Dayco Corporate 15
2.1 L'azienda 15
2.2 Cenni storici 15
2.3 Mission 16
2.4 Prodotti 16
2.5 Sedi 20
2.6 Dayco in Italia 22
2.7 Lo stabilimento di San Bernardo di Ivrea 22
CAPITOLO 3 - La Manutenzione in Dayco 24
3.1 Risorse della Manutenzione 24
3.2 Magazzino ricambi 26
3.3 Manutenzione preventiva in Dayco 27
3.4 Interventi di manutenzione straordinaria 28
3.5 Riunione giornaliera di stabilimento 31
3.6 Coinvolgimento dei fornitori 33
3.7 Criticità riscontrate 33
3.7.1 Criticità 1 - Magazzino ricambi 34
3.7.2 Criticità 2 - Competenze dei manutentori 37
3.7.3 Criticità 3 - Procedura di acquisto 37
3.7.4 Criticità 4 - Informazioni incomplete 39
CAPITOLO 4 – Analisi dei dati e proposte migliorative 41
4.1 Descrizione del database di partenza 42
4.2 Classificazione degli interventi in base al contenuto informativo delle note 42
4.3 Creazione di un nuovo database sulla base della classificazione degli interventi 43

4.4 Analisi dei dati 45
4.4.1 Modalità di calcolo degli indicatori *Lost Sales* (LS) e *Number Impact* (NI) 46
4.4.2 Selezione delle stazioni critiche 47
4.4.3 Analisi dettagliata delle stazioni più critiche 48
4.5 Elaborazione di proposte migliorative sulla base delle analisi delle anomalie 50
4.5.1 Inserimento di una nuova risorsa 51
4.5.5 Elaborazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva 52
CAPITOLO 5 - Applicazione della procedura ad una linea dello stabilimento di San Bernardo 57
5.1 Classificazione degli interventi in base al contenuto informativo delle note 57
5.2 Creazione del database sulla base della classificazione degli interventi 58
5.3 Analisi dei dati relativi alla linea 37 60
5.3.1 Valutazione degli indicatori e selezione delle stazioni critiche 60
5.3.2 Analisi dettagliata delle stazioni più critiche della linea 37 62
5.4 Elaborazione di proposte migliorative per la linea 37 71
5.4.1 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 10 71
5.4.2 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 13 88
5.4.3 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 3 98
5.4.4 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 6 101
5.4.5 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 7 109
5.5 Valutazione finale dell'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team 113
5.6 Implementazione di un piano di manutenzione preventiva comune alle stazioni critiche 115
5.8 Analisi dei risultati 118
CAPITOLO 6 – Proposte attuabili nel lungo periodo 121
6.1 Miglioramento dell'inserimento delle informazioni relative ad un intervento di manutenzione 121
6.1.1 Informazioni che il nuovo sistema dovrà registrare 122
6.1.2 Modalità di inserimento delle informazioni mancanti 124
6.3 Monitoraggio e miglioramento delle competenze degli operatori 129
6.3.1 Percentuale di interventi eseguiti con successo per operatore 130
6.3.2 Durata media di un intervento effettuato da ciascun operatore 131
6.3.3 Gestione degli indicatori proposti 131
6.4 Miglioramento della tracciabilità degli articoli del magazzino ricambi 133
6.5 Implementazione di un contratto di *Consignment Stock* 134
6.6 Valutazione complessiva delle proposte 137
CAPITOLO 7 – Conclusioni 139
7.1 Risultati ottenuti 139

Riferimenti Bibliografici 143
Sitografia 143
Appendice 144

Introduzione

Il presente lavoro di tesi è stato realizzato durante l'attività di tirocinio curricolare e successivamente di tesi in azienda presso lo stabilimento di Dayco sito in San Bernardo d'Ivrea (TO), grazie alla collaborazione dello staff di Produzione. La causa principale delle interruzioni delle attività produttive è la manifestazione di guasti presso le linee dei reparti. La Manutenzione è la funzione aziendale che svolge il compito di mantenere attivi gli impianti per il maggior tempo possibile, cercando di minimizzare le fermate determinate dai guasti.

Obiettivo di questo lavoro di tesi è dimostrare come una attenta gestione dell'apparato manutentivo di uno stabilimento possa portare all'eliminazione di inefficienze e a godere di diversi benefici economici. Dunque, il lavoro di tesi è nato con lo scopo di proporre un miglioramento dei processi operativi e dell'organizzazione di alcune procedure connesse con la manutenzione industriale dello stabilimento di Dayco di San Bernardo, al fine di minimizzare gli sprechi.

Le soluzioni suggerite consistono in proposte di procedure per l'analisi delle anomalie registrate dal sistema informativo, miglioramento delle attrezzature e del piano di manutenzione preventiva di una linea e infine, nella modifica di alcune pratiche sia logistiche sia operative.

La presente tesi è strutturata nel modo seguente:

Nel primo capitolo verranno identificate e classificate le principali strategie manutentive che oggi trovano applicazione in ambito industriale. Grazie al supporto di alcuni autorevoli riferimenti di settore, sarà delineata una panoramica delle strategie manutentive, volta a comprendere quale degli approcci esaminati possa risultare più efficace se applicato ad una moderna realtà produttiva.

Nel secondo capitolo verrà descritta l'azienda Dayco Europe Srl, presso la quale è stata svolta l'attività di tesi in azienda, con approfondimento sullo stabilimento di San Bernardo d'Ivrea, poiché rappresenta il *plant* in cui è stato sviluppato l'elaborato.

Nel terzo capitolo vengono descritte le criticità riscontrate nel sistema manutentivo dello stabilimento, grazie alla collaborazione di due capireparto che hanno messo a disposizione la loro esperienza.

Il quarto capitolo rappresenta la parte centrale del lavoro di tesi. Verranno proposti un metodo per la gestione delle informazioni relative ai guasti e uno per l'analisi dei dati.

Nel quinto capitolo saranno applicate tutte le procedure presentate al capitolo precedente ad un caso reale, ovvero verrà esaminata una linea produttiva tra le più rappresentative, in termini di volumi produttivi, dello stabilimento. Nei paragrafi finali del capitolo, sulle basi di queste analisi, saranno proposte delle soluzioni migliorative che consentano di ridurre i fermi della linea, come ad esempio l'investimento in ammodernamento tecnologico della strumentazione. Le soluzioni proposte

porteranno, in un orizzonte temporale scelto pari a due anni, ad un risparmio complessivo, in riferimento ad una linea di produzione, stimato di 76.998 €.

Il sesto capitolo presenterà alcune proposte che miglioreranno le prestazioni del servizio di manutenzione dell'intero stabilimento, ma che avranno tempi di implementazione significativi e porteranno a benefici economici osservabili nel lungo periodo.

Infine, il Capitolo 7 riassume i risultati ottenuti dal lavoro di tesi e offre spunti futuri perseguibili al fine di migliorare ulteriormente il servizio manutentivo dello stabilimento di San Bernardo d'Ivrea.

CAPITOLO 1 – La Manutenzione Industriale

In questo capitolo verrà descritta la Manutenzione Industriale, partendo dalla sua storia fino all'esposizione delle definizioni che nel tempo si sono susseguite. Successivamente verrà fornita la definizione di guasto e saranno descritti gli impatti di questi ultimi in termini di tempi e costi. Inoltre, saranno presentati gli indicatori di performance principalmente utilizzati per il monitoraggio delle prestazioni del servizio manutentivo di uno stabilimento. Infine, verranno descritte tutte le politiche di manutenzione riscontrate nei sistemi industriali, cercando di evidenziare quali sono per ognuna di esse i punti di forza e di debolezza.

1.1 Definizioni e storia della manutenzione

Nel corso della storia, diversi fattori hanno portato alla realizzazione di impianti industriali sempre più complessi soprattutto in termini tecnologici. Per verificare ciò, basta far visita a qualsiasi stabilimento industriale e si può subito osservare macchinari o sistemi di movimentazione sempre più all'avanguardia. Dietro tutto questo c'è lo studio e l'ingegno dell'uomo, che per far fronte a evoluzione tecnica, vincoli economici ed efficienza, ha dovuto sviluppare procedure e metodi per la risoluzione di problemi che si verificano quotidianamente nel contesto industriale. In un periodo storico in cui per mantenere la competitività tutte le attività legate alla produzione devono risultare parsimoniose, anche il funzionamento delle macchine deve essere continuo ed efficacie. Garantire il funzionamento degli impianti 24 ore su 24 è compito di una funzione aziendale apposita, ovvero della Manutenzione.

In primo luogo, la Manutenzione deve garantire che tutte le apparecchiature di uno stabilimento industriale siano riparate, sostituite, adattate e modificate conformemente ai requisiti di produzione. In secondo luogo, la Manutenzione viene definita come la combinazione di tutte le misure tecniche e gestionali durante il ciclo di vita di un elemento, per mantenerlo o ripristinarlo nello stato in cui un può svolgere una funzione richiesta. In pratica, si può dire che questa funzione aziendale è l'insieme di attività tecniche e manageriali che consentono di mantenere o ripristinare lo stato delle attrezzature di un'azienda riparando, sostituendo, modificando in base ai requisiti richiesti [1].

Il concetto di manutenzione è cambiato molto rispetto al passato:

1. Il lavoro di manutenzione, in passato prevalentemente legato al singolo evento (guasto), si trasforma in lavoro programmabile. La manutenzione è oggi chiamata a programmare, coordinare e controllare le sue attività in modo che il lavoro svolto da tutta l'impresa sia tecnicamente più completo ed economicamente più vantaggioso.

2. La funzione manutenzione, spesso considerata attività di supporto alla produzione, si trasforma in un'unità responsabile che si integra perfettamente alle altre funzioni aziendali. Questa trasformazione ha portato anche allo sviluppo delle competenze gestionali e organizzative della manutenzione.
3. La formazione del personale assume un ruolo importante nel creare una mentalità adatta ad accettare le nuove procedure organizzative e a renderle operativamente efficaci.
4. La sicurezza e la salute del lavoratore diventano punto di partenza per lo sviluppo delle strategie di manutenzione.

Quindi, si è passati nel tempo da una Manutenzione che agisce con interventi correttivi ad una che studia e analizza i guasti per elaborare strategie preventive al fine di ottenere miglioramenti delle prestazioni complessive dei sistemi produttivi.

Oggi, affinché una funzione di Manutenzione possa definirsi efficacie, deve operare in un certo modo. In primo luogo, deve minimizzare i fermi macchina per guasto e se è possibile cercare di evitare che questi si verifichino. In secondo luogo, gli interventi devono essere volti alla minimizzazione dei costi derivanti dalla possibile rottura o dalla riparazione delle risorse tecniche destinate alla produzione.

Infine, deve investire tempo e denaro nella formazione del personale di produzione per quanto riguarda la correttezza e la sicurezza nell'utilizzo dei macchinari e responsabilizzarlo nei confronti della gestione iniziale delle anomalie e dei guasti agli impianti.

Operare in questo modo, si consente di mantenere strutture e macchine in grado di funzionare nelle condizioni definite in fase di progettazione e di limitarne il decadimento delle prestazioni.

1.2 Le perdite della Manutenzione e logiche *Lean*

Come tutte le funzioni aziendali, anche la Manutenzione presenta dei costi. L'obiettivo del management di ogni azienda è di garantire la disponibilità degli impianti cercando di minimizzare il costo globale di manutenzione. Per ottenere un'adeguata affidabilità delle macchine e qualità dei prodotti realizzati sono necessari metodi adeguati di gestione delle imprese e di produzione. Questi metodi consentono il coordinamento e l'integrazione di tutte le funzioni aziendali. Uno degli elementi che consente di ottenere l'alta qualità di un prodotto è il mantenimento delle macchine tecnologiche presenti negli stabilimenti industriali. L'idoneità e le condizioni tecniche di un macchinario determinano in gran parte la qualità e la competitività di un prodotto. La gestione della manutenzione è un problema critico tra le attività di gestione delle organizzazioni manifatturiere. Pertanto, negli ultimi anni, sono stati fatti sforzi intensi per proporre e migliorare le strategie di manutenzione che mirano ad estendere la vita utile di ogni componente delle attrezzature esistenti, aumentare la sua disponibilità e garantire livelli più elevati di affidabilità. Negli ultimi decenni, la manutenzione è stata

considerata un male necessario nella gestione di un'organizzazione, poiché si limitava al ripristino di anomalie casuali (straordinarie). Tuttavia, questo modo di operare non è più accettabile, in quanto il ruolo della manutenzione è stato riconosciuto come un elemento strategico per generare entrate per le industrie. Ecco perché alcune realtà industriali hanno iniziato a implementare metodi e strumenti *lean* nell'area della manutenzione, definiti appunto come *manutenzione snella*. La manutenzione snella è una strategia proattiva il cui obiettivo principale è quello di supportare l'affidabilità cercando di minimizzare i costi garantendo al tempo stesso elevata efficienza e produttività. Questa filosofia si basa principalmente sul concetto di *Total Production Maintenance* (TPM), la cui idea è quella di coinvolgere tutti i dipendenti ad ogni livello dell'organizzazione nelle attività di manutenzione e gestione. Questo insieme di *best practices* offre le possibilità di utilizzare sistemi intelligenti per supportare i processi decisionali nell'attuazione del concetto di manutenzione snella.

L'industria globale nel XXI secolo motiva le aziende a cercare e implementare una maggiore competitività dei sistemi di produzione. Per questo motivo, molti produttori hanno deciso di implementare la produzione snella (*Lean Manufacturing*). La filosofia di Lean Manufacturing è utilizzata principalmente nell'industria per aumentare l'efficienza e la produttività. È stata sviluppata negli anni '90 ed è basato principalmente sul sistema di produzione *Toyota Production System* (TPS). La base di questo concetto è l'eliminazione di perdite inutili che hanno un impatto significativo sulla produttività e sul profitto. Queste perdite possono essere suddivise in tre tipi principali: Muda, Mura e Muri.

Il *Muda* identifica sette tipi di rifiuti, che comprendono trasporto, forniture, movimento ridondante, attesa, sovrapproduzione, sovra lavorazione e difetti in termini di qualità.

Mura significa irregolarità e non uniformità, ed è la ragione per l'esistenza di uno qualsiasi dei sette sprechi.

Infine, *Muri* significa sovraccaricare e può derivare da Mura e, in alcuni casi, può essere causato da eccessiva rimozione di Muda dal processo [2].

La produzione basata sulla filosofia della produzione snella dovrebbe consistere nel ridurre la quantità di perdite relative alle persone, all'inventario, al *time to market* e allo spazio di produzione, in modo da ottenere una domanda altamente reattiva per le esigenze dei clienti, producendo al contempo un elevato numero di prodotti di qualità nel modo più efficiente e conveniente. La Lean Manufacturing può essere un meccanismo di riduzione dei costi e, e soprattutto, può essere utilizzata in tutti i settori. Molte organizzazioni hanno intrapreso la pratica di utilizzare "strumenti magri" principalmente per eliminare la produzione sprecata. È ampiamente riconosciuto che le organizzazioni che hanno applicato metodi di produzione snelli presentano notevoli vantaggi in termini di costi e qualità rispetto a quelle che continuano ad utilizzare la produzione tradizionale. Le imprese prestano sempre più

attenzione alla manutenzione, motivo per cui alcune organizzazioni hanno iniziato a praticare la manutenzione lean in aggiunta alla produzione snella.

La manutenzione snella è un concetto che implementa attività volte ad aumentare l'efficienza delle infrastrutture tecniche. Queste attività sono legate all'eliminazione delle perdite in manutenzione, quali:

- Operazioni improduttive nell'esecuzione di interventi che non aumentano l'affidabilità della infrastruttura tecnica.
- Movimentazione inutili sia per quanto riguarda la ricerca di componenti presso i fornitori, sia per la ricerca di ricambi all'interno dei magazzini di uno stabilimento.
- Scarsa gestione delle scorte o mancanza di ricambi.
- Interventi ripetuti a causa della scarsa qualità delle prestazioni degli impianti.
- Utilizzo non ottimale delle risorse umane.
- Utilizzo improprio della macchina che comporta guasti.
- Raccolta di informazioni non ottimale.

La riduzione degli sprechi della manutenzione viene spesso perseguita attraverso l'implementazione di strumenti lean come 5S, standardizzazione delle operazioni, Kaizen, Poka-Yoke e *Value Stream Mapping* (VSM). Sono più comunemente utilizzati per ridurre i tempi di consegna o il costo di produzione, ma possono anche essere applicati per le operazioni di manutenzione. Esempi di applicazione di metodologie lean nella manutenzione possono essere l'ideazione di procedure standard per il ripristino di anomalie, o l'utilizzo della VSM per identificare ed eliminare le perdite [3].

Le aziende che si servono di tecniche di manutenzione lean per ridurre gli sprechi riescono ad ottenere un miglioramento di alcuni indicatori di performance.

Ad esempio, nella produzione esistono casi in cui l'implementazione di una manutenzione snella tessile ha portato ad una riduzione dei tempi di fermo del 26% e ad un aumento della disponibilità delle macchine dell'1,7%. In altri scenari, l'impatto positivo è dimostrato anche da un migliore indicatore dell'*Overall Equipment Effectiveness* (OEE,) che è aumentato del 5%-7%, grazie alla riduzione dei tempi di fermo. Allo stesso tempo, i benefici dell'implementazione di procedure lean sono riscontrati nell'un aumento dei volumi di produzione realizzabili (di circa il 31%), nella riduzione del 30% dei fermi macchina, nel raggiungimento di un'efficienza operativa media del 67,1%, e nell'aumento della disponibilità di attrezzature fino al 78,9%. Inoltre, il maggiore vantaggio degli indicatori di prestazione operativa si traduce in un miglioramento dell'OEE, che in alcuni scenari potrebbe essere aumentato dal 45,36% al 60,38% e che ha raggiunto una media del 51,5% [4].

1.3 Le strategie di manutenzione

Per aumentare la disponibilità degli impianti e minimizzare i costi di manutenzione, è fondamentale definire razionalmente gli approcci di manutenzione più appropriati a seconda del contesto. Il primo passo è quello delineare le strategie manutentive da adottare in base al sistema in considerazione. In particolare, si tratta di definire:

- Se attendere la comparsa di un guasto per provvedere al ripristino delle funzionalità originali di un determinato impianto.
- Se è opportuno prevenire i guasti effettuando interventi preventivi di manutenzione.
- Se è opportuno monitorare le condizioni degli impianti attraverso strumenti, anche sofisticati e costosi, per intervenire quando si verifica la variazione di un determinato parametro di controllo rispetto alle normali condizioni di funzionamento.
- Per quali elementi e attività di manutenzione è necessario investire tempo e denaro in soluzioni di miglioramento della situazione esistente.

Dunque, implementare la giusta politica di manutenzione, significa definire in anticipo le modalità di svolgimento delle attività di manutenzione. In questo modo la reattività ai guasti non è più casuale, ma figlia di scelte basate sulla conoscenza approfondita degli impianti, dall'analisi dei guasti, dalla valutazione dei KPI e dalla determinazione del rapporto costo-beneficio che un'ipotetica azione comporta.

Le diverse politiche di manutenzione comunemente adottate a livello industriale e applicate alle diverse tipologie di componenti, consentono di costruire un programma di manutenzione ottimale per ciascun impianto soggetto a manutenzione. Le politiche comunemente adottate possono essere classificate in base alla pianificazione delle attività.

La manutenzione programmata è un approccio proattivo, in cui le attività vengono pianificate delle molto prima della manifestazione di un guasto. Un esempio di strategia di manutenzione non pianificata può essere quella correttiva (o a guasto), che viene definita reattiva in quanto l'azione dei manutentori viene richiesta in seguito a guasto.[5]

Di solito, quando i margini di profitto sono elevati, la manutenzione correttiva è considerata una strategia praticabile. Poiché l'attività di manutenzione è di tipo reattivo, può causare gravi danni alle attrezzature, alle risorse, al personale interessato e all'ambiente. La maggior parte delle attività di manutenzione programmate sono di natura proattiva, ma la mancanza di dati e la scarsa qualità dell'informazione in alcuni casi ne limitano l'utilizzo.

In generale, le strategie di manutenzione più utilizzate negli stabilimenti produttivi sono le seguenti:

- *Manutenzione preventiva*. Viene utilizzata per minimizzare guasti improvvisi e frequenti del sistema eseguendo pulizia del sistema, revisione, riparazione, sostituzione e lubrificazione di varie parti degli impianti ad intervalli regolari. Minimizza il rischio di guasto improvviso del sistema e aiuta a mantenere la disponibilità del sistema per un lungo periodo di tempo.
- *Manutenzione correttiva*. Questa politica viene definita anche come manutenzione "antincendio", manutenzione reattiva e manutenzione guasti. Gli interventi vengono eseguiti solo in seguito al guasto e sono volti a riportare il sistema nelle sue condizioni operative.
- *Manutenzione basata sulle condizioni*. Secondo questa strategia, la decisione sull'esecuzione di interventi di manutenzione viene presa sulla base di dati rilevati grazie all'utilizzo di sensori che monitora determinate condizioni del sistema (come ad esempio la temperatura). Questa strategia di manutenzione è spesso progettata per macchine rotanti, come ad esempio turbine, pompe centrifughe e compressori. Tuttavia, senza un buon sistema di raccolta delle informazioni, la manutenzione basata sulle condizioni perde di efficacia.
- *Manutenzione centrata sull'affidabilità* (RCM). È un metodo strutturato per la revisione e il miglioramento di un piano di manutenzione delle risorse, in cui l'obiettivo è quello di concentrarsi sulla manutenzione delle apparecchiature critiche. Il processo RCM fornisce informazioni a tutte le parti coinvolte e può ridurre i costi di manutenzione. Tuttavia, affinché RCM abbia successo, è necessario investire molte ore-uomo. I progetti RCM tipici richiedono da 2 a 3 anni.

In seguito, saranno presentate le strategie di manutenzione preventiva e correttiva, evidenziandone le principali caratteristiche, come la tipologia di elemento per il quale ciascuna è più adatta, i punti di forza e di debolezza legati alla loro adozione e le esigenze in termini di risorse umane.

1.3.1 Manutenzione Preventiva

Una strategia di manutenzione preventiva prevede l'esecuzione di interventi manutentivi ad intervalli predeterminati, al fine di ridurre la probabilità di guasto e dunque prevenirne la manifestazione. Si tratta della strategia di manutenzione pianificata più diffusa e la sua efficacia risulta tangibile se gli interventi seguono criteri volti a rilevare segni di usura o malfunzionamento dei macchinari.

Tuttavia, questo approccio garantisce una migliore gestione dei magazzini ricambi in quanto l'ordine del componente può essere fatto sulla base del piano di manutenzione garantendo la disponibilità delle parti quando necessarie.

Anche l'organizzazione del lavoro trae benefici dalla programmazione, poiché gli operatori vengono allocati negli impegni ottimizzando la distribuzione nel tempo. Questo aspetto dipende anche dai vincoli imposti dal processo o dal tipo di produzione realizzati in azienda. Infatti, nel caso di lavorazione su tre

turni i tempi della manutenzione preventiva dovranno essere sottratti alla produzione. Al contrario, in realtà non operative h24 si potranno concentrare le azioni preventive nei momenti di fermata della produzione.

Una strategia di manutenzione preventiva presenta anche dei punti di debolezza. La manutenzione preventiva programmata può presentare costi piuttosto elevati in quanto, dovendo intervenire con largo anticipo per prevenire il guasto, se si sostituiscono componenti relativamente nuovi o si effettuano operazioni che potrebbero essere rimandate, oltre a non sfruttare a pieno le potenzialità della macchina, si corre il rischio di impiegare risorse economiche ed umane in attività non indispensabili, sottraendole a dove sarebbero necessarie. Inoltre, occorre tenere in conto che anche gli interventi dettati da un piano preventivo possono essere fonte essi stessi di guasto. Il costo aggiuntivo degli interventi programmati deve essere giustificato da una riduzione del costo complessivo di riparazione e dal miglioramento delle performance dell'attrezzatura oggetto di manutenzione preventiva. Infatti, se il costo di un intervento preventivo non supera quello di una riparazione a guasto, una strategia di questo genere non risulta conveniente. Invece, se la manifestazione di un guasto (casuale) può arrecare potenzialmente un grave danneggiamento dell'attrezzatura o elevati costi di riparazione, allora deve essere presa in considerazione l'applicazione di una strategia preventiva. Un altro aspetto da considerare nella valutazione dell'implementazione di un piano preventivo è la convenienza dell'azione sugli elementi da manutenere, sia dal punto di vista dei tempi di fermo potenzialmente generati da un guasto, sia dal punto di vista del costo dei componenti eventualmente sostituiti. Gli elementi per il quale la manifestazione di un'anomalia determina tempi di ripristino lunghi sono indicati per essere oggetto di manutenzione preventiva. Viceversa, per elementi non critici potrebbe risultare poco conveniente implementare un piano di manutenzione preventiva in quanto quest'ultimo potrebbe presentare dei costi abbondantemente superiori ad una normale strategia di sostituzione a guasto. Per questa ragione, è possibile incontrare realtà aziendali in cui non tutti gli elementi riescono ad essere manutenuti attraverso politiche di manutenzione preventiva. Pertanto, la strategia adottata dalle aziende è un ibrido tra una correttiva ed una preventiva.

Un approccio molto efficace può essere la programmazione di shutdown periodici, ovvero dei fermi programmati che coinvolgono intere linee di produzione, al fine di effettuare la revisione completa di tutta l'attrezzatura. Tuttavia, si tratta di una strategia non in linea con le esigenze produttive, in quanto soluzioni di questo tipo implicano tempi di fermo elevati, e quindi i tempi della manutenzione preventiva dovranno essere sottratti alla produzione. Per ovviare a questo problema, è possibile sfruttare i guasti accidentali per realizzare importanti ispezioni e sostituzioni che necessitano il fermo degli impianti.

La programmazione degli interventi preventivi è realizzabile a patto che vengano rispettate le seguenti condizioni:

1. Esiste un momento della vita del componente nel quale si verifica un aumento significativo della probabilità di guasto causata da segni di usura.
2. Solo una minima parte dei componenti, nessuno di quelli che in caso di anomalia potrebbero avere conseguenze per la sicurezza o per l'ambiente, è soggetta a guasto prima del momento dell'intervento.
3. L'intervento deve ripristinare le originarie condizioni di affidabilità del componente o addirittura migliorarle attraverso aggiornamenti della strumentazione.
4. Il sistema di raccolta dati relativo ai guasti occorsi consente l'elaborazione di opportune statistiche che, abbinate alle indicazioni dei costruttori, permettono di determinare i più opportuni intervalli di intervento preventivo.
5. Il sistema informativo utilizzato per la programmazione e gestione delle attività di manutenzione deve interfacciarsi con quello utilizzato per la pianificazione della produzione. Molte aziende utilizzano un unico software gestionale che consente la pianificazione sia della produzione che della manutenzione.
6. La comunicazione tra le varie funzioni aziendali, in particolare Manutenzione e Produzione, è fondamentale per organizzare i fermi degli impianti in modo da poter effettuare le attività di prevenzione.

Dunque, per riuscire ad implementare una strategia di manutenzione preventiva efficacie è necessario possedere un insieme di strumenti sia organizzativi che tecnologici. La valutazione dell'efficacia di un piano di manutenzione preventiva sarà effettuata considerando soprattutto i benefici economici generati. Se la quantità di denaro e risorse investita nella strategia porta ad un guadagno superiore rispetto all'investimento iniziale, allora il piano stilato è da considerarsi valido. Viceversa, se genera perdite, è auspicabile che la strategia scelta non sia quella giusta.

L'implementazione di piani di manutenzione preventiva efficaci possono generare notevoli risparmi finanziari per le imprese manifatturiere. Ad esempio, il costo di manutenzione nell'industria manifatturiera svedese è di circa il 22% del costo di produzione. Inoltre, uno studio ha rilevato (Alsyouf, 2007) che il 12,5% del budget di manutenzione annuale potrebbe essere risparmiato se tutte le fermate non pianificate fossero eliminate, un totale del 2,75% del costo di produzione potrebbe essere risparmiato qualora gli interventi preventivi sostituissero completamente quelli straordinari, e quindi non pianificati [5].

1.3.2 Manutenzione Correttiva o a Guasto

In passato il compito della manutenzione era di porre rimedio ai guasti dei macchinari al fine di allungare la loro vita utile. La prima concezione di politica manutentiva prevedeva dunque l'attesa della comparsa di un guasto e la successiva organizzazione tecnica dell'intervento al fine di ripristinare la funzionalità originale dell'impianto. Nella situazione odierna, la manutenzione correttiva rimane di grande attualità, poiché non è tecnicamente possibile annullare tutti i guasti di un sistema, ma solo ridurli o cercare di prevenirli agendo sistematicamente. Una politica di manutenzione a guasto prevede che la macchina venga mantenuta in esercizio fintanto che il manifestarsi del guasto o il progredire del degrado imponga al gestore dell'impianto il suo arresto. Quindi l'obiettivo principale della Manutenzione è di riparare la macchina nel minor tempo possibile. Una riparazione può richiedere tempo, a seconda da quanto emerge durante l'intervento. A volte un guasto può essere l'occasione per effettuare una revisione generale dell'impianto e, se è il caso, procedere alla sostituzione di componenti dell'elemento oggetto dell'intervento. Il risultato potrebbe essere anche un miglioramento delle prestazioni attraverso la sostituzione di alcune parti originali con elementi adattabili. Una strategia di manutenzione di questo tipo è caratterizzata da un costo contenuto in quanto si interviene solo quando strettamente necessario, a seguito del guasto. Richiede però azioni di prevenzione del rischio, soprattutto per quanto riguarda il magazzino ricambi, in quanto un guasto deve essere subito riparabile. In realtà industriali però, in cui sono presenti molte macchine, e quindi una grande varietà di componenti, è impensabile tenere tutti i ricambi in magazzino, in quanto è richiesto un ingente immobilizzo dei capitali. Per decidere cosa è opportuno avere a disposizione in magazzino, occorre svolgere delle attività come studio statistico dei dati storici riguardanti i prelievi per ogni componente. Una strategia correttiva risulta valida qualora le tipologie di guasto siano facilmente riparabili in un contesto produttivo in cui il fermo macchina non comporti pesanti interruzioni al flusso produttivo complessivo di uno stabilimento.

Inoltre, dal punto della gestione delle risorse umane, la manutenzione correttiva non risulta ottimale in quanto si lavora solo in caso di richieste, alternando quindi momenti di sovraccarico lavorativo a momenti di inattività. Considerando che non è consentito fornire lo stipendio ai manutentori, solo in base alle ore lavorative, tale situazione può essere parzialmente evitata adottando soluzioni organizzative volte ad allargare il compito assegnato ai manutentori addetti all'emergenza. Gli elementi su cui si può applicare questa politica, sono quelli non critici, a basso costo e che al manifestarsi del guasto non abbiano impatti sulla sicurezza per l'uomo o per l'ambiente.

Riepilogando, la Tabella 1 mostra i vantaggi e gli svantaggi relativi ad ogni politica di manutenzione precedentemente descritta.

	Punti di forza	Punti di debolezza
Correttiva	• Bassi costi • Bassa complessità organizzativa	• Guasto non previsto • Assenza di programmazione • Scorte ricambi alte
Preventiva	• Ottimizzazione delle risorse • Scorte ricambi basse • Riduzione dei tempi di fermo	• Programmazione di interventi non necessari • Interventi che possono essere causa di guasti

Tabella 1. *Elencazione dei punti di forza e di debolezza per ogni strategia di manutenzione presentata*

Chiaramente, non tutti i contesti industriali possono adottare interamente una delle due strategie presentate in Tabella 1, ma il risultato è molto spesso una strategia ibrida che include gli aspetti di ognuna delle due politiche. In aziende con un sistema di raccolta delle informazioni è molto efficacie la programmazione degli interventi sarà più agevolata. Viceversa, in contesti in cui l'asimmetria informativa è elevata, sarà vigente una strategia correttiva. Infine, l'adozione della più opportuna strategia dipende strettamente dai volumi produttivi di uno stabilimento. Più saranno alti e più sarà opportuno implementare una strategia di manutenzione reattiva in Tabella 1.

1.4 I KPI della Manutenzione

Affinché il servizio di manutenzione possa essere monitorato, analizzato e migliorato ogni azienda deve servirsi dei *Key Performance Indicators* (KPI). Un sistema di misurazione adeguato è fondamentale per ottimizzare le risorse e migliorare le prestazioni aziendali.

A seconda delle esigenze tecniche o organizzative, possono essere utilizzati diversi indicatori di manutenzione. Possono essere sia di tipo tecnico-operativo, e quindi legati a grandezze temporali, sia di tipo gestionale, cioè legati agli impatti in termini di costo. Un'azienda che vuole ottenere delle indicazioni utili dai propri KPI deve limitarsi alla misura e all'analisi di quelli che forniscono informazioni rilevanti. Di seguito sono presentati alcuni dei più comuni KPI tecnici di manutenzione.

1.4.1 Mean Time To Repair (MTTR)

L'MTTR, *acronimo di Mean Time To Repair*, rappresenta il valore atteso del tempo necessario per riportare al funzionamento una macchina ferma a causa di un guasto.

In pratica, l'MTTR indica la reattività dell'apparato manutentivo al guasto. Ovviamente, trattandosi di un tempo che genera inefficienza, deve risultare il più basso possibile.

L'MTTR, oltre che il puro tempo di riparazione tecnica, contiene al suo interno anche fattori non controllabili dalla Manutenzione, come ad esempio i ritardi della segnalazione di un guasto, oppure il tempo necessario nell'eventuale ricerca di un ricambio mancante.

La formula dell'indicatore è la seguente [6]:

$$MTTR = \frac{\sum tempi\ di\ fermo\ per\ guasti}{Numero\ di\ fermate\ imputabili\ a\ guasti}$$

Tuttavia, il calcolo del tempo di indisponibilità da imputare ad ogni guasto non è immediato. È necessaria una classificazione dei guasti legata all'effetto che questi hanno:

1. *Il guasto comporta l'arresto della produzione*. In questo caso il tempo di indisponibilità coincide con la differenza tra momento di risoluzione del guasto e relativo momento di manifestazione.
2. *Il guasto non comporta l'arresto della produzione, ma ne abbassa il rendimento dell'impianto*. In genere si calcola l'intervallo di *slow-down* (riduzione quantitativa) moltiplicando l'intervallo calcolato utilizzando il metodo del punto precedente con un opportuno coefficiente compreso tra 0 e 1. In questo modo si riesce ad associare una riduzione del rendimento ad un tempo equivalente.
3. *Il guasto non comporta un arresto della produzione, ma ne peggiora la qualità*. In questo caso si deve definire a monte, caso per caso, un coefficiente che trasformi il tempo di mancata produzione per inefficienze qualitative in un tempo equivalente di interruzione totale della produttività dell'impianto.
4. *Il guasto non comporta l'arresto della produzione, ma ne peggiora qualità e quantità.* In questo caso si possono combinare i coefficienti dei punti precedenti.

1.4.2 Mean Time Between Failure (MTBF)

L'MTBF, acronimo di *Mean Time Between Failure,* descrive il tempo operativo medio tra due guasti consecutivi. La formula per il calcolo raccomandata dalla Norma è la seguente [7]:

$$MTBF = \frac{Tempo\ di\ utilizzo\ dell'impianto}{Numero\ di\ fermate\ imputabili\ a\ guasti}$$

Dove il tempo di utilizzo dell'impianto è il tempo effettivo di funzionamento al netto di:

- tempo di mancato funzionamento per setup
- tempo di mancato funzionamento per mancanza ordini
- tempo di mancato funzionamento per mancanza materiali
- tempo di mancato funzionamento per guasti al macchinario
- tempo di mancato funzionamento per fermate programmate, come ad esempio lavaggi o manutenzioni.

Anche in questo caso è possibile chiamare in causa la statistica. L'MTBF può essere calcolato con la seguente formula:

$$MTBF = MTTF + MTTR$$

Dove MTTR è l'indicatore di cui si è parlato in precedenza, e MTTF è il *Mean Time To Failure*, ovvero il tempo che ci mette un determinato elemento a guastarsi. L'MTTF può essere quindi inteso

la durata della vita di un oggetto. Pertanto, è intuitivo che il tempo medio tra due guasti sia dato dalla somma tra tempo medio di ripristino e tempo medio in cui un elemento funziona correttamente. Anche l'MTTF si può calcolare statisticamente, ma spesso tenere traccia della durata di un componente può risultare difficile. È per questo motivo che spesso è il costruttore a fornire la durata di vita prevista.

CAPITOLO 2 - Dayco Corporate

In questo capitolo sarà descritta l'azienda Dayco Corporate, con la quale si è collaborato per sviluppare il lavoro di tesi. Lo stabilimento analizzato è quello sito in San Bernardo d'Ivrea, in provincia di Torino.

2.1 L'azienda

Dayco, acronimo di Dayton Corporate, è un'azienda americana leader mondiale nella ricerca, progettazione, produzione e distribuzione di sistemi di trazione a motore. Inoltre, la rete di distribuzione mondiale di Dayco serve l'industria dell'aftermarket, con un'offerta completa di kit e prodotti per soddisfare le esigenze di ogni mercato locale.

2.2 Cenni storici

L'azienda viene fondata il 17 maggio 1905 a Dayton, Ohio, con il nome di Dayton Rubber Manufacturing Company. La sede attuale è localizzata a Troy, Michigan, cuore pulsante dell'automotive americano.

La società, inizialmente nota come Dayco Corporate, ha cambiato il suo nome in Dayco Product LLC nel 1986.

Nel 1993 acquisisce dalla Pirelli la divisione Pirelli Trasmissioni Industriali Spa (PTI Spa), proprietaria, tra l'altro, del marchio Isoran. Questa acquisizione ha consentito a Dayco di diventare leader mondiale nel settore della trasmissione di potenza [8].

Oggi opera in 22 Paesi con più di 4500 dipendenti e 40 sedi, e presenta un fatturato medio annuo di quasi un miliardo di dollari.

2.3 Mission

La *mission* di Dayco è di offrire le migliori soluzioni per i componenti meccanici necessari per la trasmissione di potenza. I principi cardine per il perseguimento di tale mission sono [8]:

- *Reattività*: Dayco interviene immediatamente in caso di bisogno. La disponibilità, la franchezza, il dinamismo e la flessibilità di ogni dipendente sono fondamentali per mantenere e approfondire i rapporti con i clienti e le relazioni interne all'azienda.
- *Ingegno:* l'azienda affronta le sfide con entusiasmo. Per far ciò, bisogna essere intelligenti, originali e creativi nelle soluzioni da implementare. Nel corso degli anni sono state introdotte numerose innovazioni e molte altre seguiranno negli anni a venire.
- *Integrità:* il codice etico si basa su tre principi. I prodotti devono essere solidi, affinché possano funzionare senza inconvenienti. L'onestà e l'apertura sono necessarie per il rispetto di tutte le persone con cui l'azienda lavora. Infine, deve essere comune in tutti i dipendenti il concetto di aggregazione dell'azienda, che deve essere vista come una sola e unica impresa.
- *Previsione:* il cambiamento non deve essere visto come una minaccia, bensì come un'opportunità. Bisogna essere lungimiranti, senza aspettare che siano i cambiamenti a condizionare le scelte dell'azienda.
- *Collaborazione:* Dayco condivide le *best practices* in tutte le sedi in cui opera. La collaborazione deve essere intesa come il mezzo principale per imparare e crescere come un'unica organizzazione.

2.4 Prodotti

Il business di Dayco è composto da due mercati molto diversi tra loro, quello degli *Original Equipment Manufacturer* (OEM) e quello dell'Aftermarket. Sostanzialmente il prodotto offerto ai due mercati è lo stesso, ciò che cambia è il cliente [8].

Nel primo caso i prodotti finiti che escono dalle linee di produzione vengono installati dai produttori di auto o macchine da lavoro direttamente nei veicoli nella fase di assemblaggio. I clienti di Dayco sono i principali colossi automobilistici europei e americani come BMW, PSA, FCA, Daimler, Volkswagen, Renault, Jaguar, Ford, Volvo e General Motors. Altri clienti sono produttori di mezzi da lavoro come AGCO, Caterpillar, Scania, MAN, CNH, Cummins, Deutz e Liebherr.

Rientrano nel secondo caso, invece, tutti i prodotti finiti destinati all'alimentazione del mercato dei pezzi di ricambio. In questo caso il cliente è una società del gruppo Dayco che si occupa della distribuzione.

I prodotti offerti dall'azienda sono i seguenti:

- *Cinghie Trasmissioni Ausiliarie* (Figura 2.1). Sono un organo meccanico in gomma che consente la trasmissione della coppia agli organi del sistema ausiliario: alternatore, pompa del servosterzo, pompa acqua (a seconda delle applicazioni) e compressore dell'aria condizionata. La cinghia viene accoppiata ad una puleggia damper o puleggia dell'albero a gomito.

Figura 2.1. *Cinghia di trasmissione ausiliare* [Fonte: Dayco Website]

- *Tenditori Cinghie Ausiliarie* (Figura 2.2). Hanno la funzione di mantenere la giusta tensione sulla cinghia durante l'intero ciclo di lavoro. Aiutano anche a proteggere altri componenti, come l'alternatore e la pompa dell'acqua, da sollecitazioni non previste e da un guasto prematuro.

Figura 2.2. *Tenditore per cinghia ausiliare* [Fonte: Dayco Website]

- *Pulegge e Galoppini* (Figura 2.3). Garantiscono il corretto avvolgimento della cinghia ed aumentano l'angolo di avvolgimento sulle pulegge di trascinamento.

Figura 2.3. *Puleggia* [Fonte: Dayco Website]

- *Cinghie Distribuzione* (Figura 2.4). Sono una sorta di nastro chiuso di materiale plastico che sincronizza il funzionamento dell'albero motore con l'albero a camme che regola il movimento di valvole e pistoni e, in alcuni casi, anche il funzionamento della pompa dell'acqua.

Figura 2.4. *Cinghia dentata di distribuzione* [Fonte: Dayco Website]

- *Tenditori Cinghia Distribuzione* (Figura 2.5). Hanno la funzione di mantenere la giusta tensione sulla cinghia durante la trasmissione del moto da albero motore ad albero a camme.

Figura 2.5. *Tenditore per cinghia di distribuzione* [Fonte: Dayco Website]

- *Cinghia Trasmissione BELT-IN-OIL (BIO).* Questo sistema comprende il tenditore e la cinghia (Figura 2.6). In pratica, Dayco è riuscita a unire i vantaggi che la catena ha in termini di compattezza del motore e quelli della trasmissione a cinghia, ovvero la silenziosità e il minor attrito, in quanto questa soluzione pesa meno e occupa meno spazio.

Figura 2.6. *Sistema di trasmissione BIO* [Fonte: Dayco Website]

- *Smorzatori Vibrazione Albero Motore* (Figura 2.7). Hanno il compito di assorbire le vibrazioni indotte sull'albero motore dalle pressioni presenti all'interno della camera di scoppio. Lo smorzatore di vibrazioni è fondamentale per preservare la funzionalità e la vita dell'albero.

Figura 2.7. *Smorzatore di vibrazione* [Fonte: Dayco Website]

- *Smorzatori Rumore Trasmissione* (Figura 2.8). Anche in questo caso la funzione è di assorbire le vibrazioni, ma della trasmissione.

Figura 2.8. *Smorzatore di rumore* [Fonte: Dayco Website]

- *Disaccoppiatori* (Figura 2.9). Sono anche essi un sistema finalizzato alla riduzione di vibrazioni del motore e rumorosità. Questa soluzione è però più adatta per motori di nuova generazione e ad alte prestazioni.

Figura 2.9. *Disaccoppiatore* [Fonte: Dayco Website]

- *Friction Wheel* (Figura 2.10). È una soluzione progettata per trasferire il movimento della puleggia motore alla pompa dell'acqua attraverso un sistema unico e brevettato.

Figura 2.10. *Friction wheel* [Fonte: Dayco Website]

- *Cinghie Servosterzo Elettrico* (Figura 2.11). La cinghia all'interno di un sistema di servosterzo elettrico (EPS) ha la funzione di trasferire la coppia dal motore all'ingranaggio dello sterzo per fornire l'azione di servosterzo richiesta durante la guida.

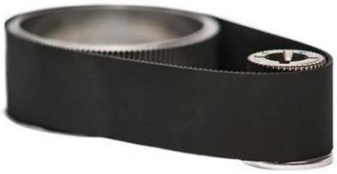

Figura 2.11. *Cinghia di servosterzo* [Fonte: Dayco Website]

- *Impianto Generazione del Vuoto (VGS).* Ha l'obiettivo di aumentare l'efficienza dei consumi. Questa soluzione (Figura 2.12) è progettata per sistemi che richiedono vuoto come il servofreno a depressione, lo spurgo dei vapori di benzina e la ventilazione del carter. Inoltre, sostituisce pompe a vuoto meccaniche e elettriche molto costose, pesanti e che consumano benzina.

Figura 2.12. *Sistema VGS* [Fonte: Dayco Website]

2.5 Sedi

Dayco è un'azienda globale che opera in 22 paesi con stabilimenti, centri di distribuzione, ricerca e sviluppo e uffici vendita (Figura 2.13) [8].

Figura 2.13. *Mappa delle sedi di Dayco*

Gli stabilimenti produttivi sono (Tabella 2.1):

Sede	Funzione
Manoppello, Pescara, Italia	Manufacturing Plant
Colonnella, Teramo, Italia	Manufacturing Plant
Springdale, Arkansas, United States	Manufacturing Plant
Williston, South Carolina, United States	Manufacturing Plant
Mt. Pleasant, Michigan, United States	Manufacturing Plant
Hillsdale, Michigan, United States	Manufacturing Plant
Guiyang City, Cina	Manufacturing Plant
Wagga Wagga, Australia	Manufacturing Plant
Sant Fruitos de Bages, Spain	Manufacturing Plant & Sales Office
Tychy,Poland	Manufacturing Plant & Technical
San Bernardo d'Ivrea, Torino, Italia	Manufacturing Plant & Technical Center
Roseville, Michigan, United States	Manufacturing Plant & Technical Center
San Luis Potosí, SLP. Mexico C.P, Mexico	Sales Office & Manufacturing Plant
Wujiang, Cina	Sales Office, Manufacturing Plant & Distribution Center
Chieti, Italia	Sales Office, Manufacturing Plant & Technical Center
IMT Manesar Gurgaon, India	Sales Office, Manufacturing Plant & Technical Center

Tabella 2.1. *Stabilimenti produttivi Dayco*

2.6 Dayco in Italia

In Italia Dayco possiede quattro stabilimenti, uno a San Bernardo d'Ivrea (Torino), uno a Manoppello (Pescara), uno a Colonnella (Teramo) e uno a Chieti. Possiede due centri di distribuzione, uno a Manoppello e uno a Burolo (Torino), che funge da punto nevralgico per l'alimentazione dell'aftermarket. Gli stabilimenti di San Bernardo d'Ivrea e Chieti contengono al loro interno sia uffici amministrativi, sia dipartimenti di ricerca e sviluppo.

Ogni stabilimento dispone di linee produttive multiprodotto, o monoprodotto, e magazzini annessi.

In particolare, lo stabilimento di San Bernardo si occupa della produzione di componenti meccanici principalmente metallici, come ad esempio disaccopiatori, *friction wheel*, pulegge e tenditori. Negli altri tre stabilimenti si producono prevalentemente le cinghie in gomma.

Nel paragrafo 2.7 sarà descritto lo stabilimento di San Bernardo di Ivrea, oggetto di studio in questo lavoro di tesi.

2.7 Lo stabilimento di San Bernardo di Ivrea

Lo stabilimento di San Bernardo (Figura 2.14) è una delle realtà industriali più importanti del Canavese, con i suoi circa 500 dipendenti tra operatori di produzione e impiegati.

Figura 2.14. *Stabilimento di San Bernardo di Ivrea [Fonte: La Sentinella Geolocal]*

La struttura in passato era di proprietà di Olivetti. Oltre ai reparti produttivi, contiene al suo interno tutti gli uffici delle funzioni aziendali, quali risorse umane, logistica, qualità e controllo. Inoltre, include anche il più importante centro di ricerca e sviluppo del gruppo Dayco, con più di 60 ingegneri. L'importanza di questa sede è certificata anche dal fatturato. Nell'ultimo anno sono state registrate vendite per 118,5 milioni di dollari. Se si confronta questo numero con il fatturato globale dell'azienda, la rilevanza di questo stabilimento è evidente, ovvero un'incidenza di quasi il 13% nonostante gli altri 15 impianti produttivi.

L'area in cui si svolge la produzione, come in tutti gli stabilimenti, occupa la maggior parte dello spazio. È suddivisa in tre macroaree (reparti) in base alla tipologia di prodotto:

- Reparto Ausiliari;
- Reparto Distribuzione;
- Reparto Friction Wheel.

I primi due reparti sono composti da linee, più o meno complesse, automatiche e semiautomatiche. La differenza sostanziale tra le due tipologie di linee è il ruolo dell'operatore nel processo. Nella linea semiautomatica le fasi del processo svolte dall'operatore sono:

- alimentazione delle materie prime necessario per l'assemblaggio
- movimentazione manuale dei semilavorati da una macchina all'altra
- controllo qualità del semilavorato e del prodotto finito
- imballaggio.

Nella linea automatica alcuni controlli qualità intermedi vengono effettuati direttamente dalla macchina grazie ad appositi strumenti elettronici. Inoltre, il semilavorato è movimentato da una macchina all'altra attraverso nastro trasportatore e bracci robotici.

Trattandosi di un prodotto introdotto recentemente, più complesso e molto specifico a seconda delle richieste del cliente, il reparto *friction wheel* comprende anche isole di produzione, in quanto queste garantiscono più flessibilità nelle fasi del ciclo produttivo.

Infine, i magazzini prodotti finiti e materie prime, adiacenti ai reparti, occupano circa il 30% della superficie totale dello stabilimento. In entrambi i casi la merce è posta su pallet in scaffalatura tradizionale e movimentata attraverso carelli elevatori con forche a sbalzo e commissionatori. In particolare, le scaffalature del magazzino dei prodotti finiti sono suddivise in base al marchio dell'articolo. Inoltre, per avvicinarsi alle logiche del *Just in Time* e migliorare i flussi dei materiali interni, Dayco ha provveduto all'installazione di *supermarket* al centro dei reparti produttivi. I supermarket sono sistemi di stoccaggio nei quali sono presenti, in quantità stabilite, tutti i prodotti che la Produzione richiede, organizzati in modo tale che l'operatore di linea possa scegliere esattamente il prodotto che desidera. Soluzioni di questo tipo sono utili quando la materia prima è condivisa tra due o più processi e consentono di risparmiare movimentazioni dal magazzino centrale [2].

CAPITOLO 3 - La Manutenzione in Dayco

In questo capitolo sarà fornita una panoramica dell'apparato manutentivo dello stabilimento di San Bernardo di Dayco. Si è deciso di strutturare il capitolo in due parti.

Nella prima parte verranno descritte quelle che sono le risorse, sia umane che tecniche, le strategie di manutenzione adottate, con le relative procedure e gli indicatori di performance utilizzati.

Nella seconda parte saranno presentate le criticità riscontrate durante l'analisi e indicate dai capireparto tramite. I capireparto, grazie alla loro esperienza pluriennale, hanno sollevato quelli che sono i problemi quotidiani, sia da un punto di vista organizzativo che operativo, imputabili ad un non ottimale funzionamento della Manutenzione. Infatti, i fermi dovuti a guasti sono impattanti sulla Produzione, che deve fare in modo di processare gli ordini in ritardo.

3.1 Risorse della Manutenzione

Un fattore molto rilevante per l'analisi del sistema manutenzione di Dayco sono le risorse. Queste determinano l'efficacia degli interventi manutentivi in termini di qualità e tempestività. Per quanto riguarda la Manutenzione, le risorse sono umane e tecniche.

Le risorse umane sono rappresentate dal team di manutenzione, composto come segue:

- Nove manutentori che si occupano di interventi esclusivamente straordinari.
- Un manutentore che si occupa di manutenzione preventiva.
- Un tecnico esperto di *Programmable logic controller* (PLC), ovvero i sistemi informatici specializzati nella gestione e nel controllo dei processi industriali.
- Un meccanico che si occupa della riparazione, quando è possibile, di componenti prelevati dai manutentori.
- Un magazziniere che si occupa della gestione del magazzino ricambi e utensili.
- Un responsabile, anche capo funzionale, che si occupa del coordinamento delle attività delle precedenti risorse.

I manutentori che si occupano di manutenzione straordinaria operano alternandosi sui tre turni giornalieri. In genere, vengono allocati tre manutentori per ogni turno. Inoltre, uno dei tre svolge la funzione di capoturno di manutenzione, cioè è responsabile degli altri due e dei prelievi dal magazzino ricambi quando non è presente il magazziniere.

Il manutentore che si occupa di manutenzione preventiva opera generalmente nel primo turno, che può variare dalle 6 alle 15 oppure dalle 8 alle 17 (pause incluse). Il suo compito consiste nello svolgere gli interventi programmati come ad esempio revisione e/o sostituzione di lampadine o viti sulle linee di produzione.

Il tecnico specializzato in PLC è responsabile di tutta la parte legata alla programmazione dei segnali che sensori o strumenti di rilevazione emettono. Il PLC può essere descritto come un insieme di dispositivi interconnessi e comunicanti tra loro attraverso una o più reti di comunicazione. Ogni dispositivo è un'entità fisica indipendente capace di realizzare una o più funzionalità. Lo si può paragonare ad un computer dotato di circuiti, ovvero interfacce di ingresso e uscita, capaci di dialogare con dispositivi che possono essere pulsanti, sensori, azionamenti e apparecchiature elettroniche di qualsiasi tipo [9]. Solitamente il tecnico opera nel primo turno.

Il meccanico si occupa della riparazione dei componenti guasti che i manutentori smontano dalle macchine e portano in officina, dove sono presenti tutti gli attrezzi da lavoro necessari come torni, trapani o frese. Anche egli opera nel primo turno.

Il magazziniere opera solamente nel primo turno e si occupa della codificazione dei ricambi, della loro collocazione e della registrazione sul sistema informativo AS400 per quanto riguarda i movimenti in ingresso e in uscita del magazzino. Inoltre, si occupa dell'approvvigionamento dei materiali di consumo basandosi sul controllo visivo delle locazioni nelle scaffalature oppure consultando le anagrafiche dei prodotti in cui vengono specificate quantità di riordino e lotto minimino di acquisto. Il magazziniere però, può procedere all'acquisto di ricambi, materiali di consumo e utensili per cui non sono richieste particolari autorizzazioni, come bulloni, frese e lubrificante in spray.

Il responsabile della Manutenzione è il capo funzionale. In qualità di capo funzionale, ha i seguenti compiti:

- Allocare ai tre turni il personale e in generale garantire la piena copertura del servizio manutentivo anche nei periodi critici, come vacanze natalizie ed estive.
- Monitorare gli andamenti dei KPI di manutenzione.
- Autorizzare l'acquisto, entro determinate cifre, di ricambi necessari al completamento di un intervento di manutenzione.
- Esporre agli altri capi funzionali le criticità più significative riscontrate dai suoi sottoposti.

Le risorse tecniche della manutenzione invece, sono il magazzino ricambi, l'officina e tutti gli attrezzi da lavoro necessari per effettuare qualsiasi tipo di intervento.

3.2 Magazzino ricambi

Questo magazzino è uno spazio riservato alla collocazione dei ricambi e degli utensili. Si eleva su due piani ed è composto da cassettiere in plastica, in cui vengono collocati gli utensili come frese o punte metalliche, oppure ricambi di piccole dimensioni, come i fusibili sia in metallo, e da scaffalatura metallica tradizionale. Gli oggetti di massa e volume piuttosto notevoli, vengono collocati nella scaffalatura metallica. Una parte del magazzino è dedicata alla postazione del magazziniere, da cui registra sul sistema il materiale in arrivo e il materiale che pian piano viene prelevato dai manutentori (Figura 3.1).

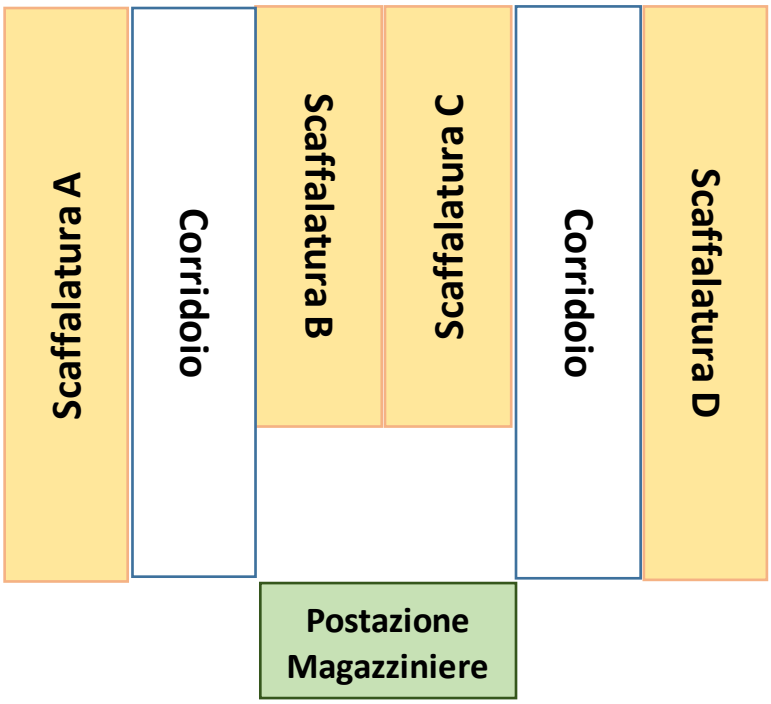

Figura 3.1: *Layout del magazzino ricambi*

Nei due turni in cui il magazziniere non è presente, cioè quelli corrispondenti alle fasce orarie 17-1 e 1-8, il magazzino rimane aperto e i responsabili diventano i capiturno della manutenzione. Questo passaggio di responsabilità viene segnalato ad ogni cambio del turno attraverso un apposito sistema di lettura del badge posto all'ingresso del magazzino. In pratica, la porta del magazzino rimane chiusa e si apre solo qualora il manutentore abilitato all'operazione, passa il badge attraverso un apposito sistema di lettura. Inoltre, in assenza del magazziniere, anziché registrare un prelievo su AS400, il manutentore compila una bolla cartacea che viene lasciata sulla scrivania del magazziniere. Sarà poi quest'ultimo a registrare l'operazione su AS400 inserendo i dati figuranti nella bolla come codice di prodotto e quantità.

3.3 Manutenzione preventiva in Dayco

Le strategie di manutenzione adottate in Dayco sono due: quella preventiva e quella a guasto. Pertanto, bisogna distinguere due tipi di intervento manutentivi: interventi straordinari e interventi programmati. Rientrano nella prima categoria tutti quegli interventi richiesti dal personale di produzione che riscontrano delle anomalie sulle linee. Nel secondo caso invece, rientrano quegli interventi che servono principalmente per garantire la sicurezza degli operatori di linea o che devono essere effettuati per allungare la vita utile delle macchine.

Come scritto nel Paragrafo 3.1, Dayco ha allocato una risorsa solo ed esclusivamente ad interventi di manutenzione preventiva. L'operatore dedicato si occupa di effettuare interventi relativamente semplici e brevi, ma necessari per allungare la vita utile delle linee. La manutenzione preventiva si basa su una lista di interventi consigliata dai fornitori. Questa lista è gestita dall'Ufficio Industrializzazione che la carica su AS400. Le informazioni relative ad un intervento sono:

- Linea su cui effettuare la manutenzione.
- Scadenza entro il quale bisogna effettuare l'intervento.
- Tempo previsto per l'intervento.
- Breve descrizione dell'intervento.

In base a quanto previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva, è possibile classificare gli interventi come segue:

A. Sostituzione di alcuni elementi delle macchine che hanno quasi raggiunto la fine della propria vita utile, e in caso di rottura potrebbero causare infortuni agli operatori di linea. Rientrano in questa tipologia di interventi la sostituzione di elementi in genere poco costosi, come ad esempio viti e bulloni che sostengono le barriere protettive delle macchine.
B. Sostituzioni di elementi il cui deterioramento causa un decadimento delle prestazioni dell'impianto. Esempi di componenti di questo tipo sono i filtri delle macchine, che una volta raggiunta la fine della loro vita utile potrebbero causare eccessivi surriscaldamenti.
C. Revisione di alcuni elementi che, in caso di malfunzionamento, rendono meno confortevole il lavoro agli operatori di linea. Un esempio di interventi di questo tipo è il controllo, ed eventualmente la sostituzione, delle lampadine che hanno la funzione di regolare la luminosità all'interno delle macchine. Un altro esempio è rappresentato dagli scivoli degli scarti che, in caso di rottura, determinano la caduta dei pezzi non conformi a terra anziché negli appositi contenitori. In questo modo si risparmiano movimenti inutili agli operatori che devono provvedere alla giusta collocazione.

Dunque, l'addetto alla manutenzione preventiva schedula le sue attività cercando di rispettare tutti i vincoli relativi alla scadenza, alla priorità (in termini di rischio per gli infortuni e di impatto ambientale in caso di anomalia) e alla durata prevista per l'intervento, oltre che alla programmazione della produzione delle linee e alla distanza da percorrere per recarsi sul luogo dell'intervento.
Risulta molto importante consultare il programma di produzione per la schedulazione dell'attività dell'addetto alla manutenzione preventiva. Infatti, ci sono interventi che non necessitano dell'interruzione della produzione, come ad esempio la verifica del corretto funzionamento di un determinato elemento. Altri invece, come la sostituzione di viti e bulloni degli infissi delle macchine, richiedono che la linea sia ferma, in quanto può risultare pericoloso effettuare l'operazione con il contemporaneo funzionamento di utensili contundenti.
Questi interventi hanno una durata prevista abbastanza breve, ovvero di 10 o 15 minuti. Tuttavia, considerando che nello stabilimento sono presenti 26 linee e 6 isole produttive, il numero degli interventi da effettuare è piuttosto elevato. Una risorsa risulta spesso scarsa e per ovviare a ciò si sta cercando di ridurre la frequenza di quegli interventi di tipo C. In genere, questi controlli vengono effettuati a cadenza mensile e il team di manutenzione vuole ridurne la frequenza portandola a sei mesi. Tuttavia, questo comporterebbe un aumento della probabilità di manifestazione dei guasti. In caso di guasto degli elementi di classe C, gli operatori di produzione potranno comunque segnalare l'anomalia e il manutentore provvederà al ripristino delle funzionalità.

3.4 Interventi di manutenzione straordinaria

Come esplicitato al paragrafo 3.1, il Team di Manutenzione di Dayco si occupa prevalentemente di interventi straordinari, infatti 9/10 dei manutentori si occupa di interventi straordinari, più o meno complessi, e solo uno si occupa di micro-interventi piuttosto semplici di manutenzione preventiva.
La strategia prevalentemente utilizzata è quella della manutenzione a guasto, ovvero di rimediare ad un'anomalia quando effettivamente si verifica. In pratica, la procedura da seguire quando si verifica un guasto è riassunta nei seguenti passi:

1. L'operatore di linea segnala un qualsiasi tipo di anomalia al proprio capoturno.
2. Il capoturno avvia la richiesta di intervento attraverso il sistema AS400 (Figura 3.2) e inviando una mail (Figura 3.3) a tutti i soggetti che possono essere coinvolti nella risoluzione del problema, cioè capoturno e responsabili della manutenzione e produzione e caporeparto.

Figura 3.2: *Esempio di richiesta su AS400* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

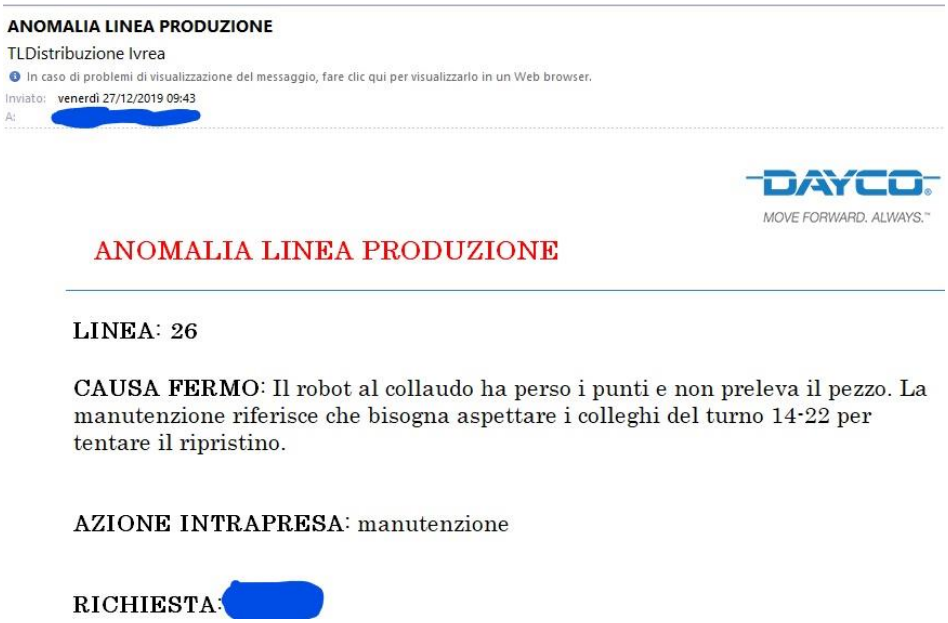

Figura 3.3: *Esempio di richiesta di intervento via mail* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

3. Da questo momento parte il conteggio del tempo di fermo sul sistema informativo. La richiesta contiene le seguenti informazioni:
    - Linea di riferimento.
    - Reparto.
    - Macchina ferma o in attività, eventuale decadimento delle prestazioni in termini quantitativi e qualitativi.
    - Priorità, legata al ritardo causata da un'interruzione del processamento di un determinato lotto.
    - Tipo di guasto, cioè meccanico o elettronico.

- Nota integrativa (Figura 3.4).

Figura 3.4*: Esempio di nota integrativa di una richiesta* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

4. Non appena legge la richiesta, il manutentore si reca presso la linea in cui si è presentata l'anomalia per effettuare una prima diagnosi che può portare a tre tipi di riparazioni diverse:
   - A Semplice riavvio del software della linea.
   - B Sostituzione di uno o più componenti. Si ricerca il componente nel magazzino ricambi e se non è presente si ordina attraverso le procedure che saranno spiegate al Paragrafo 3.6.
   - C Riparazione di uno o più componenti. La riparazione può avvenire:
     - i. Internamente presso l'officina dello stabilimento in cui il meccanico provvede a riportare in funzione il componente.
     - ii. Esternamente presso il fornitore che offre il servizio di riparazione nelle proprie sedi. In pratica, il manutentore spedisce il componente tramite corriere e affida la riparazione al fornitore.
5. L'intervento può avere tre esiti:
   - A Risultare efficace e quindi le funzionalità dell'impianto vengono completamente ripristinate. In questo caso il manutentore dichiara l'azione conclusa attraverso AS400 e una mail che avvisa gli attori coinvolti precedentemente dal capoturno.
   - B L'azione manutentiva non viene risolta nel turno di competenza del manutentore che è intervenuto per primo. In questo caso le informazioni devono essere trasmesse al manutentore e ai capiturno che subentrano nel turno successivo. Si deve anche mettere

a conoscenza del guasto il caporeparto, che provvederà ad avvisare i partecipanti della riunione giornaliera di stabilimento (Paragrafo 3.5).

C Risultare inefficace per diversi motivi per i quali vengono intraprese soluzioni diverse:

i. Non è possibile risolvere il problema perché il manutentore presente nel turno in cui si verifica il guasto non ha le competenze tecniche per ripristinare le funzionalità dell'impianto. In questo caso bisognerà aspettare un manutentore con le competenze opportune in uno dei due turni successivi. Il nuovo manutentore riprenderà quindi dal passo 3.

ii. Nessuno dei manutentori riesce a risolvere il problema e pertanto è richiesto l'intervento di un fornitore esterno. Questo aspetto sarà chiarito al Paragrafo 3.6.

3.5 Riunione giornaliera di stabilimento

Molto spesso per ripristinare le funzionalità di una linea in cui si è verificato un guasto non basta solo ed esclusivamente l'intervento del team di manutenzione di Dayco, ma è richiesto l'aiuto delle altre funzioni aziendali. Questo aiuto si concretizza con una riunione giornaliera di stabilimento che si tiene ogni mattina intorno alle 8.30 e a cui partecipano addetti di tutte le funzioni aziendali collegate alla produzione. In particolare, partecipano: i tre capireparto, un addetto alla logistica, uno alla qualità, un manutentore e un ingegnere dell'industrializzazione, che è anche il responsabile del meeting. È da specificare che gli argomenti trattati nella riunione non riguardano solamente problemi legati alla manutenzione, anche se questi rappresentano circa il 90% delle discussioni, ma anche tutte le criticità riscontrate in azienda da ogni singolo partecipante, come ad esempio problemi tecnici o qualitativi, aggiornamento sulle scorte o su ordini da evadere. Gli scopi della riunione sono di avvisare tutte le funzioni aziendali di eventuali problemi, ma soprattutto di trovare insieme, se possibile, soluzioni efficaci. La durata media di questa riunione è di circa mezz'ora.

Tuttavia, le riunioni si concentrano prevalentemente sui guasti, in quanto cause principali di fermi alle linee. I capireparto, che discutendo con i capiturno dei guasti emersi e non risolti nei due turni precedenti vengono a conoscenza della situazione in produzione, espongono agli altri partecipanti i problemi riscontrati. Per facilitare la comprensione, le informazioni salienti vengono annotate su due lavagnette tabulari. Sulla prima (Figura 3.5) vengono annotate le anomalie riscontrate sulle linee evidenziando il tipo di problema, un'azione proposta per la risoluzione, il responsabile dell'azione e le date previste per l'inizio e la fine dell'azione. Le azioni proposte possono essere sia sostituzioni che riparazioni di componenti e possono coinvolgere anche i fornitori nel caso in cui non si riesca a risolvere il problema internamente.

DAYCO

Short Term Actions	Availaibility & Performance - STRATEGY BREAKOUT				
Line	Critical Issue	Action	Owner	Start Date	Due Date

Figura 3.5: *Tabella anomalie esposta alla riunione giornaliera di stabilimento* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

Sulla seconda (Figura 3.6), molto simile alla prima, vengono annotate tutte le anomalie che portano a quantità insostenibili di pezzi non conformi.

DAYCO

Short Term Actions	Quality - STRATEGY BREAKOUT				
Line	Critical Issue	Action	Owner	Start Date	Due Date

Figura 3.6: *Tabella sui problemi di qualità esposta alla riunione giornaliera di stabilimento* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

La differenza risiede nel fatto che nel primo caso la produzione si interrompe, nel secondo le linee funzionano, ma generano quantità di pezzi non conformi insostenibili. In genere, il management ha fissato una soglia massima di scarti tollerata, corrispondente ad un valore compreso tra lo 0 e l'1%.

In entrambi i casi non viene cancellata la riga relativa ad un problema finché non risolto definitivamente.

La riunione delle 8.30 viene definita di "primo livello", in quanto non vi partecipano capi funzionali, ma solo addetti per ogni funzione. Se non si riesce a risolvere un determinato problema alle riunioni di primo livello entro pochi giorni, il responsabile della riunione avvisa il capo funzionale che ha le competenze per quel determinato problema. Sarà poi il capo funzionale ad informare e coinvolgere gli altri responsabili, in una riunione definita di "secondo livello", per cercare una soluzione che nella maggior parte dei casi richiede grandi investimenti. Una soluzione di questo tipo può essere la sostituzione di una macchina o comunque parte di esse.

3.6 Coinvolgimento dei fornitori

Anche coinvolgendo le altre funzioni aziendali, non sempre è possibile ripristinare le funzionalità di una linea in cui si è verificato un problema. Dunque, per diversi motivi è necessario rivolgersi ad un fornitore. I casi che richiedono l'intervento dei fornitori possono essere due:

- Un componente guasto è ritenuto riparabile, ma il meccanico dell'officina non ha le competenze o le attrezzature per ripararlo.
- Il Team di Manutenzione non riesce ad individuare la causa dell'anomalia.

Nel primo caso il manutentore o il magazziniere spedisce attraverso un corriere il componente da riparare al fornitore che provvederà a ripristinarne le funzionalità. A seconda del tipo di componente o del tipo di guasto i lead time possono variare da pochi a giorni ad alcune settimane.

Nel secondo caso invece, viene richiesto l'intervento presso lo stabilimento di Dayco del fornitore che effettuerà prima una diagnosi dell'anomalia e poi provvederà al ripristino delle funzionalità dell'impianto. In genere, il fornitore è una società che si occupa della progettazione e della realizzazione di macchine industriali o di intere linee. Inoltre, è possibile che il fornitore chiamato in causa coincida anche con chi a suo tempo ha progettato la linea. Esempi di fornitori di questo tipo sono Kistler, Teknoesad e LMT. Infine, ci sono casi in cui interviene direttamente il costruttore del componente, come ad esempio ABB o Yaskawa per il ripristino di anomalie ai robot da loro forniti.

I costi di un intervento di questo tipo dipendono dalla distanza che il fornitore percorre dalla sua sede a quella di Dayco, dal costo di eventuali componenti sostituiti e dalla manodopera.

3.7 Criticità riscontrate

Dalla descrizione e analisi dell'apparato manutentivo dello stabilimento di San Bernardo di Dayco, sono emerse criticità riguardanti i seguenti ambiti:

1. Magazzino ricambi
2. Competenze dei manutentori
3. Procedura d'acquisto
4. Informazioni scarse.

Le criticità sopra citate sono state individuate attraverso una serie di interviste e di indagini effettuate a tutto il personale che fa parte, comunque si interfaccia con la Manutenzione del plant di San Bernardo.

Le criticità riguardanti (Paragrafo 3.7.1) il magazzino ricambi sono state individuate attraverso le interviste al responsabile della Manutenzione e al magazziniere.

La criticità relativa alle competenze dei manutentori è emersa nelle riunioni giornaliere di stabilimento. Infatti, molto spesso i guasti appuntati sulla tabella utilizzata (Figura 3.4) in riunione

perdurano anche due settimane. Di conseguenza, si è indagato sulle cause di questa lentezza risolutiva attraverso interviste ed è emerso lo scarso know-how di alcuni manutentori.
L'altra criticità emersa dalla riunione giornaliera di stabilimento è quella relativa alla procedura di acquisto. Non è raro che sulla tabella rimanga appuntato per anche due settimane un problema riconducibile alla lentezza dell'approvvigionamento di un ricambio. Anche in questo si è approfondito il problema attraverso delle interviste, in particolare ad un addetto dell'Ufficio Acquisti.
Infine, la criticità relativa al basso livello informativo è stata riscontrata grazie a vari tentativi di effettuare analisi quantitative, come ad esempio il calcolo di indicatori. Di conseguenza, è stato riscostruito il flusso informativo della risoluzione di un intervento, intervistando tutti i soggetti che si interfacciano con la Manutenzione, gli operatori informatici che si occupano di gestire il sistema informativo e i manutentori stessi.

3.7.1 Criticità 1 - Magazzino ricambi

I problemi riguardanti il magazzino adibito ai ricambi e agli utensili sono sostanzialmente tre, legati al fatto che un guasto richieda la sostituzione di un componente che ha raggiunto la fine della sua vita utile. In primo luogo, accade spesso che il ricambio necessario per il ripristino di un impianto non sia presente in magazzino. In secondo luogo, invece, è possibile che il ricambio ricercato risulti disponibile sul sistema informativo, ma fisicamente non si trova in magazzino. Infine, è possibile che la ricerca di un determinato articolo in magazzino richieda molto tempo a causa di un non ottimale sistema di codificazione dei prodotti.

Problema 1: *Ricambio non disponibile in magazzino*

Lo stabilimento Dayco di San Bernardo di Ivrea presenta 26 linee e 6 isole produttive, tutte diverse tra di loro. Pertanto, non è possibile avere tutti i ricambi di tutte le linee in magazzino per diversi motivi.
In primo luogo, deve essere considerata l'età delle macchine. Infatti, la maggior parte delle linee sono state realizzate alla fine degli anni '90. I fornitori garantiscono la produzione dei ricambi per 10 anni dal lancio del prodotto. In questo caso il lead time necessario per procurarsi il ricambio è imputabile soltanto al trasporto dai magazzini del fornitore fino allo stabilimento di Dayco. Nel caso in cui il ricambio ricercato sia fuori produzione, il fornitore può provvedere alla realizzazione del componente su commessa. Questo però, comporta costi di gran lunga superiori all'effettivo valore del componente, i cosiddetti costi di *approntamento*. Questi costi consistono nelle spese necessarie per l'allestimento di una macchina o reparto per la realizzazione di un determinato lotto o pezzo. Oltre ai costi variabili relativi a materie prime e manodopera, anche i costi di attrezzaggio e setup vengono trasferiti sul cliente e il fornitore, non potendo fare economia di scala, offre il ricambio non più sul

mercato ad un prezzo anche cinque volte superiori al valore che aveva quando era ancora in produzione. Inoltre, trattandosi di commesse straordinarie, il fornitore potrebbe trovare il tempo di costruire il ricambio in periodi non immediatamente successivi alla richiesta di Dayco, con conseguenti attese anche di due mesi. Ad esempio, far produrre al costruttore oggi un motore elettrico Siemens che al momento del lancio sul mercato presentava un prezzo di 500 €, costa circa 2.500 €. I tempi sono variabili a seconda del pezzo ricercato, ma nella maggior parte dei casi un componente può essere riprodotto solo da un fornitore. Chiaramente deve anche essere presa in considerazione la, si deve tenere conto del potere contrattuale che questa azienda ha e che può evadere la commessa a distanza di mesi (anche due o tre). Se invece si guasta un componente prodotto da più fornitori oppure da uno solo ma di piccole dimensioni, e quindi più flessibili, i lead time possono risultare relativamente brevi.

Inoltre, risulta molto difficile anticipare la rottura di un determinato componente e quindi avere la scorta poiché le linee negli anni hanno subito diverse modifiche di cui non si è tenuto traccia. Solo per le quattro linee più recenti il fornitore ha stilato una lista di ricambi consigliati da tenere in magazzino, in quanto più probabilmente soggetti a guasti (Figura 3.7).

RICAMBI CONSIGLIATI MECCANICI LINEA 36

GRUPPO	COMMERCIALE	COSTRUTTO	PRIORI	Qntà CONSIGLI	Celesia
06.626.850 OP.225 ROBOT	ROBOT COD. IRB 1600-10/1.20	ABB	B	1	
06.682.300 OP.115 ROBOT WW1493	ROBOT COD. IRB 4600-45/IRC5	ABB	B	1	
06.627.200 OP.270 COLLAUDO	DECELERATORE COD.MA4550M	ACE	B	1	245,00
06.626.300 OP.170 PIANTAGGIO SEAL	UNITÀ DI POTENZA AP1180-215-15-1FG	ALFAMATIC	B	1	1.950,00
06.627.700 OP.310 PALLETTIZZATORE	RIDUTTORE EPICICLOIDALE COD.PEII-120-004-P0411501608	APEX	B	1	
06.625.100 TRASPORTO	SENSORE INDUTTIVO COD.BES M12MI-PSC40B-S04G	BALLUFF	B	1	
06.682.080 SOLLEVATORE	SENSORE INDUTTIVO COD.BES M08EE-PSC20B-S49G-003	BALLUFF	B	1	
06.625.300 PALLET	SUPPORTO DATI COD.BIS00NZ	BALLUFF	B	1	
06.625.375 CONTRASTO PALLET LETTURA MEMORIA	TESTINA LETTURA/SCRITTURA COD. BIS014K	BALLUFF	B	1	
06.625.720 OP.51 CONTROLLO SEDE CUSCINETTO WW1263	SENSORE INDUTTIVO COD.BES M08MI-PSC20B-S49G	BALLUFF	B	1	
06.626.300 OP.170 PIANTAGGIO SEAL	TRASDUTTORE LINEARE COD.BTL6-U110-M0230-PF-S4	BALLUFF	B	1	
06.626.300 OP.170 PIANTAGGIO SEAL	MAGNETE COD.BTL5-F-2814-1S	BALLUFF	B	1	
06.626.300 OP.170 PIANTAGGIO SEAL	SENSORE INDUTTIVO COD.BES 516-324-G-E5-C-S49	BALLUFF	B	1	
06.626.700 OP.211 PIANTAGGIO PIN	SENSORE INDUTTIVO COD.BES M05EC-PSC08B-S26G	BALLUFF	B	1	

Figura 3.7*: Esempio di lista di ricambi consigliati (linea 36)* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

Per le linee più vecchie invece, c'è solo una lista stilata dall'industrializzazione che, con anni di esperienza, ha indicato quali sono i ricambi critici che non devono assolutamente mancare in magazzino. Su questa lista è possibile contare solamente 40 ricambi. Considerando le 22 linee "anziane", non è sufficiente per farsi trovare pronti quando si verifica un guasto.

Problema 2: *Ricambio disponibile in magazzino secondo il sistema informativo, ma fisicamente mancante*

Il secondo problema riguarda quei ricambi dichiarati dal sistema informativo disponibili, ma nel momento in cui si vanno a prelevare dal magazzino non si trovano. Questo fenomeno si verifica perché i manutentori che effettuano i prelievi non li registrano correttamente sul sistema informativo o non compilano la bolla, come indicato nel Paragrafo 3.1. È possibile infatti, che il manutentore

prelevi più materiale del necessario per un intervento per evitare di tornare in magazzino. Tale materiale in più però, non viene registrato nel momento del prelievo, né viene riportato in magazzino e magari viene lasciato nei carrelli degli attrezzi. Questi fenomeni si verificano prevalentemente nei due turni in cui il magazziniere non è presente. In questi due turni il manutentore compila la bolla oppure registra dal computer l'operazione. Nel primo caso sarà poi il magazziniere a registrare l'operazione con le informazioni presenti nella bolla. Molte volte però, magari a causa dei tempi stretti e quindi della necessità di risolvere un guasto, il manutentore non si cura di registrare il prelievo in nessun modo. Inoltre, l'ingresso e l'uscita degli articoli nel magazzino ricambi, è registrata manualmente su AS400 e non attraverso uno strumento elettronico come lo scanner che legge i codici a barre e registra immediatamente l'operazione sul sistema informativo.

Problema 3: *Tempi lunghi per la ricerca di un prodotto in magazzino*

Un altro problema riscontrato nel magazzino dei ricambi è la lentezza della ricerca dell'articolo desiderato. Infatti, può succedere che un manutentore ricerchi un ricambio in magazzino per eseguire un intervento, ma il tempo necessario per trovarlo nella scaffalatura risulta piuttosto elevato.

L'attuale sistema di codificazione dei ricambi è molto semplice. Ad ogni ricambio è assegnato un codice alfanumerico. Al fine di risultare il più comprensibile possibile a tutti i livelli aziendali, ogni cifra ha un significato specifico. Ad esempio, il codice RED016 indica un ricambio. Le prime tre lettere indicano il reparto a cui il ricambio è associato. Nel caso del codice in figura si tratta del reparto distribuzione. Se nel codice al posto della D compare la T il reparto è quello dei tensionatori. Invece, le tre cifre finali indicano un numero progressivo che viene associato dal magazziniere al ricambio.

Come è intuibile, gestire tutte i codici risulta molto complicato. Infatti, nel momento in cui il magazziniere ricerca un prodotto nel magazzino dovrebbe ricordare tutti i codici a memoria e, poiché nel magazzino risultano registrati 3971 codici diversi, appare improbabile che ciò sia possibile. Per far fronte a questa criticità, il magazziniere si è costruito un file Excel in cui per ogni codice associa una breve descrizione dell'articolo e la locazione nella scaffalatura corrispondente.

In questo modo, digita sul campo del filtro alcuni caratteri corrispondenti a al prodotto richiesto dal manutentore e riesce a trovare il codice corrispondente. Tuttavia, il problema sorge se i caratteri digitati non portano a nessun codice. In quel caso, il magazziniere deve cercare manualmente in tutte le locazioni della scaffalatura e verificare che il prodotto corrisponda alla richiesta. Chiaramente, quest'operazione non è sostenibile in termini di tempo. Al Paragrafo 6.1.2 sarà spiegata più dettagliatamente l'attuale sistema di codificazione e si tenterà di proporre una soluzione migliorativa del problema al fine di ridurre i tempi di ricerca di un componente.

3.7.2 Criticità 2 - Competenze dei manutentori

Un'altra criticità riscontrata riguarda le competenze dei manutentori. La logica alla base della formazione del team è stata di selezionare metà personale con competenze per guasti meccanici e metà per quelli elettronici. Tuttavia, non tutti e nove i manutentori hanno competenze alte. Infatti, la maggior parte di loro sono degli ex operatori di linea che in passato hanno rivestito anche il ruolo di capoturno. Si è voluto puntare sul fatto che, avendo ricoperto dei ruoli in produzione, questi abbiano maturato l'esperienza necessaria per risolvere molti problemi, soprattutto quelli che si ripetono nel tempo.

Ovviamente l'esperienza deve essere abbinata alla formazione. Infatti, spessa fanno visita allo stabilimento di San Bernardo formatori provenienti da aziende esterne come ABB, che ad esempio offre corsi per quanto riguarda un miglior utilizzo dei suoi robot. Questo processo di formazione, però, richiede forse degli anni e non tutti i manutentori operatori hanno maturato le stesse competenze tecniche. Può capitare che nel momento in cui si verifica un guasto il manutentore presente in quel turno non sia grado di risolvere il problema e bisogna aspettarne uno che arrivi in uno dei due turni successivi. Dunque, un disagio di questo tipo può causare dei fermi alla linea anche per 16 ore, se non di più in caso di ferie o malattie.

3.7.3 Criticità 3 - Procedura di acquisto

Una delle criticità riscontrate nel processo di manutenzione è la burocrazia necessaria per l'approvvigionamento di ricambi o richiedere l'intervento di un fornitore esterno all'azienda. Queste operazioni comportano necessariamente un esborso di denaro per le casse di Dayco. La procedura di acquisto è comune per tutte le forniture, anche per quelle riguardanti oggetti di cancelleria. L'apporto dell'Ufficio Information Technology (IT) è fondamentale, in quanto registra sul sistema e aggiorna continuamente le anagrafiche dei ricambi e dei fornitori. Per quanto riguarda i ricambi o qualsiasi bene di consumo, le informazioni presenti nelle anagrafiche sono: centro di costo, codice e nome del fornitore, lotto minimo d'acquisto, quantità di riordino, lead time di consegna e costo unitario del componente.

In generale la procedura seguita per l'acquisto di un componente è la seguente:

1. Il magazziniere, un manutentore o il responsabile della Manutenzione carica l'ordine su AS400, che in automatico associa la richiesta al centro di costo di competenza, generando una lista di richieste d'acquisto.
2. La lista viene monitorata in continuazione dall'ufficio acquisti, che sollecita i capi funzionali attraverso una mail.

3. Il capo funzionale accede alla lista su AS400 e, se lo ritiene opportuno, approva la richiesta. A seconda del costo della richiesta, l'approvazione deve essere concessa da due o più capi funzionali:
    A. Per articoli di costo minimo, cioè fino a 1.000 €, come ad esempio materiali di consumo e utensili, è sufficiente l'approvazione del responsabile della manutenzione.
    B. Per articoli di costo compreso tra 1.000 e 2.0000 € l'approvazione deve essere concessa da due capi funzionali, in genere oltre al responsabile della manutenzione, viene incaricato quello della logistica di tale responsabilità.
    C. Le richieste che hanno costi superiori a 20.000 € non vengono soddisfatte tramite questa procedura, ma vengono trattate da capi funzionali e plant manager nelle riunioni di secondo livello.
4. Il sistema informativo aggiorna lo stato della richiesta e registra sulla lista se la richiesta è approvata o no.
5. L'ufficio acquisti seleziona le richieste approvate ed evade l'ordine.

Una procedura di questo tipo funziona in maniera efficacie per tutti gli articoli non critici, ma risulta troppo rigida per la gestione di eventi straordinari. È possibile che il guasto di un componente determini l'interruzione della produzione di una linea. Per provvedere alla risoluzione dell'anomalia è possibile che sia necessaria o la sostituzione del componente non presente in magazzino o l'intervento di un soggetto terzo con le competenze necessarie al ripristino. In entrambi i casi si va incontro ad un esborso di denaro per le casse dell'azienda che pertanto deve essere esaminato dai soggetti coinvolti nelle approvazioni. Anche se i costi dell'azione sono relativamente bassi, cioè che ricadono nelle prime due fasce indicati nella procedura, il management deve comunque esaminare la richiesta. Prima di concedere l'autorizzazione, i responsabili devono valutare il rapporto costo-beneficio della spesa richiesta. Tuttavia, molto spesso la richiesta dovrebbe essere approvata ed evasa nel minor tempo possibile in quanto si verificano dei fermi alle linee per guasto. Così non è a causa della procedura e delle innumerevoli richieste in arrivo da tutte le funzioni aziendali che l'ufficio acquisti deve gestire. Inoltre, la richiesta su AS400 non prevede l'indicazione di una priorità e si devono sollecitare i capi funzionali che devono concedere l'approvazione verbalmente o via mail.

Per concludere, una procedura di questo tipo può far passare molto tempo, anche un mese, tempo che va ad aggiungersi ai lead time dei fornitori per soddisfare i fabbisogni di Dayco.

3.7.4 Criticità 4 - Informazioni incomplete

Con il passare del tempo le aziende hanno avuto sempre più la necessità di avere un sistema che registri tutte le informazioni salienti. Registrare le informazioni è fondamentale per poter calcolare i KPI e svolgere analisi volte al miglioramento continuo.

Nel Paragrafo 3.4, è stato descritto il processo relativo alla manutenzione straordinaria di Dayco e come questo viene registrato su AS400. Dal sistema informativo poi, è possibile estrarre le informazioni relative a tutti gli interventi di manutenzione eseguiti su fogli di lavoro Excel (Figura 3.8) ed effettuare tutte le analisi che si ritengono opportune basandosi sui dati raccolti.

Plant	Gr	Gg.	T.ass(h	T.eff(h	Delta	Stop Machir	Active	Description
FRESE MK	EL		0	0,33	9,42	0,25		non funziona bene un sensore grazie Sostituito pi` provato.OK.
ISOLA 4	EL		0	1	30,7	1		reparto banchetti isola 4 sensore che non legge sostituito sensore presenza bullone
ISOLA 6	ME		0	1,5	46,05	1,5		reparto banchetti isola 6 sensore lettura boccola rovinato sostituito sensore e ripristinato cablaggi
LINEA STS	ET		0	0,5	15,35	0,25		cambiare sensore Ricerca e sostituzione sensore su avvitatura linea STA STS. 2RET188
LINEA 10	EL		0	0,75	21,42	0,75		sensore presenza pezzo nastro trasporto sostituito e regolato sensore
LINEA 10	ET		0	1	28,56	1		Pinza tavola ko Sostituito proximity camma pinza aperta e regolato camme di aperto-chiuso in modo che col pezzo in p inza non si accend
LINEA 11	ME		0	0,5	15,35	0,75		cavo sensore tavola rotto sostituito sensore
LINEA 15	EL		0	2	61,4	2		richiesta intervento assemblaggio op 40, malfunzio namento sensore controllo estensione braccio ricerca guasto sostituito fibra ottica eff
LINEA 15	EL		0	0,25	7,67	0,25		sostituzione sensore presenza rivetto postazione t avola rotante pi` regolazione sicurezza delle barr iere OK.
LINEA 2	EL		0	1,5	42,84	0,25		catarifrangente avvitatura Sostituito catarifrangente,sostituito sensore e fissato catarifrangente.Provato.Ok.
LINEA 20	EL		0	0,5	15,35	0,5		richiesta intervento per ripeistino marcatrice sostituito sensore non funzionante verificato funzionamento
LINEA 20	ME		0	0,33	10,13	0,33		richiesta intervento op 30 x rottura sensore inser imento molla su braccio sostituito sensore 2ret015 verificato funzionamento
LINEA 21	ME		0	0,75	23,02	0,75		rifollatura ko sostituito e regolato sensore ginocchiera vgerificato funzionamento
LINEA 23	ME		0	1	30,7	1		stazione fresa ko ricerca guasto e ripristino verificato funzionamento sostituito sensore pilz di chiusura riparo reset stazione e verifica fur
LINEA 23	EL		0	0,25	7,67	0,25		sostituzione sonda offset eseguito
LINEA 23	EL		0	0,33	10,13	0		posatzione marcatura, sensore lock up pin da sosti tuire. Eseguito.
LINEA 23	ME		0	0,33	10,13	0,33		sensori punzonatura collaudo da sostituire sostituito sensori e riavviato
LINEA 3	ME		0	0,5	14,28	0,5		fermo assemblaggio sostituito e regolato sensore dito ritenuta molla verificato funzionamento
LINEA 3	EL		0	0,75	21,42	0,75		stazione di assemblaggio ricerca guasto sostituito sensore aggancio molla

Figura 3.8*: Esempio di un foglio Excel estratto da AS400* [Fonte: Dayco San Bernardo, 2019]

Tuttavia, le informazioni non risultano sufficienti per effettuare analisi esaustive. Come si evince dalla Figura 3.8, le uniche informazioni registrate sono la linea in cui si è verificato un guasto, il tempo di fermo, il costo dell'intervento e la nota che il manutentore allega quando dichiara chiusa l'azione. Alcune informazioni, come ad esempio i guasti risolti grazie all'intervento di un fornitore, non vengono inserite, in quanto AS400, per come è impostato attualmente, non è in grado di registrarle.

Inoltre, non offre un alto livello di dettaglio. In particolare, le linee sono composte da stazioni in serie che svolgono lavorazioni diverse. Un guasto, in genere, si verifica in una sola stazione. Sul sistema informativo non è possibile registrare questa informazione, in quanto non è presente un'anagrafica della linea in cui compaiono le stazioni. Sarebbe importante possedere questa informazione in modo da poter localizzare l'anomalia per poi poter effettuare delle analisi approfondite dei guasti. Pertanto, viene inserita l'informazione relativa alla linea e, a discrezione del manutentore, si inserisce la stazione in cui si è verificato il guasto solo nella nota integrativa, talvolta incomprensibile.

Il livello di dettaglio manca anche per quanto riguarda quei micro-guasti per i quali non sono richieste competenze tecniche particolari. Il riferimento è rivolto a lampadine fulminate o rotture degli scivoli degli scarti. Questi guasti vengono segnalati dal personale di produzione e automaticamente AS400 li inserisce nella lista degli interventi di manutenzione straordinaria. In questo modo il carico di lavoro dei manutentori addetti agli interventi straordinari può risultare eccessivo e, non ritenendo questi guasti di alta priorità, vengono risolti dopo tanto tempo.

Necessita di una menzione la raccolta dei tempi di intervento. Non è possibile ottenere il tempo effettivo di intervento del manutentore, cioè il tempo operativo necessario per ripristinare le funzionalità di un impianto. L'unico dato presente è un tempo che il sistema calcola dal momento in cui si segnala il guasto su AS400 a quello in cui il manutentore dichiara chiusa l'azione. Questo dato include il tempo di fermo macchina e il tempo che il manutentore trascorre a bordo linea per verificare l'intervento sia andato a buon fine. Dunque, non si conoscono le perdite di tempo come attesa di ricambi o di un manutentore con le competenze opportune. Conoscere i dati relativi alle perdite consentirebbe di effettuare analisi che diano supporto al management per valutare investimenti in formazione, ampliamento del magazzino o ammodernamento delle linee.

Ad oggi, per effettuare analisi che si basano sui report delle manutenzioni, lo strumento che offre un livello di dettaglio più alto è la mail inviata dal manutentore al responsabile.

CAPITOLO 4 – Analisi dei dati e proposte migliorative

L'obiettivo di questo capitolo è quello di arrivare a proporre soluzioni migliorative alle criticità riscontrate al capitolo 3 e che siano attuabili immediatamente e con risultati tangibili nel breve e medio periodo. Il capitolo è un insieme di procedure che possono essere descritte in quattro punti. Come visto al Paragrafo 3.4, dal sistema informativo è possibile estrarre un file con lo storico di tutti gli interventi di manutenzione effettuati in determinato intervallo temporale. Tra le informazioni registrate per ogni intervento è presente una nota integrativa compilata dal manutentore in eseguito a risoluzione dell'anomalia. Il punto di partenza è la classificazione degli interventi di manutenzione estratti in base al contenuto informativo di queste note. Al fine di creare un database che consenta di effettuare analisi sui guasti robuste, è necessaria una selezione degli interventi basata sul contenuto informativo della nota integrativa.

costruzione di un database, a partire dai dati registrati dal sistema informativo utilizzato nel plant, che consenta di sviluppare analisi quantitative robuste.

Una volta classificati gli interventi si può procedere alla creazione di un database in modo da trasformare il contenuto delle note in un linguaggio standard, utile per effettuare degli studi sia quantitativi che qualitativi.

Grazie al database costruito poi, è possibile individuare quali sono le stazioni critiche di una linea di produzione e quali sono le relative principali anomalie. Attraverso la definizione di specifici criteri decisionali che saranno descritti nei paragrafi, si deciderà quali sono le stazioni e le relative anomalie da analizzare.

Infine, sulla base di criteri che saranno descritti nei paragrafi 4.4 e 4.5 si vuole capire se risulta possibile elaborare soluzioni migliorative che abbiano benefici osservabili nel breve e medio periodo. Nel capitolo 6 saranno proposte soluzioni che hanno benefici riscontabili nel lungo periodo.

Dato l'alto numero di linee dello stabilimento, il management ha proposto di analizzare una delle linee più rappresentative in termini di incidenza nel fatturato, ovvero la linea 37. Chiaramente, le procedure d'analisi possono anche essere estese anche alle restanti linee.

4.1 Descrizione del database di partenza

Per l'elaborazione dell'analisi dei guasti è stato estratto un file Excel da AS400 con tutti gli interventi di manutenzione straordinaria da Gennaio 2017 a Dicembre 2019. Ad ogni riga del foglio Excel corrisponde un intervento. Per ogni intervento il sistema informativo registra:

- Linea di riferimento
- Reparto
- Natura del guasto (meccanica, idraulica, elettrica o elettronica)
- Tempo di ripristino
- Costo dell'intervento
- Tempo di fermo
- Data
- Nota integrativa.

Per maggior chiarezza è necessario specificare la differenza tra tempo di ripristino del guasto e tempo di fermo. Il tempo di fermo è il tempo in cui la produttività dell'impianto è pari a zero a causa del guasto. Il tempo di ripristino è invece il tempo necessario al manutentore per risolvere una determinata anomalia, che potrebbe anche non interrompere il flusso produttivo della linea, ma solo diminuire le prestazioni della macchina in termini di qualità o tasso di produzione. Pertanto, il tempo di ripristino è sempre maggiore del tempo di fermo, in quanto il primo include il secondo e tiene conto anche del tempo necessario al manutentore per effettuare riparazioni o sostituzioni di componenti. Infine, la nota integrativa è una breva descrizione delle operazioni svolte dal manutentore per il ripristino di un'anomalia.

4.2 Classificazione degli interventi in base al contenuto informativo delle note

Sulla base delle informazioni relative al componente interessato e alla soluzione adottata per il ripristino di un'anomalia contenuti nelle note, è stata effettuata una classificazione. In particolare, sono state individuate tre tipi di note:

1. *Note di classe 1.* Si tratta di note ad alto contenuto informativo. Dalla nota è possibile individuare più o meno chiaramente: stazione, guasto e soluzione. Una nota di questo tipo si compone di due parti. Nella prima parte compare una breve descrizione del guasto redatta dal capoturno per far capire al manutentore l'anomalia verificatasi sulla linea. Nella seconda parte, invece, compare la descrizione tecnica dell'intervento redatta dal manutentore.
2. *Note di classe 2.* Sono note con un medio contenuto informativo, in cui è specificato la stazione ed è fornita solo un'informazione tra guasto e soluzione. Infatti, è possibile che il

capoturno, basandosi sulle sue competenze e sulla sua esperienza, abbia fornito una breve descrizione dell'anomalia, ma non si è tenuto traccia delle informazioni relative al tipo di intervento che dovrà effettuare il manutentore. Viceversa, a seguito di una segnalazione verbale al manutentore da parte di un addetto di produzione, è possibile che sulla nota compaia solamente la descrizione dell'intervento effettuato dalla Manutenzione. Questa seconda casistica risulta più completa in termini di contenuto informativo in quanto le competenze del manutentore sono più tecniche ed offrono un livello di dettaglio superiore ai fini dell'analisi.

3. *Nota di classe 3.* Sono le note con il più basso contenuto informativo. Contengono al massimo informazioni come linea o stazione di riferimento, oppure informazioni incomprensibili.

Ai fini dell'analisi sono state utilizzate solo le note appartenenti alle prime due classi.

4.3 Creazione di un nuovo database sulla base della classificazione degli interventi

Il database estratto da AS400 e introdotto al Paragrafo 4.1 non è adatto per effettuare un'analisi dei guasti, in quanto le informazioni più significative sono fornite dalla nota integrativa compilata da capoturno e manutentore. Non avendo degli standard sulla compilazione delle note, il risultato è un database in cui compaiono guasti uguali, ma denominati in modo diverso. Pertanto, risulta difficile individuare quei guasti che si ripetono nel tempo. Per ovviare a questa criticità, è stato necessario modificare il database di partenza cercando di identificare in quale stazione si è manifestato il guasto, il componente che interessa e la soluzione all'anomalia. In pratica, la prima fase del lavoro di analisi è di generare un vero e proprio database che consenta di effettuare lo studio statistico dei guasti.

Al database precedentemente costruito sono state inserite tre colonne in modo da sintetizzare e standardizzare le informazioni contenute nelle note integrative.

La prima colonna è stata inserita per identificare la stazione di riferimento. Nella seconda colonna figura il tipo di anomalia. Infine, nella terza viene indicata la soluzione adottata.

Colonna relativa alle stazioni

La linea 37 è composta da stazioni in serie, ognuna delle quali effettua alcune operazioni specifiche. Tutte le stazioni sono codificate con codici alfanumerici. Al fine di indentificare la localizzazione del guasto, è stata aggiunta una colonna al database per registrare la stazione in cui si verifica l'anomalia. Nel database generato da AS400 esiste già una colonna corrispondente alla stazione luogo del guasto, ma non è stato ancora implementato l'inserimento di questa informazione dall'interfaccia del sistema informativo.

Identificazione del problema

Con l'inserimento di questa colonna si è voluto identificare quali sono i problemi che si verificano con più o meno frequenza alle stazioni della linea. L'utilizzo di un linguaggio semplificato faciliterà in seguito l'elaborazione di diagrammi di Pareto per individuare quali sono le criticità su cui presentare delle proposte migliorative. Per creare questo linguaggio è stato necessario indagare attraverso delle interviste al caporeparto, ai capiturno, ai manutentori e agli addetti dell'ufficio Industrializzazione che gentilmente hanno offerto il loro bagaglio d'esperienza. Grazie al loro contributo è stato possibile raccogliere quelle note indicanti lo stesso tipo di anomalia nella medesima locuzione. Come scritto in precedenza, le note compilate per lo stesso tipo di guasto possono risultare apparentemente diverse, in quanto scritte da manutentori e capiturno diversi. Per rendere il file Excel più compatto possibile, le locuzioni contengono al massimo due parole. Ad esempio, tutte quelle note relative ad interventi a chiavistelli, ripari o barriere sono state incluse nella categoria "*Riparo*". Banalmente invece, quando la nota si riferisce ad un intervento riguardante la sensoristica, la categoria associata è "*Sensore*".

Infine, è da sottolineare che le note di classe 2 che non presentano informazioni sul componente interessato, ma solamente la soluzione adottata per il ripristino della linea, sono state raggruppate identificate con l'attributo "*Non specificato*". Esempi di note di questo tipo possono essere quei guasti per cui il capoturno ha segnalato un'anomalia in una determinata stazione e il manutentore ha dichiarato di aver risolto attraverso una semplice pulizia o reset della linea. Queste note sono utili per stilare una classifica delle stazioni più critiche.

Soluzione adottata

È stata inserita nel database la colonna relativa alle soluzioni agli interventi effettuati sia dal manutentore, sia dal capoturno (nei casi di anomalie relativamente semplici da risolvere). Come per la colonna descritta al paragrafo precedente, si è costruito un linguaggio semplificato che consentirà in seguito di elaborare delle analisi statistiche. In accordo col responsabile della manutenzione, si è ritenuto che possa risultare utile individuare quali sono quegli interventi più frequenti nel tempo, soprattutto in ottica dell'implementazione di una strategia di manutenzione preventiva. Infatti, è possibile individuare quali sono quei componenti che si usurano con più frequenza, oppure se ci sono lavorazioni che generano polveri e che quindi comportano la pulizia periodica delle macchine. Riuscire ad individuare la ciclicità di queste anomalie significherebbe anticipare il guasto e ridurre il tempo di fermo macchina attraverso politiche di manutenzione preventiva. Sono stati individuati sei tipi di interventi:

- *Reset* di una stazione o di tutta la linea. Consiste nel riavvio del software dell'intera linea o della singola stazione (qualora sia ne sia provvista). Praticamente sarebbe la classica operazione "spegni e accendi".
- *Sostituzione* di un componente o utensile in seguito a rottura o usura.
- *Pulizia* di una stazione o di parte di essa. Consiste nella pulizia attraverso l'utilizzo di appositi prodotti, strumenti aspiranti o carta abrasiva.
- *Regolazione.* Rientrano in questa categoria il riposizionamento degli utensili e dei sensori, la modifica di alcuni parametri e alcune riparazioni manuali degli strumenti. In generale si parla di regolazione quando il manutentore effettua delle operazioni manuali direttamente sulle macchine.
- *Intervento dell'industrializzazione.* Per quei problemi che richiedono competenze più tecniche è possibile chiamare in causa gli addetti dell'Ufficio dell'Industrializzazione. Infatti, essi hanno partecipato alla progettazione e costruzione delle linee insieme al fornitore e quindi possiedono sia esperienza sia competenze tecniche specifiche.
- *Intervento del fornitore.* Quando non si riesce a gestire internamente la risoluzione di un'anomalia si richiede l'aiuto del costruttore della linea, qualora ancora in attività, altrimenti ad un'azienda che presenta le opportune competenze.

Questa classificazione non è rigida ed è pertanto possibile risolvere un'anomalia attraverso due o più tipi di intervento. Ad esempio, è possibile che un guasto sia determinato da un cattivo posizionamento di un sensore e dalla presenza di polveri su di esso. Pertanto, saranno necessari sia il riposizionamento, sia la pulizia del sensore.

4.4 Analisi dei dati

In accordo con il Responsabile della Manutenzione dello stabilimento Dayco di San Bernardo (TO), il primo passo per elaborare proposte migliorative al sistema manutentivo è studiare ed analizzare lo storico degli interventi di manutenzione straordinaria. Questa scelta scaturisce dal fatto che è necessario avere uno strumento di supporto per individuare le diverse direzioni in cui agire. In primo luogo, studiare lo storico degli interventi è utile per individuare quei guasti che si ripetono nel tempo e cercare di trovare soluzioni, come ad esempio la manutenzione preventiva o aggiornamenti tecnologici alle macchine.

In secondo luogo, riuscire a mappare le anomalie alle linee più frequenti, può risultare utile per l'implementazione di un nuovo sistema organizzativo della manutenzione preventiva. In particolare, si ricercano quei guasti le cui soluzioni sono relativamente elementari come una regolazione o una pulizia. Nel caso sia necessaria una semplice pulizia della macchina, si potrebbe attribuire agli

operatori di linea e il capoturno la risoluzione dell'anomalia. Inoltre, anche le revisioni periodiche delle linee, come il controllo del funzionamento degli impianti luminosi o dei filtri, potrebbero essere anch'essi affidati agli operatori di produzione. In questo modo si riuscirebbe ad alleggerire il carico di lavoro degli addetti alla manutenzione preventiva, coinvolgendo anche il personale di produzione. Per l'analisi del database costruito, è stata ideata una procedura. I passi di tale procedura sono i seguenti:

1. Calcolo degli indicatori *Number Impact* (NI) e *Lost Sales* (LS) per ogni stazione di una linea (Paragrafo 4.4.1).
2. Valutazione degli indicatori e selezione delle stazioni critiche sulla base di criteri descritti al Paragrafo 4.4.2.
3. Analisi dettagliata delle stazioni critiche seguendo le procedure presentate al Paragrafo 4.4.3.

Questa procedura è utile per stornare dal database quelle stazioni che non risultano critiche o che, a causa delle scarse informazioni risulterebbero impossibile da analizzare.

4.4.1 Modalità di calcolo degli indicatori *Lost Sales* (LS) e *Number Impact* (NI)

Per impostare un'analisi robusta è necessario disporre di indicatori di performance che guidino la procedura presentata al paragrafo 4.4. Sono stati scelti due indicatori che verranno calcolati per ogni stazione: *Lost Sales* (LS) e *Number Impact* (NI). Con questi indicatori si vuole verificare l'incidenza dei guasti di ogni singola stazione sul totale dei guasti all'intera linea. In particolare, l'indicatore *Lost Sales* offre una panoramica, per ogni stazione, sull'impatto economico dei fermi per manutenzione. Inoltre, tra le perdite economiche, andrebbero considerati i costi dei ritardi definiti nei contratti coi clienti. Questi costi includono sia la penale per ogni giorno di ritardo rispetto alla data di consegna, sia il costo del trasporto che in genere è a carico del cliente. Tuttavia, risulta difficile stimare la perdita legata ritardi in quanto le penali variano di cliente in cliente, e il costo del trasporto dipende dalla distanza tra il plant di San Bernardo e quello del cliente, oltre che dal vettore logistico scelto da quest'ultimo. Dunque, questi costi saranno trascurati nella stima della perdita e saranno considerati solo quelli di mancata produzione durante il tempo di fermo per manutenzione. Per calcolare l'impatto LS_i (*Lost Sales*) di una stazione in termini economici occorre applicare la seguente formula:

$$LS_i = p * C * T_i$$

dove:

- p è il prezzo medio di listino del codice prodotto da una determinata linea. Si tratta di un valore medio poiché il prezzo di listino è variabile nel tempo.
- C è la capacità oraria della linea espressa in pezzi/ora.

- T_i è il tempo di fermo (espresso in ore) per manutenzione della stazione negli ultimi tre anni. Si utilizza un intervallo pari a tre anni per avere un campione di dati significativo.

Invece, il *Number Impact* è il rapporto tra il numero di interventi effettuati su una stazione ed il numero complessivo di interventi effettuati sulla linea in un determinato orizzonte temporale:

$$NI_i = \frac{Numero\ di\ interventi\ effettuati\ sulla\ stazione\ i}{Numero\ totale\ di\ interventi\ effettuati\ sulla\ linea}$$

Per calcolare gli indicatori occorre estrapolare dal database il numero di interventi e il tempo di fermo per manutenzione per ogni stazione. Questo è possibile generando due tabelle pivot mediante Excel, una per ottenere il totale delle ore di fermo e una per ottenere il numero di interventi nell'orizzonte temporale scelto.

4.4.2 Selezione delle stazioni critiche

Una volta calcolati gli indicatori, occorre stabilire un criterio per individuare quali sono le stazioni più critiche. Il criterio scelto è molto semplice. Come descritto nel flow chart (Figura 4.4), per ogni stazione entrambi gli indicatori NI_i e LS_i devono risultare maggiori rispettivamente delle soglie **δ** e **τ**. Il *Number impact* è un numero percentuale e quindi anche alla soglia **δ** corrisponderà ad un valore compreso tra 0 e 1. Il *Lost Sales* invece, rappresenta il fatturato perso durante i tempi di fermo ed è pertanto un valore che indica dell'ordine di migliaia di euro. La scelta di legare ad una soglia la decisione di analizzare o meno una stazione nasce dalla necessità di avere un criterio chiaro e univoco. Le soglie possono essere stabilite arbitrariamente in base alla linea. La loro scelta dipende dall'incidenza, sia in termini di numero di interventi (soglia δ), che dal punto di vista economico (soglia τ).

Il *Number Impact* consente di individuare quelle stazioni che causano più fermi, mentre il *Lost Sales* fornisce indicazioni su quanto i tempi di fermo di una stazione incidano economicamente. Chiaramente i due indicatori sono correlati, poiché è presumibile che ad alti valori di NI corrispondano alti valori di LS e viceversa. Tenere traccia sia del numero di interventi che dell'impatto economico può risultare utile per individuare i casi limite. Infatti, è possibile avere stazioni con molti micro-guasti, che richiedono interventi rapidi, e stazioni in cui si manifestano raramente delle anomalie, ma che presentano tempi di ripristino molto lunghi, quindi anche dispendiosi economicamente.

4.4.3 Analisi dettagliata delle stazioni più critiche

Una volta individuate le stazioni più critiche, occorre effettuare un'analisi più dettagliata per scoprire quali sono le cause dei guasti e quanto questi siano determinanti in termini di costi, tempi ed eventualmente sicurezza. Lo scopo di un'analisi dettagliata è di avere un supporto per quelle che saranno le proposte migliorative dell'apparato manutentivo dello stabilimento. Anche per quanto riguarda l'analisi dettagliata è stata ideata una procedura composta degli step seguenti:

1. *Individuazione delle anomalie.* Per avere una panoramica delle anomalie a cui è soggetta una stazione di una linea, basta estrapolare dal database una tabella pivot. La tabella pivot ha la funzione di contare il numero di interventi effettuati in un determinato orizzonte temporale per ogni anomalia. Per individuare quali sono quelle più frequenti, è sufficiente ordinare i valori della tabella in ordine decrescente.
2. *Anomalia risolta nel tempo.* È possibile che un'anomalia sia stata superata nel tempo, magari a seguito di aggiornamenti tecnologici ideati dall'Ufficio dell'Industrializzazione. Per stabilire se un'anomalia è stata superata nel tempo, basta verificare se questa si è manifesta anche recentemente. Infatti, dato un determinato orizzonte temporale in cui effettuare l'analisi, è opportuno verificare se un'anomalia si verifica lungo tutto l'intervallo in esame. In particolare, se le manifestazioni di un'anomalia si concentrano solamente nella prima porzione di intervallo e quindi più recentemente non si registra sul database alcun accadimento, l'anomalia può essere trascurabile. Invece, se le manifestazioni dell'anomalia sono distribuite lungo tutto l'intervallo scelto per l'analisi, si procede al passo successivo.
3. *Valutazione delle criticità di un'anomalia.* Per individuare quali elementi o sottogruppi necessitano di un'analisi più approfondita, è opportuno valutarne la criticità. Gerarchicamente, gli aspetti da valutare sono tre:
    a. *Rischio per la sicurezza dei lavoratori*. È necessario capire se il guasto di un determinato dispositivo può mettere a rischio la salute dell'operatore, durante l'attività produttiva. Se il rischio per la salute dei lavoratori è alto, l'anomalia necessita deve essere tenuta in considerazione dal Team di manutenzione. Al contrario, se l'anomalia non compromette la sicurezza degli operatori di produzione, si procede col passo successivo.
    b. *Stima e valutazione della perdita economica generata dai guasti.* Il guasto di un dispositivo può generare un fermo, un rallentamento della produzione o un decadimento della qualità dei prodotti della linea. Nel caso in cui la perdita economica non sia sostenibile, è opportuno valutare la sostituzione o addirittura l'aggiornamento della strumentazione obsoleta. Pertanto, spetta al management valutare se un'anomalia

è economicamente sostenibile o meno. Se un'anomalia determina perdite eccessive, deve essere analizzata ed eventualmente trovata una soluzione per minimizzare i costi per l'azienda. In caso contrario, si procede col passo successivo.

c. *Frequenza delle manifestazioni dell'anomalie, imputabilità del guasto e ed eventuale costo di risoluzione definitiva di un'anomalia.* Studiare la frequenza delle manifestazioni di una determinata anomalia può risultare utile per stabilire se risulta poco significativa o critica. Anomalie che si manifestano raramente, con frequenza media compresa tra 1 e 3 all'anno, possono essere ritenute trascurabili, poiché gli impatti a livello di sicurezza e di perdita economica vengono stimati nei due passi precedenti. Infatti, anomalie poco frequenti ma pericolose per l'operatore, oppure che richiedono tempi lunghi di ripristino, sono state individuate negli step precedenti. Inoltre, esistono anomalie che oltre a presentare delle frequenze di manifestazione molto basse, non sono imputabili ad una cattiva gestione del Team di manutenzione, ma dipendono da fattori esterni, come ad esempio un calo di tensione, un blackout o alcuni lotti di componenti che non rispettano le conformità in termini qualitativi. Infine, può risultare conveniente valutare un'eventuale risoluzione definitiva dell'anomalia attraverso l'inserimento di interventi specifici sul piano di manutenzione preventiva, oppure con l'investimento in strumentazione più prestazionale. In entrambi i casi occorre confrontare il costo di un'ipotetica risoluzione con le perdite registrate a causa di una determinata anomalia.

Dunque, anomalie che non rappresentano dei rischi per i lavoratori, che non determinano perdite insostenibili, e che richiedono interventi di manutenzione significativamente lunghi, possono essere trascurate nell'analisi della criticità delle anomalie. Per procedere all'analisi di una determinata anomalia basta che questa risulti critica anche per solo uno dei tre aspetti sopra descritti.

Individuazione della perdita economica generata dai guasti

Così come nel paragrafo 4.4.1, dove per decidere quale stazione analizzare si calcola la perdita economica generata dai fermi alle stazioni si è calcolato l'indicatore LS_i, anche per ogni singola anomalia si può fare un ragionamento analogo. Per far ciò viene utilizzato un indicatore che mostra l'impatto economico di un'anomalia per l'azienda. Questo indicatore viene denominato *Lost Sales Failures* (LSF_j) e viene calcolato per ogni anomalia j presente nella tabella pivot estratta dal database. Per calcolare l'indicatore LSF_j di un'anomalia si applica la seguente formula:

$$LSF_j = p * C * T_j$$

dove:

- *p* è il prezzo medio di listino del codice trattato da una determinata linea. Presenta lo stesso valore che assume per il calcolo di LS_i al paragrafo 4.4.1.
- C è la capacità oraria della linea espressa in pezzi/ora. Anche in questo caso il dato è il medesimo del paragrafo 4.4.1.
- T_j è il tempo di fermo totale (espresso in ore) per manutenzione dell'anomalia j-esima in un determinato orizzonte temporale ed è ottenuto da una tabella pivot estrapolata dal database.

Una volta calcolati gli LSF_j per ogni anomalia (un esempio sarà fornito al Capitolo 5), occorre valutare quali sono i valori limite da accettare. Per decidere quali sono le anomalie potenzialmente critiche, occorre fissare una soglia. Come nel paragrafo 4.4.2, per la scelta della soglia si è scelto di ragionare sulla perdita di fatturato derivante dalla mancata produzione a causa dei fermi per manutenzione, in quanto pesa nel bilancio delle perdite dello stabilimento. Dunque, se un'anomalia causa perdite di fatturato in un determinato orizzonte temporale superiori alla soglia λ risulta necessario un approfondimento ed eventualmente una proposta migliorativa.

Alla fine dell'esaminazione di ogni anomalia attraverso la procedura indicata in questo paragrafo, si otterrà una lista di anomalie per le quali saranno proposte, laddove possibile delle soluzioni migliorative.

4.5 Elaborazione di proposte migliorative sulla base delle analisi delle anomalie

Una volta individuate le anomalie significative è possibile elaborare delle opportune strategie di risposta. In base al contesto analizzato, è stata elaborata una strategia basata sulla natura dell'anomalia. Sono state individuate tre tipi di anomalie:

- *Anomalia mitigabile attraverso il miglioramento delle competenze tecniche del Team di Manutenzione.* Sono quelle anomalie che richiedono delle competenze tecniche piuttosto elevate. Di conseguenza, i tempi di fermo risultano dilatati.
- *Anomalia di natura tecnologica*. Si tratta di anomalie imputabili all'obsolescenza della strumentazione e andrebbe valutato un eventuale investimento in aggiornamenti tecnologici.
- *Anomalia riconducibile alla qualità dei componenti.* Le linee dello stabilimento Dayco hanno la funzione di assemblare componenti provenienti da fornitori localizzati in ogni parte del mondo. Poiché da policy aziendale non è previsto il controllo in accettazione dei componenti, anche i lotti non conformi alle specifiche finiscono sulle linee di produzione per l'assemblaggio.

- *Anomalia di natura organizzativa*. Sono quelle anomalie determinate da una non ottimale efficacia dell'attuale strategia di manutenzione preventiva oppure dalla mancanza di ricambi in magazzino.

Quindi, sulla base dello studio di alcuni parametri e grazie alla collaborazione sia del Team di Manutenzione che dell'Ufficio dell'Industrializzazione, è possibile stabilire in quale casistica ricade un'anomalia. Infatti, grazie alla loro esperienza e alle loro competenze tecniche è possibile stabilire se un'anomalia è superabile grazie all'aggiornamento della strumentazione, alla collaborazione coi fornitori per quanto riguarda la qualità dei componenti, all'implementazione una strategia di manutenzione preventiva più efficacie, al miglioramento della gestione del magazzino ricambi oppure all'inserimento di una nuova risorsa qualificata. Dunque, individuata la natura dell'anomalia sarà poi possibile elaborare una strategia di risposta per ognuna di esse.

4.5.1 Inserimento di una nuova risorsa

Esistono anomalie che, a seconda del momento in cui si manifestano, richiedono tempi di ripristino molto lunghi (a volte pari anche a 12 ore) o magari non vengono risolte nel migliore dei modi. In entrambi i casi una risoluzione non ottimale è imputabile alle scarse competenze tecniche del manutentore che si ritrova a far fronte all'anomalia. Infatti, non tutti i manutentori possiedono competenze specifiche relative alla programmazione PLC o comunque conoscenza di software di automazione industriale. Anzi, solo un componente del Team di Manutenzione presenta queste competenze e, operando in solo uno dei tre turni giornalieri, non può garantire la copertura nelle altre due fasce orarie.

Per quanto riguarda la lunghezza dei tempi risultano dilatati perché la mancanza di personale qualificato nei due turni non coperti costringe la linea al fermo fino al turno in cui è presente l'addetto in grado di ripristinare una determinata anomalia.

Invece, per risoluzioni non ottimali si intendono quelle anomalie risolte con un semplice riavvio del software che gestisce una stazione o dell'intera linea. Chiaramente, resettare la stazione non può essere considerata la soluzione al problema, bensì uno spostamento dello stesso.

4.5.5 Elaborazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva

L'attuale piano di manutenzione preventiva del parco linee del plant di San Bernardo è stato elaborato sulla base dell'esperienza del personale responsabile dell'implementazione della strategia. Non avendo uno strumento come il database costruito per questo lavoro di tesi, il personale responsabile della manutenzione preventiva non ha una base informativa da supporto per le proposte di interventi periodici. Infatti, gli interventi figuranti nell'attuale piano sono frutto delle osservazioni dei guasti nel tempo da parte di capireparto, manutentori e addetti dell'Ufficio dell'Industrializzazione. Quel che si vuole proporre attraverso questo lavoro di tesi è un piano che non stravolga l'attuale, ma che inserisca nuovi interventi sulla base di analisi del database costruito. In base alle necessità dell'apparato manutentivo e alle informazioni disponibili, gli aspetti da esaminare sono tre:

1. *Definizione dell'intervento e la relativa attribuzione della responsabilità* al fine di stabilire "chi fa cosa".
2. *Durata prevista degli interventi* in quanto necessaria in fase di pianificazione.
3. *Frequenza degli interventi* fondamentale per capire ogni quanto intervenire.

Definizione dell'intervento e la relativa attribuzione della responsabilità

Avere un sistema di manutenzione che funziona in modo efficiente significa coinvolgere tutto il personale delle varie funzioni aziendali. Quello che ci si propone di fare è cercare di distribuire gli interventi per la prevenzione delle anomalie su tutto il personale dello stabilimento che si interfaccia con le linee di produzione sulla base del livello di complessità della risoluzione. La complessità di una determinata anomalia può essere carpita guardando alle relative soluzioni emerse durante un orizzonte temporale scelto. Attraverso la collaborazione tra manutentori, capireparto e addetti dell'Ufficio dell'Industrializzazione è possibile distinguere due tipi di risoluzioni, ovvero ad alta e bassa complessità.

Ricadono nella prima categoria quelle anomalie le quali soluzioni risultano piuttosto semplici. La loro responsabilità può essere affidata al personale di produzione, il quale, previo un piccolo periodo di formazione, può occuparsene senza difficoltà.

Ricadono nella seconda categoria invece, quelle anomalie che richiedono delle competenze piuttosto avanzate e che solo un personale altamente qualificato può risolvere. Si tratta di anomalie come la sostituzione di componenti, oppure la modifica di alcuni parametri di lavorazione (per esempio la velocità di rotazione di un utensile). Una volta individuata la complessità dell'anomalia, è possibile definire sia l'azione da effettuare, sia il soggetto del plant che deve occuparsi dell'intervento di manutenzione utile per prevenirne la manifestazione. Per azione si intende l'operazione richiesta dal piano per la prevenzione dell'anomalia. Il nuovo piano di manutenzione preventiva non deve risultare

definitivo, ma deve mutare nel tempo grazie alla costruzione di un nuovo sistema di raccolta dati più preciso e puntuale di quello attuale, sistema che sarà presentato nel capitolo successivo.
Parallelamente alla costruzione del nuovo strumento però, occorre elaborare un piano provvisorio, ma comunque basato su delle analisi e dei calcoli robusti. Il piano proposto è una soluzione ibrida tra una strategia di manutenzione preventiva e una a guasto. Infatti, si è scelto di suddividere ogni intervento del piano preventiva in due fasi, ovvero una prima fase di monitoraggio della strumentazione e una seconda fase, che prevede l'esecuzione vera e propria di un'azione manuale (regolazione, riparazione, pulizia o sostituzione). Il modello proposto viene definito ibrido perché presenta sia gli aspetti tipici di una strategia di manutenzione preventiva, sia quelli relativi ad una strategia a guasto. In particolare, la prima fase di monitoraggio della strumentazione segue le logiche di una strategia preventiva in quanto per stabilire dove e ogni quanto intervenire, occorre effettuare delle analisi dello storico dei guasti. In seguito al monitoraggio, se ritenuto necessario si può procedere alla seconda fase di intervento prettamente manuale, logica tipica di una strategia a guasto che prevede di intervenire non appena si manifesta un'anomalia.
Poiché, come spiegato nel paragrafo 4.2 l'inserimento dell'informazione sul sistema informativo riguardo gli interventi eseguiti dai manutentori è un aspetto critico, è stato ritenuto opportuno inserire il monitoraggio in quanto non si riesce a valutare con esattezza quale operazione effettuare su un determinato componente di una linea. Infatti, non si riesce a capire dal database a disposizione ogni quanto pulire, sostituire, regolare o riparare un determinato elemento. Queste informazioni più precise saranno disponibili non appena si riuscirà a costruire lo strumento che sarà descritto nel capitolo successivo. Non appena sarà realizzato il nuovo strumento di raccolta delle informazioni sarà possibile saltare la prima fase di monitoraggio, procedendo direttamente all'esecuzione di interventi ideati sulla base di analisi statistiche.
Per quanto riguarda l'attribuzione della responsabilità dell'intervento, sia della fase di monitoraggio sia dell'esecuzione dell'azione manuale, si è scelto di affidarla in base alla complessità dell'intervento e dell'impatto potenziale che avrebbe una manifestazione in termini di sicurezza per i lavoratori.
La prima fase di monitoraggio consiste nella semplice osservazione della strumentazione soggetta a guasto. Nel caso in cui a seguito del monitoraggio si constatano delle anomalie, come ad esempio delle perdite d'olio oppure della strumentazione fuori posizione o sporca, si procede alla seconda fase della strategia, ovvero dell'esecuzione di un'azione manuale risolutiva.
La prima fase di monitoraggio di tutti gli elementi indicati nel piano di manutenzione preventiva deve essere attribuita al personale di produzione, in particolare al capoturno e al suo vice. Tuttavia, esistono delle eccezioni. Il monitoraggio di quella strumentazione che qualora incorresse a guasto, determinerebbe dei rischi per gli infortuni dei lavoratori deve essere affidato alle migliori risorse del

plant, ovvero i manutentori. Un esempio di elementi di questo tipo può essere fornito dai ripari delle linee, cioè i pannelli basculanti in plexiglass che rivestono le stazioni. Risulta potenzialmente pericolosa poiché nel caso in cui un operatore o un manutentore debba intervenire per la rimozione di un corpo estraneo presente sulla strumentazione, il riparo può chiudersi mentre viene effettuata l'operazione, causando l'infortunio alla testa o alla schiena. Inoltre, esistono elementi per i quali risulta complesso anche il riconoscimento di anomalie, come ad esempio quelle relative a dispositivi meccanici come i prementi. In questi casi, il monitoraggio deve essere affidato al Team di Manutenzione.

Per quanto riguarda la seconda fase della strategia, l'individuazione dei soggetti a cui affidare la responsabilità delle azioni risolutive prettamente manuali quali regolazione, riparazione, pulizia o sostituzione dei componenti si basa sulla complessità dell'intervento. Gli interventi a bassa complessità vengono affidati al personale di produzione, mentre quelli ad alta complessità al Team di Manutenzione. Un esempio di intervento che può effettuare il personale di produzione è la pulizia di un vibratore. Gli interventi che verranno affidati al Team di Manutenzione sono quelli che richiedono competenze riguardo l'utilizzo di utensili, come ad esempio le sostituzioni di componenti meccanici ed elettrici. Inoltre, al fine di carpire la complessità delle risoluzioni, possono risultare utili grafici o tabelle estrapolati dal database. Ad esempio, attraverso le tabelle e i grafici è possibile individuare per ogni anomalia quali sono state le risoluzioni più frequenti. Infatti, è possibile estrapolare dal database degli istogrammi che mostrino quali siano, per ogni anomalia, le soluzioni più frequenti da parte del Team di Manutenzione.

Infine, esistono delle casistiche in cui non risulta necessario il monitoraggio della strumentazione. Si tratta di quei componenti per cui è noto il ciclo di vita del prodotto. Possedere questo dato significa che è possibile anticipare il guasto intervenendo anzitempo sostituendo il componente. Di fatto, in questi casi si salta la prima fase di monitoraggio, poiché si procede periodicamente alla sostituzione preventiva dei componenti soggetti ad usura.

I benefici di suddividere le azioni in due fasi distinte sono molteplici. In primo luogo, si coinvolge anche il personale di produzione e questo significa responsabilizzare l'operatore di produzione che diventa centrale nel mantenimento degli asset aziendali. Inoltre, facendo partecipare il personale di produzione all'attività manutentiva, si toglie del carico di lavoro al Team di Manutenzione, che potrà dedicarsi esclusivamente agli interventi che richiedono competenze tecniche più elevate. Infine, per il personale di produzione i tempi di percorrenza verso i punti su cui effettuare gli interventi di manutenzione preventiva risultano trascurabili in quanto già sul posto per svolgere le abituali attività produttive.

Dunque, la nuova strategia di manutenzione conterrà un'informazione aggiuntiva, ovvero il ruolo della persona che dovrà occuparsi del monitoraggio periodico, e il ruolo del soggetto che dovrà eventualmente intervenire nell'azione risolutiva.

Durata prevista per gli interventi

Un'altra informazione importante per quanto riguarda un intervento di manutenzione presente nel nuovo piano è la durata di un intervento. Risulta importante conoscere l'entità di questi tempi in fase di pianificazione degli interventi, in quanto si deve fermare la produzione qualora necessario. Per ottenere una stima della durata di un intervento è possibile utilizzare l'indicatore *Mean Time To Repair* (**MTTR**), calcolato come la media della durata degli interventi di manutenzione per una determinata anomalia. Questo indicatore fa riferimento solo ed esclusivamente all'esecuzione di un'azione risolutiva manuale (fase 2 della strategia). La durata del monitoraggio (fase 1), laddove previsto, non interrompe la produzione ed è pertanto considerata trascurabile. Inoltre, non risulta necessario arrestare la linea per il monitoraggio della strumentazione, ma è sufficiente il controllo visivo da parte di manutentori e personale di produzione.

Quindi, la formula di calcolo dell'indicatore per la anomalia j-esima è la seguente:

$$MTTR_j = \frac{\sum_{t=1}^{N_j} d_t^j}{N_j}$$

Dove:

- d_t^j è la durata dell'intervento di manutenzione avvenuto al tempo t per risolvere l'anomalia j-esima;
- N_j è il numero totale di anomalie di tipo j registrate in un determinato orizzonte temporale.

Dunque, come per l'attuale piano di manutenzione preventiva, il nuovo piano conterrà l'informazione relative al tempo previsto per effettuare l'intervento.

Frequenza degli interventi

Per implementare una strategia di manutenzione preventiva è fondamentale capire, in media, ogni quanto tempo si verifica una determinata anomalia. Questo perché si vuole anticipare il guasto in un determinato punto di una linea. In questi casi, l'indicatore che meglio approssimerebbe la frequenza di un intervento di manutenzione preventiva è il tempo medio tra due guasti consecutivi, ovvero *Mean Time Between Failures* (**MTBF**). Poiché la strategia proposta è un modello ibrido tra una di manutenzione preventivo e una a guasto, le frequenze calcolate fanno riferimento alla prima fase di monitoraggio. Dunque, ogni valore di MTBF indicherà l'intervallo entro il quale eseguire l'ispezione ad un determinato elemento. Sulla base dei valori presentati dall'indicatore per ogni anomalia, è possibile anticipare l'accadimento del guasto intervenendo anzitempo ispezionando la strumentazione. La formula per il calcolo è la seguente:

$$MTBF_j = \frac{\sum_t \Delta_t^j}{N_j}$$

Dove:

- Δ_t^j rappresenta l'ampiezza dell'intervallo di tempo tra due guasti consecutivi di j.
- N_j è il numero totale di anomalie di tipo j registrate in un determinato orizzonte temporale.

Tuttavia, a causa del basso contenuto informativo del database a disposizione, i valori di Δ_t^j risultano molto sfalsati tra di loro e quindi i valori di $MTBF_j$ risulterebbero poco veritieri. Ciò che si può fare è, per ogni anomalia, prelevare il valore minimo di Δ_t^j in modo da assicurarsi che il Team di Manutenzione riesca ad anticipare la manifestazione del guasto. Dunque, per ogni anomalia bisognerà selezionare il valore:

$$f_j = min_j(\Delta_t^j)$$

In questo modo a cadenza f_j, è possibile effettuare l'ispezione anticipando la manifestazione dell'anomalia j-esima. Il rischio di fissare le frequenze di intervento in questo è modo è di avere valori di f_j troppo bassi rispetto alla reale necessità, anticipando di troppi giorni l'esecuzione dell'intervento. Si può far fronte a questa criticità attraverso un continuo aggiornamento dei valori di MTBF, abbinata ad un miglioramento del sistema di inserimento dell'informazione sul sistema informativo. Infatti, i valori degli intervalli Δ_t^j devono essere aggiornati continuamente in modo da avere dei valori di f_j sempre più vicini al valore reale dell'indicatore MTBF. Dunque, l'individuazione dei valori di f_j è solo una fase di transizione nell'attesa che tutta l'architettura informativa funzioni correttamente.

CAPITOLO 5 - Applicazione della procedura ad una linea dello stabilimento di San Bernardo

Per valutare la bontà della procedura proposta occorre testarla attraverso l'analisi di una linea del plant di San Bernardo. Per due motivi è stata scelta la linea 37.

In primo luogo, questa linea è una delle più rappresentative dello stabilimento in quanto realizza prodotti ad alta domanda e che hanno quindi un'alta incidenza sul fatturato dello stabilimento (circa l'8%). Non solo, l'alta domanda richiede straordinari nel week-end. Dunque, minimizzare le perdite economiche imputabili ai fermi a questa linea significherebbe migliorare le prestazioni economiche dell'azienda.

In secondo luogo, dimostrare che i ragionamenti sviluppati ai paragrafi precedenti funzionano su uno degli impianti più importanti dello stabilimento può essere da esempio per le altre linee, e quindi portare al miglioramento delle prestazioni di tutto il plant di San Bernardo.

5.1 Classificazione degli interventi in base al contenuto informativo delle note

Per quanto riguarda la linea 37, i risultati della classificazione esposta al paragrafo 4.2 sono riportati in seguito. Su suggerimento del Responsabile di Manutenzione, sono stati scelti per l'analisi tutti gli interventi effettuati negli ultimi tre anni. Gli interventi effettuati sulla linea 37 negli ultimi tre anni emersi da AS400 risultano 1100. Di questi 1100, 543 risultano di *classe 1*, 195 di *classe 2* e 362 di *classe 3*.

Inoltre, tra gli interventi di *classe 2*, figurano 153 note che non forniscono informazione sulla soluzione al guasto e 42 note che non forniscono informazione sull'anomalia, ma descrivono le operazioni effettuate dal manutentore.

Secondo il criterio esposto in precedenza, ai fini dell'analisi sono stati utilizzati gli interventi appartenenti alle prime due classi. Riepilogando gli interventi utilizzati per l'analisi sono 738, mentre quelli scartati 362. Dunque, il 32,9% degli interventi non è risultato utilizzabile poiché il contenuto informativo della nota è poco esaustivo o addirittura incomprensibile. Si evince quindi uno speco informativo significativo, in quanto non si è tenuto traccia di informazioni rilevanti riguardo a 362 interventi effettuati in tre anni sulla linea 37.

5.2 Creazione del database sulla base della classificazione degli interventi

La prima informazione da ricercare nella nota di intervento è la stazione di una determinata linea presso la quale si è manifestato un guasto.

La linea 37 produce tensionatori per il comparto ausiliare del motore. È una linea dedicata alla realizzazione di due prodotti, uno per Ford, codificato in TAL1213, e l'altro per PSA, ovvero il TAL862. Si tratta di una linea semi automatica in quanto la movimentazione del semilavorato avviene attraverso dei pallet posti sopra un nastro trasportatore. Gli operatori intervengono nel processo per caricare il kit di componenti sui pallet e per prelevare il prodotto finito. È composta di 15 stazioni in serie (Figura 5.1):

- **Stazioni 1 e 2**: *Carico componenti ed ingrassaggio*. Gli operatori posizionano sul pallet l'*arm*, la *molla a tazza* e la *cassa* e provvedono ad applicare manualmente del grasso sulle giunture dei componenti. Ai margini questa stazione è presente un nastro trasportare diretto alla stazione 10. Su questo nastro viene caricata manualmente la puleggia che verrà avvitata al semilavorato.
- **Stazione 3**: *Controllo componenti*. È composta da un sistema di sensori, telecamere e laser che ha le funzioni di rilevare la presenza o il corretto posizionamento dei componenti caricati alle stazioni precedenti.
- **Stazione 4**: *Ingrassaggio automatico*. Ha la funzione di ingrassare il pivot assemblato nelle stazioni successive.
- **Stazione 5 e 6**: *Assemblaggio molla*. Una pressa pianta la molla alla cassa servendosi del pivot ingrassato alla stazione precedente. Le due stazioni hanno la medesima funzione. L'unica differenza è che lavorano due prodotti diversi. La stazione 5 lavora il prodotto TAL1213, mentre la 6 il TAL862. Quindi a seconda del lotto di produzione solo una delle due sarà attiva, con l'altra conseguentemente a riposo.
- **Stazione 7**: *Ribaltamento TAL862*. In questa stazione avviene il ribaltamento del semilavorato al fine di prepararlo per la lavorazione successiva. Un braccio meccanico fa ruotare di 180 gradi il semilavorato. Funziona solamente per il codice TAL862.
- **Stazione 8**: *Rifollatura TAL862*. Un robot, attraverso un punzone, scanala un particolare disegno sul semilavorato. Le stazioni 7 e 8 sono attive soltanto per il prodotto di PSA.
- **Stazione 9**: *Ribaltamento TAL1213*. Ha esattamente la stessa funzione della stazione 7, ma per il prodotto di Ford.

- **Stazione 10:** *Avviatura.* In questa stazione avviene l'avvitatura della puleggia alla cassa e il fissaggio del *dust cover*.
- **Stazione 11:** *Ribaltamento*. Questa stazione avviene il ribaltamento del semilavorato. È doveroso precisare che non viene mai attivata per la produzione dei tensionatori di Ford e PSA.
- **Stazione 12:** *Controllo dimensionale*. Il semilavorato viene misurato da un gruppo di sensori e laser. Se non rispetta le specifiche il sistema lo registra e finirà nella scatola degli scarti.
- **Stazione 13:** *Controllo torsionale e inserimento lock-up pin*. In questa stazione avviene una sorta di simulazione del funzionamento del prodotto all'interno del motore. Questo è possibile grazie ad un robot che simula la vibrazione del motore. Inoltre, subito dopo il controllo torsionale, attraverso un robot viene inserito l'ultimo componente, ovvero il *lock-up pin*.
- **Stazione 15:** *Marcatura*. È l'ultima lavorazione del processo. Il semilavorato viene posto una marcatrice laser che disegna il logo della casa automobilistica e incide il numero del lotto di produzione.
- **Stazione 14:** *Prelievo dei prodotti difettosi*. Un robot preleva dal pallet il prodotto, qualora difettoso, e lo indirizza verso l'apposito cesto degli scarti (torsionale o dimensionale). Ovviamente, se il prodotto è conforme, continua il suo percorso sul pallet fino in prossimità della stazione 1, dove gli operatori provvedono al confezionamento.

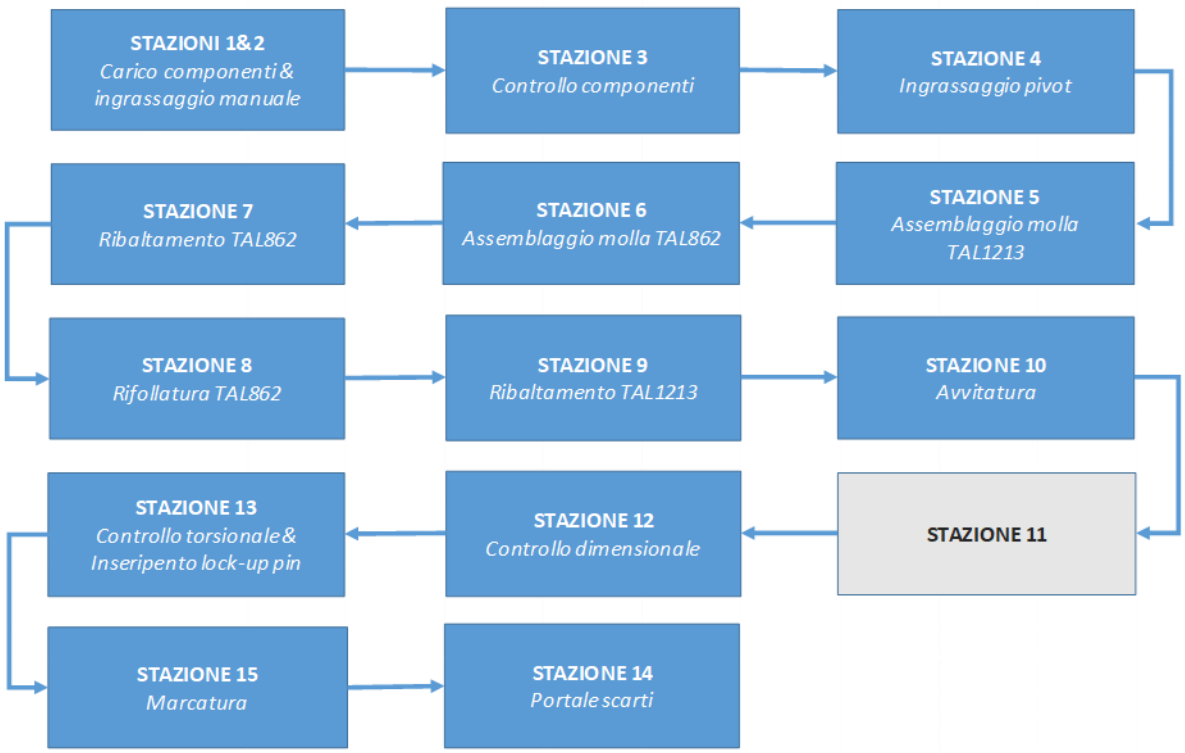

Figura 5.1. *Schema della linea 37*

Una volta individuata la stazione luogo del guasto, si può procedere a compilare il file Excel con le informazioni relative all'identificazione dell'anomalia e alla risoluzione del guasto, come descritto nel paragrafo 4.3.

5.3 Analisi dei dati relativi alla linea 37

Una volta redatto il database, è possibile analizzare la linea 37. Sono stati calcolati gli indicatori *Lost Sales* e *Number Impact* come spiegato nel Paragrafo 4.4.1. Nel caso della linea 37 gli indicatori calcolati sono riportati nelle tabelle seguenti. Nella Tabella 5.1 in Appendice sono riportati il tempo di fermo (espresso in ore), la perdita di produzione (*Lost Production*) in termini di pezzi e l'indicatore LS_i.

Il tempo di fermo è stato ottenuto dalla tabella pivot e rappresenta le ore totali di fermo per manutenzione di ogni stazione negli ultimi tre anni. La *Lost Production* rappresenta il numero di pezzi non prodotti durante i fermi per manutenzione ed è stata calcolata moltiplicando le ore di fermo per la capacità oraria della linea. Per i calcoli sono stati utilizzati il prezzo medio di listino dei codici prodotti dalla linea 37, pari a 5,35€/pz, e la capacità oraria produttiva (188pz/h).

Il prezzo medio di listino è il risultato della media dei prezzi dei codici trattati dalla linea 37. I prezzi fanno riferimento al periodo compreso tra marzo e ottobre 2019. La capacità invece, è stata fornita dal caporeparto.

Per quanto riguarda il *Number Impact*, i risultati sono riportati nella tabella 5.2. Il numero di interventi è stato ottenuto estraendo una tabella pivot dal database e rappresenta il numero totale di manutenzione ad ogni stazione negli ultimi tre anni.

5.3.1 Valutazione degli indicatori e selezione delle stazioni critiche

Dopo aver calcolato gli indicatori è possibile selezionare le stazioni critiche della linea 37. Per far ciò occorre confrontare i valori di LS e NI per la stazione i-esima con delle soglie δ e τ.

<u>*Scelta di δ*</u>

Per la scelta della soglia si è scelto di ragionare sulla significatività del campione dei dati a disposizione per l'analisi. È stato assunto che per un'analisi statistica attendibile occorre un campione composto da almeno 60 dati. Quindi per trovare un valore indicativo può essere applicata la seguente formula:

$$\frac{60}{N}$$

Dove N è il numero totale di interventi ad una linea in un determinato orizzonte temporale. Pertanto, nel caso della linea 37 la soglia δ è stata stimata pari a $\frac{60}{738} \approx 8\%$, dove 738 è il numero totale di interventi effettuati sulla linea 37 negli ultimi 3 anni.

Scelta di τ

Per la scelta della soglia si è scelto di ragionare sulla perdita di fatturato derivate dalla mancata produzione a causa dei fermi per manutenzione. I valori LS_i dipendono dal prezzo di listino del prodotto trattato da una linea di produzione, dalla capacità oraria della linea e dal tempo di fermo. A parità di tempo di fermo e di capacità, è il prezzo che determina il valore di LS_i. È compito del management, in particolare del cost controller e del responsabile di produzione, stabilire il valore LS_i massimo da accettare tenendo conto della marginalità dei prodotti. Una volta calcolati i valori di LS_i basta verificare che siano superiori alla soglia τ per stabilire se una stazione necessita di un'analisi più approfondita. In accordo col management il valore massimo accettabile di LS_i per le stazioni della linea 37 è di 50 K€. Questo significa che la massima perdita accettabile di fatturato per una stazione della linea 37 è di 50 K€ negli ultimi 3 anni. Pertanto, la soglia τ è stata fissata pari a 50k€.

Per definire una stazione critica, occorre verificare che per ogni stazione sia NI_i che LSi risultino maggiori rispettivamente delle soglie δ e τ. La Tabella 5.3 mostra l'applicazione del criterio.

Sono stati utilizzati due tipi di flag per indicare se le condizioni descritte precedentemente vengono soddisfatte o meno. Nel caso di flag rosso la condizione non viene soddisfatta, mentre nel caso di flag verde sì. Per decidere se una stazione necessita di un'analisi più dettagliata, basta verificare la presenza di un flag verde nella relativa cella dell'ultima colonna. Pertanto, seguendo questo criterio le stazioni da analizzare sarebbero solamente quattro, ovvero le stazioni 3,6, 10 e 13. Tuttavia, la stazione 7 non risulta critica per quanto riguarda l'indicatore *Number Impact*, ma presenta un valore del *Lost Sales* significativo. Dunque, anche la stazione 7 deve essere esaminata ai paragrafi successivi. Riepilogando, gli indicatori *Number Impact* e *Lost Sales* assumono i seguenti valori per quanto riguarda le stazioni da analizzare (Tabella 5.4).

Stazione i-esima	NI_i	LS_i (K€)
STAZIONE 3	13,55%	113,7
STAZIONE 6	9,08%	89,9
STAZIONE 7	5,42%	78,6
STAZIONE 10	36,99%	291,9
STAZIONE 13	15,04%	136
Totale complessivo	80,1%	710,1

Tabella 5.4. *Stazioni critiche emerse dalla valutazione degli indicatori*

Come si può evincere dalla Tabella 5.4 sulle stazioni critiche sono stati effettuati l'80,1% degli interventi e sono responsabili di una perdita di fatturato pari a circa 710,1 K€ negli ultimi tre anni. Di seguito saranno analizzate le stazioni utilizzando la procedura descritta al paragrafo 4.4.3.

5.3.2 Analisi dettagliata delle stazioni più critiche della linea 37

Una volta individuate le stazioni più critiche della linea 37, occorre analizzarle cercando di carpire quali sono le anomalie più significative. In questo modo, sarà possibile individuare quali sono gli elementi delle stazioni su cui focalizzare l'attenzione e proporre delle relative soluzioni migliorative. Dunque, ogni anomalia j-esima rilevata per ogni stazione i-esima dovrà essere esaminata attraverso la procedura descritta al Paragrafo 4.4.3. Qualora risultasse critica, saranno proposte delle soluzioni migliorative, viceversa saranno considerate trascurabili.

STAZIONE 10

Passo 1: ***Individuazione delle anomalie***

La stazione più critica della linea 37 è la 10. La Tabella 5.5 in Appendice mostra tutte le anomalie riscontrate nella stazione 10 negli ultimi tre anni. Queste sono tutte le anomalie che si sono manifestate sulla linea 37 e che dovranno essere esaminate ai passi successivi della procedura

Passo 2: ***Valutazione della distribuzione nel tempo delle manifestazioni delle anomalie***

Attraverso dei grafici estrapolati dal database è possibile osservare la distribuzione nel tempo delle manifestazioni per ogni anomalia. Poiché il procedimento risulta uguale per tutte le anomalie, in questo paragrafo saranno forniti solamente due esempi di anomalie, una risolta nel tempo e una potenzialmente critica. La conclusione del paragrafo presenta una tabella riassuntiva che mostra il risultato dell'analisi per ogni anomalia. Come scritto anche nei paragrafi precedenti, il database contiene gli interventi di manutenzione straordinaria effettuati dal 2017 al 2019. Per ogni anomalia, è stato costruito un grafico a dispersione per valutare la concentrazione delle manifestazioni nei tre anni in esame. Se nell'ultimo anno, ovvero il 2019, non si osserva alcuna manifestazione, allora l'anomalia è trascurabile. L'anomalia scelta per esemplificare un'anomalia potenzialmente critica è quella denominata *Posizionamento Robot.* Come si può evincere dalla Figura 5.2, le manifestazioni di tale anomalia sono distribuite lungo tutto il periodo dei tre anni tenuti in considerazione. Pertanto, l'anomalia è da considerarsi potenzialmente critica e deve essere esaminata ai passi successivi della procedura.

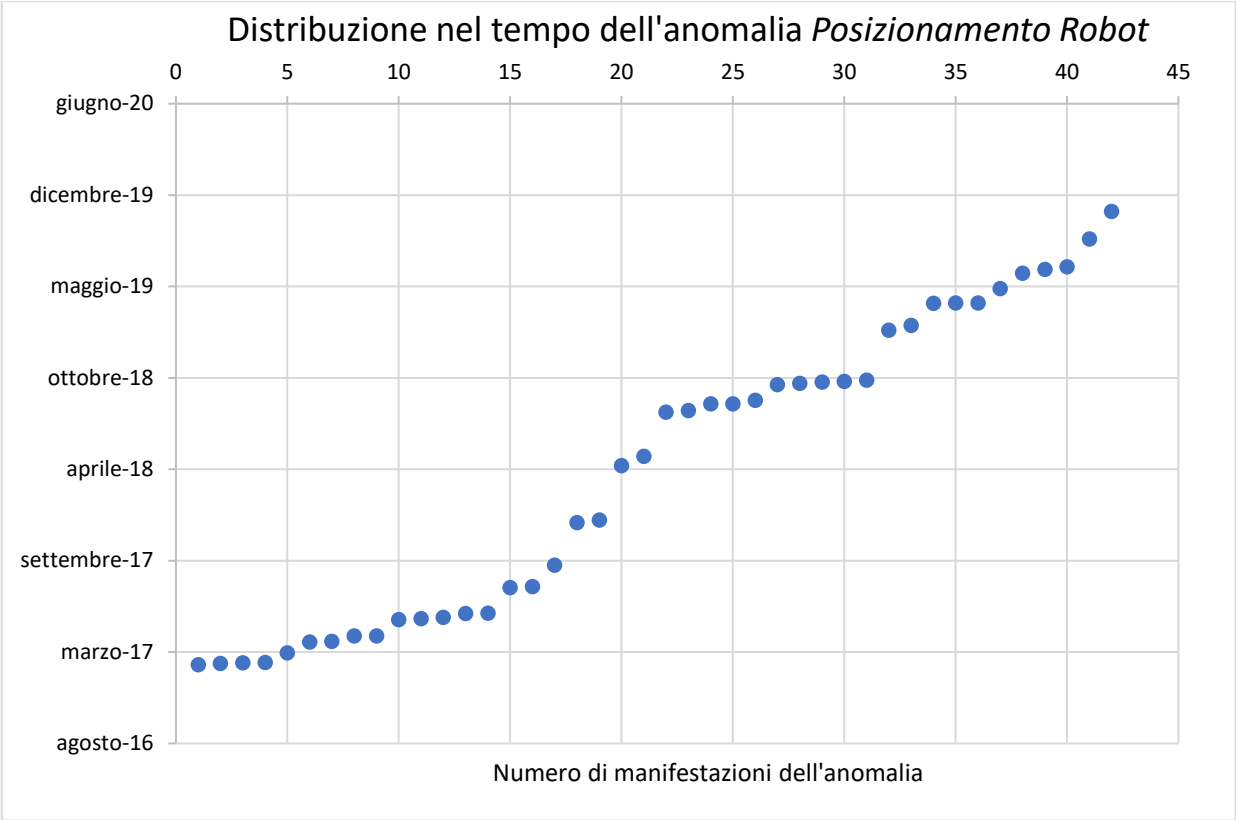

Figura 5.2. *Esempio di anomalia non superata nel tempo.*

Invece, per quanto riguarda le anomalie trascurabili, è stato scelto come esempio *Anomalie ad alte stazioni.* Come si può evincere dalla Figura 5.3, le manifestazioni di tale anomalia si interrompono a novembre 2018. Pertanto, l'anomalia è da considerarsi trascurabile e non necessita di essere esaminata ai passi successivi della procedura. Tale anomalia consisteva in problemi ad altre stazioni che richiedevano il reset della stazione 10, ma fortunatamente è stata superata nel tempo grazie alla collaborazione tra Manutenzione e Industrializzazione.

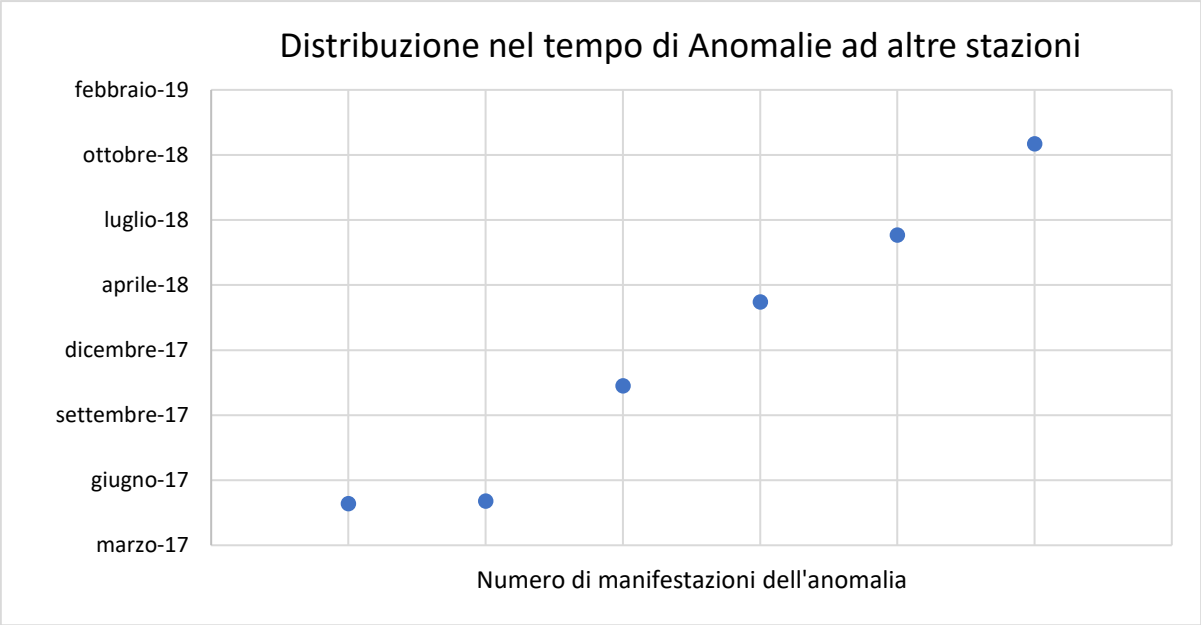

Figura 5.3. *Esempio di anomalia superata nel tempo.*

Per le altre anomalie si è proceduto in modo analogo ai due esempi forniti di sopra. Il risultato è riassunto nella Tabella 5.6 in Appendice. Nella seconda colonna compare un flag verde se l'anomalia j-esima si è manifestata nell'ultimo dei tre anni scelti per l'analisi, ovvero il 2019. Viceversa, se l'anomalia j-esima non si è manifestata nel 2019, nella seconda colonna compare un flag rosso e può considerarsi superata e quindi trascurabile.

Alla fine del secondo passo della procedura, il numero di tipi di anomalie potenzialmente critiche è passato da 40 a 29. Infatti, 11 tipi di anomalie possono essere trascurabili, in quanto sembrano stati superati nel tempo. Pertanto, le anomalie da esaminare al passo successivo sono presentate nella Tabella 5.7 in Appendice.

Passo 3a: ***Individuazione delle anomalie rischiose per i lavoratori***

Essendo la linea 37 semiautomatica, gli operatori non vengono coinvolti direttamente nelle lavorazioni, evitando quindi il contatto con la strumentazione, ma svolgono solo la funzione di caricare i componenti nelle stazioni 1 e 2 e di prelevare il prodotto finito dal pallet alla fine del processo. Dunque, anche per quanto riguarda la stazione 10, in cui avviene l'avvitatura della puleggia al semilavorato, le uniche anomalia potenzialmente pericolose per gli operatori sono quella relativa al riparo, cioè il pannello basculante in plexiglass che riveste la stazione, e quella relativa alla perdita d'olio da parte dell'avvitatore. La prima anomalia risulta potenzialmente pericolosa poiché nel caso in cui un operatore o un manutentore debba intervenire per la rimozione di un corpo estraneo presente sulla strumentazione, il riparo può chiudersi mentre viene effettuata l'operazione, causando l'infortunio della persona. Invece, la perdita d'olio può risultare pericolosa se copiosa, poiché il lubrificante può insinuarsi fra la strumentazione e giungendo a terra può rendere scivoloso il pavimento con conseguente rischio caduta per gli operatori. Pertanto, queste due anomalie necessitano di maggiore attenzione e saranno trattate nei paragrafi successivi, dove verranno proposte delle soluzioni migliorative.

Ricapitolando, le anomalie che dovranno essere esaminate ai passi successivi della procedura sono elencate nella Tabella 5.8 in Appendice.

Alla fine del passo 3a della procedura, il numero di tipi di anomalie potenzialmente critiche da esaminare al passo 3b è passato da 29 a 27. Infatti, le anomalie relative al riparo e alla perdita d'olio risultano già critiche per quanto riguarda il rischio infortuni e andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.4.

Passo 3b: ***Stima e valutazione della perdita economica generata dai guasti***

Per ogni anomalia ereditata dal passo precedente, è stato calcolato l'indicatore LSF_j, applicando la formula del Paragrafo 4.4.3. Una volta ottenuti i valori dell'indicatori occorre verificare la seguente diseguaglianza:

$$LSF_j \geq \lambda$$

Su suggerimento del management, il valore massimo accettabile di LSF_j per le anomalie della stazione 10 è di 3K€. Questo significa che la massima perdita accettabile di fatturato per un'anomalia della stazione 10 è di 3K€ negli ultimi tre anni. Pertanto, la soglia λ è stata fissata pari a 3K€. Il risultato è rappresentato dalla Tabella 5.9 in Appendice.

Pertanto, alla fine del passo 3b della procedura, solo otto tipi di anomalie risultano ancora potenzialmente critiche e devono essere esaminate al passo successivo. Le altre 18 anomalie risultano già critiche in quanto per ognuna di essa sono state riscontrate perdite negli ultimi tre anni per almeno 3K€. Per queste anomalie, se possibile, andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.4.1. Dunque, le anomalie da esaminare al passo successivo sono presentate in Tabella 5.10 presente in Appendice.

Alla fine del passo 3b della procedura, le anomalie che dovranno essere esaminate al passo 3c sono otto. Diciassette anomalie risultano già significative per quanto riguarda l'impatto economico e andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.41.

Passo 3c: ***Valutazione della frequenza delle manifestazioni dell'anomalie e imputabilità del guasto***

Le anomalie da esaminare a questo passo della procedura hanno delle frequenze di manifestazione molto basse, come si può evincere dalla Tabella 5.11 in Appendice. Si tratta di anomalie che si sono manifestate da una a tre volte negli ultimi tre anni e quindi possono ritenersi trascurabili.

Inoltre, anomalie come un blackout sono difficilmente prevedibili e la relativa contromisura è stata già presa con appositi strumenti che proteggono la strumentazione da guasti permanenti. Pertanto, anche su suggerimento dell'addetto dell'Ufficio dell'Industrializzazione, queste otto anomalie essere possono essere considerate trascurabili.

STAZIONE 13

Passo 1: ***Individuazione delle anomalie***

La seconda stazione più critica della linea 37 è la 13. La Tabella in Appendice 5.12 mostra tutte le anomalie riscontrate nella stazione 13 negli ultimi tre anni.

Passo 2: ***Valutazione della distribuzione nel tempo delle manifestazioni delle anomalie***

Poiché il procedimento da seguire per individuare se un'anomalia alla stazione 13 è stata superata nel tempo risulta analogo di quello adottato per la stazione 10, sarà fornita solo una Tabella 5.13 in Appendice riepilogativa che mostri quali anomalie dovranno essere esaminate al passo successivo.

Alla fine del secondo passo della procedura, il numero anomalie potenzialmente critiche è passato da 24 a 13. Infatti, 11 anomalie possono essere trascurabili, in quanto sembrano state superate nel tempo. Pertanto, le anomalie da esaminare al passo successivo sono elencate in Tabella 5.14 in Appendice.

Passo 3a: ***Individuazione delle anomalie rischiose per i lavoratori***

Come per la stazione 10, anche il riparo che riveste la stazione 13 risulta pericoloso per il rischio infortunio degli operatori. La ragione è medesima, ovvero poiché nel caso in cui un operatore o un manutentore debba intervenire per la rimozione di un corpo estraneo presente sulla strumentazione, il riparo può chiudersi mentre viene effettuata l'operazione causando l'infortunio della persona. Dunque, anche in questo caso l'anomalia sarà trattata al Paragrafo 5.4.2, dove verranno proposte delle soluzioni migliorative. Ricapitolando, alla fine del passo 3a della procedura, il numero di anomalie potenzialmente critiche da esaminare al passo 3b, è passato da 13 a 12. Infatti, l'anomalia relativa al riparo risulta già critica per quanto riguarda il rischio infortuni.

Passo 3b: ***Stima e valutazione della perdita economica generata dai guasti***

Come per la stazione 10, anche per la 13, è stato calcolato l'indicatore LSF_j per ogni anomalia ereditata dal passo precedente. Anche in questo caso occorre verificare che:

$$LSF_j \geq \lambda$$

Inoltre, la soglia λ è stata assunta uguale come per la stazione 10, ovvero pari a 3K€. Ciò significa che anche per le anomalie della stazione 13, il valore massimo accettabile di LSF_j è di 3K€. Il risultato è rappresentato dalla Tabella 5.15 in Appendice.

Pertanto, alla fine del passo 3b della procedura, solo cinque anomalie risultano ancora potenzialmente critiche e devono essere esaminate al passo successivo. Le altre sette anomalie risultano già critiche in quanto per ognuna di essa sono state riscontrate perdite negli ultimi 3 anni per almeno 3K€. Per queste anomalie, se possibile, andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.4.2.

Ricapitolando, le anomalie da esaminare al passo successivo sono elencate in Tabella 5.16 in Appendice.

Passo 3c: ***Valutazione della complessità della risoluzione alle anomalie***

Le anomalie da esaminare a questo passo della procedura hanno delle frequenze di manifestazione molto basse, come si può evincere dalla Tabella 5.17 presente in Appendice. Si tratta di anomalie che si sono manifestate da una a quattro volte negli ultimi tre anni e quindi possono ritenersi trascurabili. Tuttavia, grazie alla consultazione con manutentori e l'addetto dell'Ufficio dell'Industrializzazione responsabile della linea 37, è emerso che per due di queste quattro anomalie possono essere proposte delle soluzioni migliorative (Paragrafo 5.4.2). Si fa riferimento alle anomalie relative alla slitta e al vibratore, mitigabili entrambe attraverso la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva. Invece, le anomalie relative all'azionamento e al grano di regolazione possono essere considerate trascurabili.

STAZIONE 3

Passo 1: ***Individuazione delle anomalie***

La terza stazione più critica della linea 37 risulta la 3. La Tabella 5.18 (Appendice) mostra tutte le anomalie riscontrate nella stazione 3 negli ultimi tre anni.

Passo 2: ***Valutazione della distribuzione nel tempo delle manifestazioni delle anomalie***

Così come per la stazione 13, è fornita una Tabella 5.19 in Appendice riepilogativa che mostri quali anomalie dovranno essere esaminate al passo successivo, costruita con le stesse logiche seguite per le due stazioni esaminate ai paragrafi precedenti.

Alla fine del secondo passo della procedura, il numero di anomalie potenzialmente critiche è passato da 7 a 6. Infatti, l'anomalia relativa al pallet può essere considerata trascurabile, in quanto il sistema informativo non ne ha registrato alcuna manifestazione nel 2019.

Passo 3a: ***Individuazione delle anomalie rischiose per i lavoratori***

Come per le stazioni 10 e 13, anche il riparo che riveste la stazione 3 risulta pericoloso per il rischio infortunio degli operatori. Le uniche differenze consistono nel materiale del riparo, ovvero un pannello scuro in legno, nel moto verticale che ne consente l'apertura e la chiusura. Tuttavia, risulta anch'esso pericoloso nel caso in cui un operatore o un manutentore dovesse intervenire per la rimozione di un corpo estraneo presente sulla strumentazione, il riparo se non bloccato correttamente, può chiudersi mentre viene effettuata l'operazione causando l'infortunio della persona.

Ricapitolando, le anomalie che dovranno essere esaminate ai passi successivi della procedura sono le elencati nella Tabella 5.20 in Appendice.

Pertanto, alla fine del passo 3a della procedura, il numero di anomalie potenzialmente critiche da esaminare al passo 3b, è passato da 6 a 5. Infatti, l'anomalia relativa al riparo risulta già critica per quanto riguarda il rischio infortuni e andrà valutata una soluzione migliorativa al Paragrafo 5.4.3.

Passo 3b: ***Stima e valutazione della perdita economica generata dai guasti***

Come per le due stazioni esaminate precedentemente, anche per la 3 è stato calcolato e valutato l'indicatore LSF_j per ogni anomalia ereditata dal passo precedente. Anche in questo caso occorre verificare che:

$$LSF_j \geq \lambda$$

Anche la il valore della soglia λ è stata assunta uguale, ovvero pari a 3K€. Ciò significa che anche per le anomalie della stazione 3, il valore massimo accettabile di LSF_j è pari a 3K€. Il risultato è rappresentato dalla Tabella 5.21 in Appendice.

Pertanto, alla fine del passo 3b della procedura, solo due anomalie risultano ancora potenzialmente critiche e devono essere esaminate al passo successivo. Le altre quattro anomalie risultano già critiche in quanto per ognuna di essa sono state riscontrate perdite negli ultimi tre anni superiori a 3K€. Per queste anomalie, se possibile, andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.4.3.

Ricapitolando, le anomalie da esaminare al passo successivo sono solo quella relativa all'amplificatore e quella relativa alla qualità dei componenti.

Passo 3c: ***Valutazione della frequenza delle manifestazioni dell'anomalie e imputabilità del guasto***

Le anomalie da esaminare a questo passo della procedura hanno delle frequenze di manifestazione molto basse, come si può evincere dalla Tabella 5.22.

Anomalia j-esima	Numero di volte in cui si è manifestata l'anomalia j-esima negli ultimi tre anni
QUALITÀ COMPONENTI	4
AMPLIFICATORE	2

Tabella 5.22. *Frequenze delle anomalie della stazione 3 giunte all'ultimo passo della procedura*

Si tratta di anomalie che si sono manifestate da due a quattro volte negli ultimi tre anni e quindi possono ritenersi trascurabili. Inoltre, per quanto riguarda la qualità dei componenti, si tratta di un'anomalia imputabile ai fornitori. Pertanto, considerata anche la bassa frequenza di accadimento, può essere considerata trascurabile.

STAZIONE 6

Passo 1: ***Individuazione delle anomalie***

La quarta stazione più critica della linea 37 è la 6. La Tabella 5.23 presente in Appendice mostra tutte le anomalie riscontrate nella stazione 6 negli ultimi tre anni.

Passo 2: ***Valutazione della distribuzione nel tempo delle manifestazioni delle anomalie***

Anche per quanto riguarda la stazione 6, il procedimento seguito per l'individuazione delle anomalie superate nel tempo risulta analogo di quello adottato per la stazioni esaminate precedentemente. Di seguito è fornita la Tabella 5.23 in Appendice riepilogativa che mostri quali anomalie dovranno essere esaminate al passo successivo. Alla fine del secondo passo della procedura, il numero di anomalie potenzialmente critiche è passato da 16 a 7. Infatti, le nove anomalie marcate da un flag rosso possono essere considerate trascurabili, in quanto sembrano state superate nel tempo. Tuttavia, anche se non sono stati registrati interventi di manutenzione straordinaria al riparo nel 2019, per ragioni di sicurezza quest'anomalia non può essere considerata trascurabile e sarà esaminata al passo successivo. Pertanto, le anomalie da esaminare al passo successivo sono quelle elencate in Tabella 5.24 (Appendice).

Passo 3a: ***Individuazione delle anomalie rischiose per i lavoratori***

Tra le anomalie della stazione 6 ereditate dal passo 2 solo quella relativa al riparo risulta potenzialmente pericolosa per gli operatori sia di produzione che di manutenzione. Pertanto, escludendo quella relativa al riparo, il numero di anomalie da esaminare al passo successivo varia da 8 a 7.

Passo 3b: ***Stima e valutazione della perdita economica generata dai guasti***

Come per le stazioni esaminate ai paragrafi precedenti, anche per le anomalie della stazione 6 occorre verificare che:

$$LSF_j \geq \lambda$$

Anche in questo caso la soglia λ è stata assunta pari a 3K€. Il risultato è riassunto nella Tabella 5.25 in Appendice.

Dunque, alla fine del passo 3b della procedura, due anomalie risultano ancora potenzialmente critiche e devono essere esaminate al passo successivo, ovvero quella relativa al pallet e al danneggiamento dei componenti. Le altre cinque anomalie risultano già critiche in quanto ognuna di essa ha fatto registrare perdite negli ultimi tre anni per almeno 3K€. Per queste anomalie, se possibile, andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.4.4.

Passo 3c: ***Valutazione della frequenza delle manifestazioni dell'anomalie e imputabilità del guasto***

Le anomalie alla stazione 6 da esaminare a questo passo della procedura hanno delle frequenze di manifestazione molto basse negli ultimi tre anni, rispettivamente pari a 4 per quella relativa al pallet e 1 per il danneggiamento dei componenti.

Grazie al suggerimento del caporeparto, l'anomalia ai pallet risulta mitigabile con una proposta che sarà descritta al Paragrafo 5.4.4. Mentre, per quanto riguarda il danneggiamento dei componenti, si è deciso di considerare trascurabile l'anomalia in quanto manifestatasi solo una volta negli ultimi tre anni.

STAZIONE 7

Passo 1: ***Individuazione delle anomalie***

La stazione 7 non risulta critica per quanto riguarda l'indicatore *Number Impact*, ma presenta un valore del *Lost Sales* significativo. Pertanto, un'esaminazione attraverso la procedura utilizzata per le stazioni 10,13,3 e 6 può far emergere delle criticità interessanti. Tutte le anomalie manifestatesi alla stazione 7 negli ultimi tre anni sono presentate nella Tabella 5.26 presente in Appendice.

Passo 2: ***Valutazione della distribuzione nel tempo delle manifestazioni delle anomalie***

Anche per quanto riguarda la stazione 7, il procedimento seguito per l'individuazione delle anomalie superate nel tempo risulta analogo di quello adottato per la stazioni esaminate precedentemente. Di seguito è fornita la Tabella 5.27 (Appendice) riepilogativa che mostri quali anomalie dovranno essere esaminate al passo successivo.

Alla fine del secondo passo della procedura, il numero di anomalie potenzialmente critiche si è considerevolmente ridotto, passando da 10 a 4. Infatti, sei anomalie possono essere considerate trascurabili, in quanto sembrano state superate nel tempo. Pertanto, le anomalie da esaminare al passo successivo sono quelle relative al sensore, alla pinza, al pallet e al riparo.

Passo 3a: ***Individuazione delle anomalie rischiose per i lavoratori***

La stazione 7 è delimitata da un riparo in plexiglass come le stazioni 10, 13 e 6. Anche questo riparo risulta pericoloso per il rischio infortunio degli operatori. La ragione è la medesima, ovvero il rischio infortunio del personale di manutenzione e produzione. Dunque, quest'anomalia necessita di maggiore attenzione e sarà trattata al Paragrafo 5.4 5, dove verrà proposta una soluzione migliorativa. Ricapitolando, dalle anomalie figuranti in tabella occorre stornare quella relativa al riparo e dovranno essere esaminate ai passi successivi solamente le rimanenti tre.

Passo 3b: ***Stima e valutazione della perdita economica generata dai guasti***

Come per le stazioni esaminate ai paragrafi precedenti, anche per le anomalie della stazione 7 occorre verificare che:

$$LSF_j \geq \lambda$$

Anche in questo caso la soglia λ è stata assunta pari a 3K€. Il risultato è rappresentato dalla Tabella 5.28.

Come si può evincere dalla Tabella 5.28 in Appendice, alla fine del passo 3b della procedura, solamente l'anomalia relativa alla sensoristica risulta ancora potenzialmente critica e deve essere esaminata al passo successivo. Le altre due anomalie risultano già critiche in quanto ognuna di essa ha fatto registrare perdite negli ultimi tre anni per almeno 3K€. Per queste anomalie, se possibile, andranno valutate delle soluzioni migliorative al Paragrafo 5.4.5.

Passo 3c: ***Valutazione della frequenza delle manifestazioni dell'anomalie e imputabilità del guasto***

L' unica anomalia della stazione 7 giunta al passo 3c della procedura è quella riguardante la sensoristica. Negli ultimi tre anni si è manifestata volte e volerla eliminare comporterebbe un investimento in strumentazione più moderna. Considerando l'impatto economico delle manifestazioni dell'anomalia e confrontandolo con il costo per un eventuale ammodernamento tecnologico, è facile dedurre che risulta conveniente considerare il guasto alla sensoristica trascurabile.

5.4 Elaborazione di proposte migliorative per la linea 37

Una volta individuate le anomalie critiche per ogni a stazione esaminata, è possibile elaborare delle strategie di risposta adeguate in modo da risolverle definitivamente o mitigarne gli impatti, soprattutto economici. Servendosi dei ragionamenti fatti al Paragrafo 5.3.2, in questo paragrafo saranno valutate diverse soluzioni migliorative.

5.4.1 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 10

La prima stazione per la quale saranno proposte delle soluzioni migliorative è la 10. Una volta identificate le anomalie critiche della stazione 10, occorre valutare se è possibile elaborare delle opportune strategie di risposta. In particolare, bisogna capire se un'anomalia è risolvibile (o mitigabile) attraverso l'aggiornamento della strumentazione, la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva, una migliore gestione del magazzino dei ricambi, l'inserimento di una nuova risorsa nel Team di Manutenzione oppure con il coinvolgimento dei fornitori nel caso di lotti non conformi. Per quanto riguarda la stazione 10, grazie alla collaborazione del personale di

produzione, del Team di Manutenzione e dell'Ufficio dell'Industrializzazione, sono state individuate le seguenti soluzioni migliorative (Tabella 5.29):

Anomalia j-esima	Anomalia risolvibile attraverso?
POSIZIONAMENTO ROBOT	*Aggiornamento della strumentazione*
SLITTA	*Manutenzione preventiva*
PANNELLO ROBOT	*Ricambio sempre presente in magazzino*
SENSORE ROBOT	*Aggiornamento della strumentazione*
NASTRO PULEGGIA	*Manutenzione preventiva*
SENSORE DUST	*Aggiornamento della strumentazione*
BUSSOLA AVVITATORE	*Manutenzione preventiva*
MOLLA AVVITATORE	*Manutenzione preventiva*
SPINA PALLET	*Manutenzione preventiva*
SENSORE	*Aggiornamento della strumentazione*
PINZA AVVITATORE	*Aggiornamento della strumentazione*
VIBRATORE DUST	*Manutenzione preventiva*
SENSORE AVVITATORE	*Aggiornamento della strumentazione*
PINZA ROBOT	*Aggiornamento della strumentazione*
PIASTRA AVVITATURA	*Manutenzione preventiva*
SENSORE BOLT	*Aggiornamento della strumentazione*
CANALINA VIBRATORE DUST	*Manutenzione preventiva*
QUALITÀ COMPONENTI	*Imputabile ai fornitori*
RIPARO	*Manutenzione preventiva*
PERDITA OLIO	*Manutenzione preventiva*

Tabella 5.29. *Strategie di risposta alle anomalie della stazione 10*

Anomalie mitigabili attraverso una migliore gestione del magazzino ricambi

Come si può evincere dalla Tabella 5.29, l'unica anomalia che è mitigabile attraverso una miglior gestione del magazzino è quella relativa al pannello del robot. Il pannello del robot è quel dispositivo che consente il controllo avanzato del movimento del robot. Questo elemento non risulta particolarmente critico in termini di frequenza di manifestazione dell'anomalia anzi, il guasto si è verificato una sola volta in Aprile 2019 e per il ripristino è stato necessario procedere alla sostituzione del pannello. Tuttavia, l'aspetto critico dell'intervento è la durata, ovvero pari a 20 ore, con conseguente elevata perdita di produzione. Questo perché il ricambio non era presente in magazzino e i tempi di attesa per ottenere il panello dal fornitore è risultato di questa entità. Quindi, al fine di evitare fermi della linea elevati basta controllare periodicamente se un pannello di riserva risulta presente nel magazzino ricambi. In alternativa, ogni qualvolta che si preleva dal magazzino il pannello si procede immediatamente all'ordinazione di uno da tenere in stock. Quest'operazione non è particolarmente complessa e può essere svolta tranquillamente dal magazziniere responsabile dello stock dei ricambi. Non risulta nemmeno particolarmente costosa, in quanto il costo unitario di un pannello è irrisorio, pari a 400,00 €, in relazione al fermo di 20 ore che genererebbe una perdita economica stimata pari a 20.116,00 €.

Anomalie evitabili attraverso il coinvolgimento dei fornitori

Come si può evincere dalla Tabella 5.29, tra le anomalie critiche ne figura una legata alla qualità dei componenti. Poiché non è previsto il controllo in accettazione della materia prima, Dayco si affida completamente alla qualità dichiarata dal fornitore. Tuttavia, può succedere che un lotto non rispetti le specifiche, danneggiando la strumentazione della linea, progettata per lavorare con componenti aventi determinate caratteristiche. In questi casi ciò che si può fare è di segnalare l'anomalia agli addetti della Qualità che, coadiuvati dalla Logistica, avviseranno il fornitore e insieme cercheranno di non farla accadere nuovamente in futuro.

Anomalie risolvibili attraverso l'aggiornamento della strumentazione

Come si può evincere dalla Tabella 5.29, le anomalie della stazione 10 risolvibili attraverso l'aggiornamento della strumentazione sono: *Posizionamento robot, Sensore robot, Sensore dust, Sensore, Pinza avitatore, Sensore avvitatore, Pinza robot* e *Sensore bolt.*

Nella categoria *Posizionamento robot* sono stati inseriti tutti quegli interventi volti a ripristinare la posizione del robot nella cosiddetta posizione di *homing,* ovvero la posizione a riposo. Le cause del cattivo posizionamento possono essere legate ad anomalie a dei sensori, alla presenza di sporcizia o a problemi al software della stazione. Infatti, nella maggior parte dei casi si risolve con riavvio della linea oppure pulendo e/o regolando la posizione dei sensori. È da sottolineare che un'anomalia collocata in questa categoria potrebbe far parte di quella descritta immediatamente in seguito. Purtroppo, come scritto ai paragrafi precedenti, molte volte il contenuto informativo delle note è poco esaustivo e quindi non è possibile capire fino in fondo cosa sia realmente accaduto.

La categoria *Sensore robot* include tutti quei guasti riguardanti la sensoristica del robot. I movimenti del robot sono guidati dai sensori. In generale, il cattivo funzionamento di un sensore determina la caduta o la mancata rilevazione della presenza dei componenti, oppure la collisione con gli altri elementi della stazione.

Con la categoria *Pinza robot* si identificano tutti quei guasti che determinano la caduta del bullone o della puleggia. La caduta dei componenti è generalmente causata dal malfunzionamento di anomalie ai sensori che rilevano la presenza del bullone.

La *Pinza dell'avvitatore* consente la presa del semilavorato dal pallet che transita attraverso la stazione. Analogamente alla pinza del robot, i guasti a questo elemento in genere dipendono dalla mancata rilevazione della presenza dei componenti da parte dei sensori posti sulla pinza.

La categoria *Sensore avvitatore* include tutti quei guasti riguardanti la sensoristica del gruppo di avvitatura. Infatti, i sensori guidano la traslazione dell'avvitatore sulla slitta, oppure hanno la funzione di rilevare il pezzo da processare e di verificarne il corretto posizionamento. In genere, le anomalie riguardanti i sensori richiedono un semplice riposizionamento.

Per quanto riguarda i sensori del dust cover e del bolt ha la funzione di rilevare la presenza rispettivamente dei dust cover appunto e dei bulloni. Sono collocati in più punti della stazione in quanto questi componenti vengono movimentati più volte.

Tuttavia, il contenuto informativo di alcune note non permette di localizzare perfettamente il guasto all'interno della stazione. È il caso della categoria *Sensore,* creata per identificare tutti quegli interventi risolutivi per anomalie alla sensoristica, indipendentemente dal tipo di sensore interessato.

Soluzione proposta

Le anomalie presentate al paragrafo precedente sono tutte imputabili ai sensori. Il responsabile della Manutenzione e l'addetto dell'Ufficio dell'Industrializzazione responsabile della linea 37 hanno proposto di sostituire tutta la sensoristica della stazione 10 per ovviare a queste anomalie. Poiché gli attuali sensori sono posti in punti in cui è molto probabile che si spostino dalla posizione originale a causa delle vibrazioni generate dalle lavorazioni, o che possono sporcarsi a causa delle polveri, si è pensato di sostituirli con dei sistemi di ultima generazione. Questo nuovo sistema prevede che i sensori siano "affogati" negli organi meccanici che movimentano i componenti ed effettuano le lavorazioni, vale a dire il robot e l'avvitatore. Essendo integrati con il resto della strumentazione, i sensori non saranno più soggetti a sporcizia e spostamento dalla posizione originale, eliminando di fatto le principali cause di fermo imputabili ai sensori. Inoltre, trattandosi di soluzioni molto sofisticate, la precisione di rilevazione della presenza dei componenti e dei movimenti dei robot risulterà molto più elevata.

Analisi Costo-Beneficio dell'aggiornamento della strumentazione

La soluzione presentata al paragrafo precedente prevede un investimento di 52.000 €. Occorre dunque valutare se investire tale cifra risulta conveniente per Dayco. Per far ciò, occorre confrontare la cifra dell'investimento con la perdita derivante dai fermi imputabili alla sensoristica della stazione 10 della linea 37. Per stimare la perdita sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Sono stati considerati gli interventi di manutenzione sulla sensoristica della stazione 10 effettuati dal 2017 al 2019.
- La linea 37 lavora 24 ore su 24 per 360 giorni all'anno. Di fatto questa assunzione è verosimile in quanto i codici prodotti da questa linea hanno domanda molto elevata e, di conseguenza, la produzione è continua nel tempo.
- Il nuovo sistema eliminerà completamente i fermi della stazione 10 imputabili ad anomalie alla sensoristica. In altri termini, il costo annuale di manutenzione straordinaria per la sensoristica può essere considerato trascurabile, in quanto si tratta di sistemi di ultima generazione che molto raramente incorrono ad anomalie.

Per valutare il beneficio economico dell'acquisto di un nuovo sistema di sensori per la stazione 10, sarà calcolato il *Net Present Value* (NPV) dell'investimento come segue:

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^{T} \frac{S - \tau A_t}{(1+i)^t}$$

Dove:

- I_0 è l'investimento iniziale, in questo caso pari al costo complessivo della sensoristica, ovvero 52.000 €.
- S (*Savings*) è il risparmio annuale derivante dalle mancate perdite di produzione causate dai fermi macchina per manutenzione. In altri termini, sarebbe il costo sostenuto dall'azienda se la strumentazione non fosse aggiornata e quindi se l'investimento non si facesse. Tra i costi della perdita produzione sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne e i costi dei componenti sostituiti negli interventi. Per semplicità è considerato un valore medio e in particolare la perdita annuale è stata calcolata dividendo per 3 la mancata produzione registrata dal 2017 al 2019, che risulta pari a 146.500 €. Dunque, dividendo per 3, cioè la dimensione in anni del database a disposizione (anni 2017, 2018 e 2019), la perdita annuale risulterà pari a 146.500/3 = 48.833,33 €/anno. Questa scelta scaturisce dalla necessità di avere un parametro annuale per poter calcolare il *Net Present Value* (NPV) dell'investimento, indicatore utilizzato per valutare il beneficio economico dell'ammodernamento della strumentazione.
- τ è l'aliquota fiscale assunta pari al 35%.
- A_t è l'ammortamento annuale della nuova strumentazione. Secondo la teoria dell'ammortamento lineare, è stato assunto pari ad un decimo dell'ammontare del costo d'acquisto, ovvero pari a 52.000 €/10 = 5.200 €/anno, in quanto è stata ipotizzata una vita utile di tutta la nuova sensoristica di 10 anni. Moltiplicando l'ammortamento per l'aliquota fiscale τ si ottiene lo scudo fiscale, ovvero il beneficio fiscale annuale dovuto appunto all'ammortamento.
- T è il periodo entro il quale si rientrare dall'investimento. La policy aziendale di Dayco prevede in genere di rientrare dagli investimenti entro due anni. Pertanto, T è stato fissato pari a 2.
- i è il costo del capitale utilizzato per l'investimento. Su suggerimento di un financial controller, è stato assunto pari al 5%.

Pertanto, l'NPV è pari a:

$$NPV = -52.000 + \sum_{t=1}^{2} \frac{48.833{,}33 + (0{,}35 * 5.200)}{(1+0{,}05)^t} \approx 42.185{,}34€$$

Dunque, dopo un investimento iniziale di 52.000 €, i benefici economici risultano piuttosto elevati, essendo il valore dell'NPV molto superiore a 0. Se si fosse trovato un valore negativo, allora l'investimento non sarebbe risultato conveniente per Dayco. Inoltre, come si può osservare si rientra

nell'investimento tra agli inizi del secondo anno rispettando la policy aziendale di recuperare gli investimenti entro due anni.

Elaborazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva

Come si può evincere dalla Tabella 5.29 le anomalie mitigabili grazie all'implementazione di un piano di manutenzione preventiva efficacie sono quelle relative alla slitta, al nastro puleggia, alla bussola dell'avvitatore, alla molla dell'avvitatore, alla spina pallet, al vibratore dei dust cover, alla piastra di avvitatura, alla canalina del vibratore dei dust cover, al riparo e alla perdita d'olio.

Per ogni anomalia figurante nella tabella saranno individuati l'attribuzione della responsabilità, la durata prevista degli interventi e la frequenza tra due interventi.

Definizione dell'intervento e la relativa attribuzione della responsabilità

Per individuare a quale soggetto dello stabilimento attribuire la responsabilità di un determinato intervento occorre esaminare, per ogni anomalia, la complessità di risoluzione dell'intervento. Per far ciò, grazie al database costruito si è guardato allo storico degli interventi individuando per ogni anomalia quali sono state le risoluzioni adottate. Inoltre, laddove previsto occorre individuare a quale soggetto affidare la responsabilità del monitoraggio della strumentazione. Per quanto riguarda le anomalie della stazione 10 giunte a questo punto della procedura, saranno esaminate le soluzioni adottate negli ultimi tre anni.

SLITTA

La *Slitta* consiste in un sistema di binari che consente la traslazione verticale e orizzontale dell'avvitatore. Le anomalie alla slitta consistono nel disallineamento dei binari. Come riportato nella Figura 5.4, le soluzioni adottate negli ultimi tre anni per il ripristino di anomalie alla slitta sono state le seguenti:

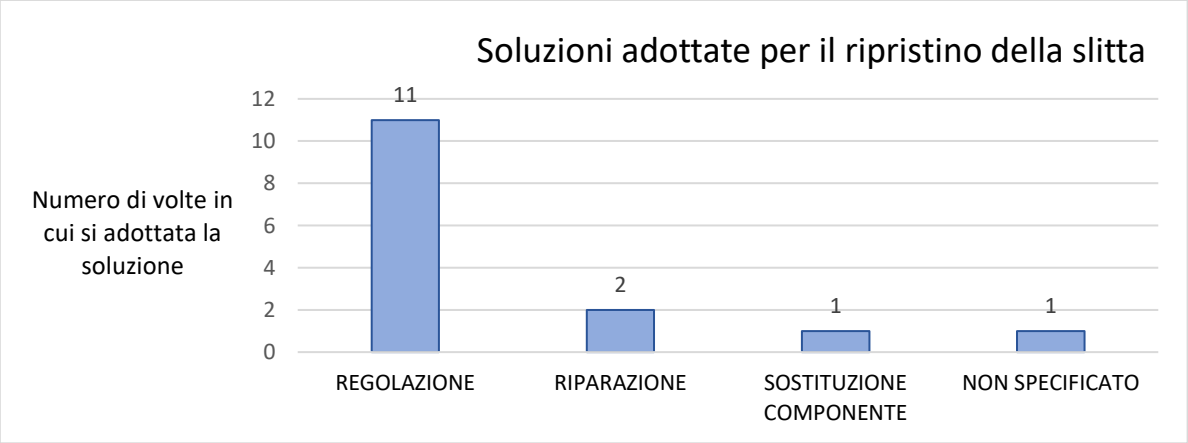

Figura 5.4. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla slitta negli ultimi tre anni*

Nella maggior parte dei casi la soluzione adottata è stata la regolazione consistente nel ripristino della corsa della slitta grazie all'allineamento dei binari. Invece, la riparazione della slitta consiste nella

ricostruzione in officina dei binari soggetti a rottura. Infine, solamente in un caso è stato necessario sostituire interamente la slitta.

Le complessità di regolazioni, riparazioni e sostituzioni dei componenti non risultano particolarmente elevata tanto da richiedere competenze altamente specifiche per l'intervento. Tuttavia, un intervento per ripristinare un'anomalia alla slitta richiede l'utilizzo di attrezzature come avvitatori o smerigliatrici. Pertanto, sarebbe opportuno attribuire la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione. Tuttavia, può risultare conveniente suddividere l'intervento di manutenzione in due fasi, ovvero il monitoraggio periodico della slitta e l'eventuale azione risolutiva di un guasto. In particolare, è possibile affidare il monitoraggio della strumentazione al personale di produzione, ovvero ai capiturno e ai rispettivi vice che, nel caso in cui riscontrassero delle anomalie alla slitta, possono avvertire immediatamente il Team di Manutenzione, che provvederà al ripristino dell'impianto. Dunque, il monitoraggio delle condizioni della slitta può essere affidato al personale di produzione, mentre gli interventi prettamente manuali come regolazioni, riparazioni o sostituzioni al Team di Manutenzione.

NASTRO PULEGGIA

Questo dispositivo è un nastro trasportatore di larghezza contenuta che si estende dalle stazioni 1 e 2 fino alla stazione 10. Infatti, gli operatori di produzione caricano le pulegge manualmente sul nastro da cui poi saranno prelevate e avvitate nella stazione 10. La Figura 5.5 mostra le soluzioni adottate negli ultimi tre anni per il ripristino di anomalie al nastro puleggia:

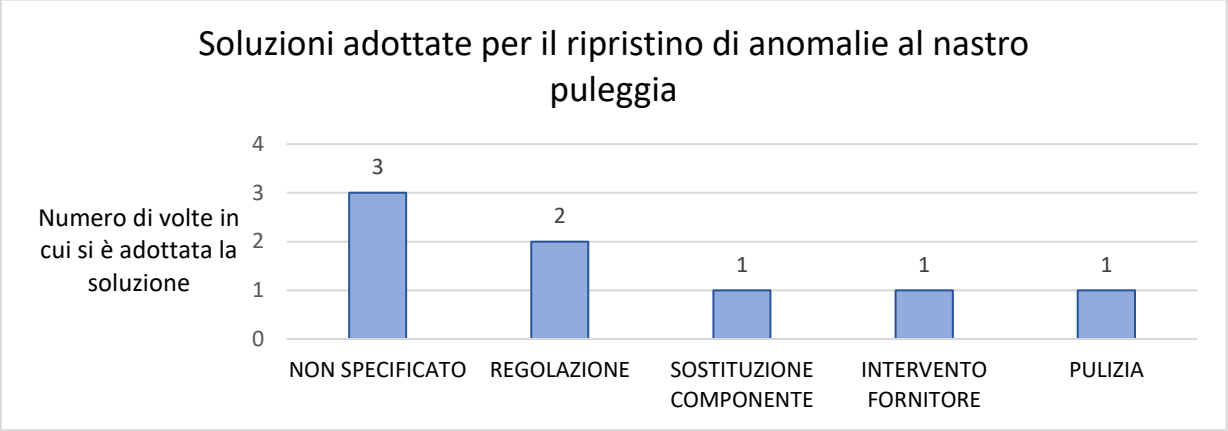

Figura 5.5. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al nastro puleggia negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.5, purtroppo tre volte su otto non è stata riportata alcuna informazione in merito alla soluzione adottata per il ripristino dell'anomalia. Per quanto riguarda le regolazioni, sono necessarie quando il nastro trasportatore si sposta dalla posizione originale, non consentendo al robot di agganciare la puleggia nel modo ottimale.

Invece, la sostituzione dei componenti è stata necessaria solamente in un caso, ovvero a maggio 2019. In particolare, sono sostituiti l'albero, i cuscinetti, il tappeto, ed il rullo.

Infine, la pulizia consiste nella lucidatura dello spintore ed è risultata necessaria una sola volta a settembre 2018.

Quando le anomalie al nastro puleggia non sono risolvibili internamente, la risoluzione viene affidata ad imprese terze. È il caso del guasto avvenuto ad aprile 2017, in cui è stato chiesto l'intervento di tecnici della casa produttrice del dispositivo.

Così come riscontrato per la slitta, anche la complessità degli interventi effettuati negli ultimi tre anni per ripristinare le anomalie al nastro puleggia non risulta particolarmente elevata da richiedere competenze altamente specifiche. Il ripristino di un guasto al nastro trasportatore però, richiede l'utilizzo di un avvitatore, competenza che nel plant appartiene solamente al Team di Manutenzione. Anche in questo caso può risultare conveniente suddividere l'intervento di manutenzione in due fasi, ovvero il monitoraggio periodico e l'eventuale esecuzione dell'operazione richiesta per il ripristino dell'anomalia. Ragionando come per le anomalie relative alla slitta, il monitoraggio delle condizioni del nastro può essere affidato al personale di produzione, mentre gli interventi prettamente manuali come regolazioni, riparazioni o sostituzioni al Team di Manutenzione.

BUSSOLA AVVITATORE

La bussola dell'avvitatore è la parte terminale dell'avvitatore che effettua il serraggio del bullone. La seguente Figura 5.6 mostra le soluzioni adottate negli ultimi tre anni per il ripristino di anomalie alla bussola dell'avvitatore:

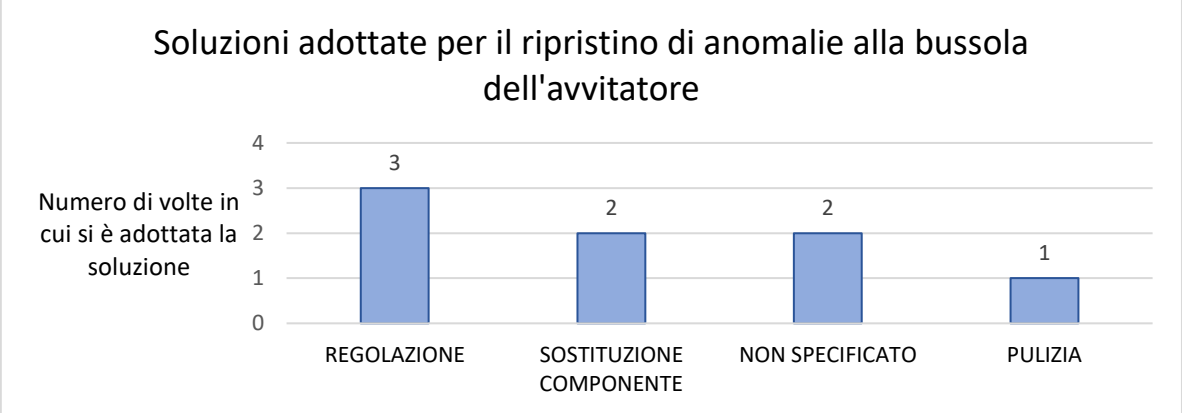

Figura 5.6. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla bussola negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.6, tre volte su otto sono state eseguite regolazioni che consistono nel riposizionamento della bussola in quanto si è spostata dalla sua posizione originale, non consentendo all'avvitatore di fissare la puleggia al semilavorato.

Per quanto riguarda la sostituzione del componente sono necessarie quando la bussola si è usurata a tal punto da non svolgere più la propria funzione correttamente.

Infine, per pulizia si intende la rimozione del bullone rimasto bloccato all'interno della boccola.

Dunque, dato il basso livello di complessità delle risoluzioni ad anomalie alla bussola si consiglia di affidare la responsabilità dell'intervento al personale di produzione, in particolare al capoturno o al suo assistente. In questo caso sia il monitoraggio periodico della bussola che l'esecuzione di interventi manuali possono essere affidati al personale di produzione. Infatti, l'intervento previsto dal piano consisterà in un controllo (periodico) delle condizioni della bussola, e se necessario, un addetto provvederà alla regolazione, alla sostituzione o alla pulizia.

MOLLA AVVITATORE

La Molla ha la funzione di trasferire la coppia adeguata dal Cilindro alla bussola. Come riportato nella Figura 5.7, le soluzioni adottate negli ultimi tre anni per il ripristino di anomalie alla molla dell'avvitatore sono state le seguenti:

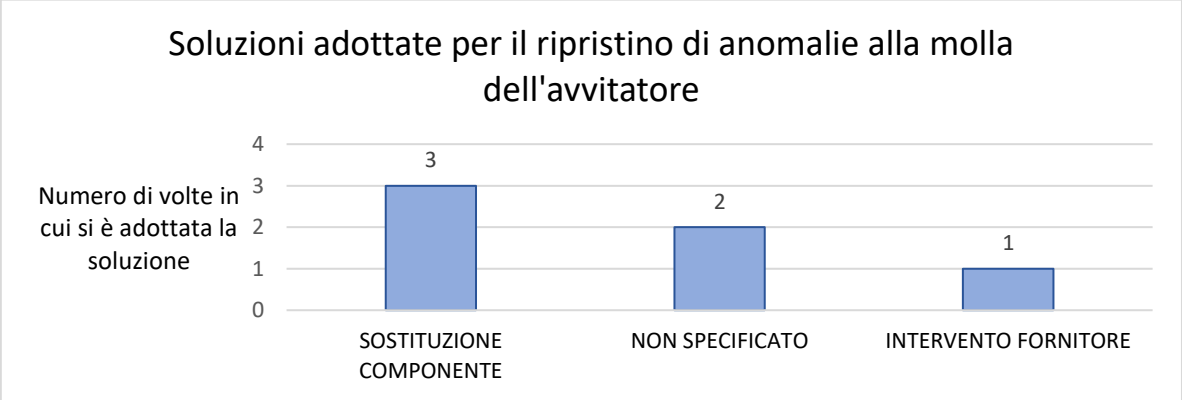

Figura 5.7. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla molla negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.7, la soluzione principalmente adottata è la sostituzione della molla, in quanto è soggetta ad usura e pertanto, è necessaria una sostituzione periodica.

Infine, quando le anomalie al nastro puleggia non sono risolvibili internamente, la risoluzione viene affidata ad imprese terze. Fortunatamente, l'intervento del fornitore è stato necessario solamente in un caso, ovvero a giugno 2017. Dunque, è auspicabile che il personale di Dayco abbia acquisito le competenze opportune per risolvere l'anomalia solo ed esclusivamente internamente.

Pertanto, poiché è richiesto l'utilizzo di utensili e delle competenze relativamente elevate per sostituire la molla soggetto a rottura, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione. L'intervento consisterà nella sostituzione a frequenza da stabilire in base allo storico degli interventi. Quindi non è previsto il monitoraggio periodico della molla, bensì si procede alla sostituzione diretta del componente anche in virtù del suo basso costo.

SPINA PALLET

Le spine del pallet sono degli organi cilindrici che hanno la funzione di centrare la posizione esatta del semilavorato sul pallet. La Figura 5.8 e offre una panoramica delle soluzioni adottate per la risoluzione di anomalie alle spine del pallet:

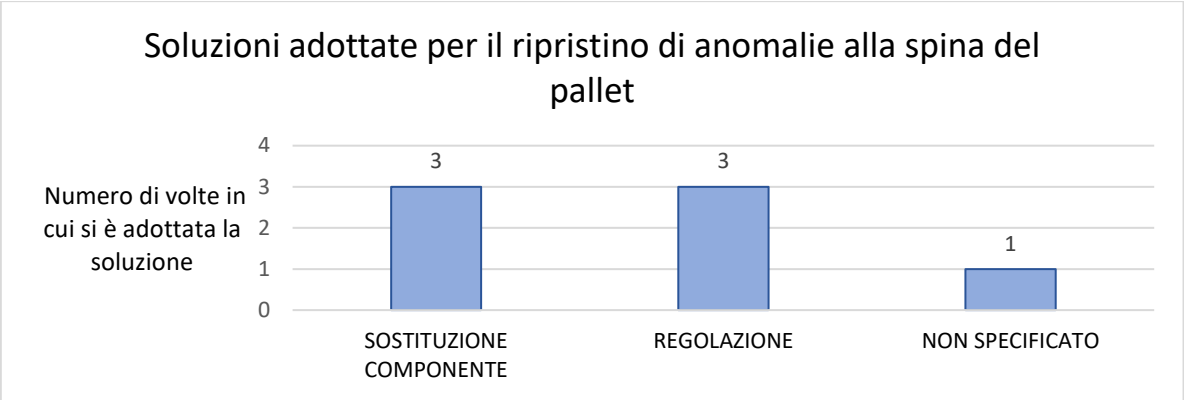

Figura 5.8. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla spina negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.8, le soluzioni principalmente adottate sono la sostituzione delle spine e la regolazione. Nel primo caso si procede alla sostituzione del componente quando quest'ultimo ha raggiunto la fine della propria vita utile. Nel secondo caso invece, il manutentore interviene per riposizionare la spina che si è spostata dalla posizione originale.

Pertanto, poiché è richiesto l'utilizzo di utensili per risolvere un'anomalia alla spina, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione.

Così come riscontrato per alcune anomalie esaminate precedentemente, può risultare conveniente suddividere l'intervento di manutenzione preventiva in due fasi, ovvero il monitoraggio periodico della spina e l'eventuale esecuzione dell'operazione richiesta per il ripristino dell'anomalia. Anche per quanto riguarda la spina di centraggio, il monitoraggio delle sue condizioni può essere affidato al personale di produzione, mentre gli interventi prettamente manuali come regolazioni, riparazioni o sostituzioni al Team di Manutenzione.

VIBRATORE DUST COVER

Il vibratore è un contenitore posto all'esterno della linea e connesso alla stazione 10 attraverso una canalina. Consiste in una sorta di scatola al cui interno è presente una spirale che ruotando alimenta continuamente la canalina. Le soluzioni rilevate negli ultimi tre anni sono riportate nella Figura 5.9:

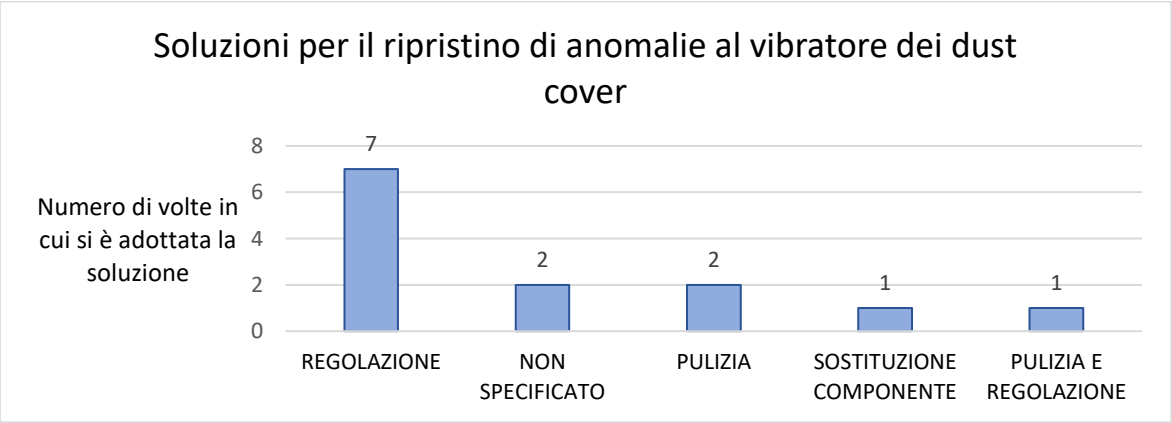

Figura 5.9. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla spina negli ultimi tre anni*

Come emerso dalla Figura 5.9, la soluzione principalmente adottata è la regolazione. Infatti, il guasto più ricorrente consiste nel disallineamento delle guide su cui traslano i dust cover. Dunque, il manutentore è tenuto ad intervenire riposizionando la strumentazione.

Per pulizia si intende la rimozione della sporcizia di alcuni lotti di dust cover che determina l'otturazione delle guide. In questo caso è necessario svuotare il cestello del vibratore e rimuovere tutto lo sporco presente.

Per quanto riguarda la sostituzione del componente risulta necessaria quando le guide del vibratore sono soggette a rottura, non garantendo più il pieno funzionamento del sistema. Tuttavia, la rottura delle guide risulta un evento piuttosto raro. Infatti, si è verificata una sola volta a luglio 2017.

Infine, il manutentore ha dovuto in caso, cioè a ottobre 2019, sia pulire che riposizionare la guida del vibratore. Molto probabilmente, la sporcizia oltre che ad otturarle, ne ha determinato anche il disallineamento.

Anche per quanto riguarda il vibratore dei dust cover, può risultare conveniente suddividere l'intervento di manutenzione preventiva in due fasi, ovvero il monitoraggio periodico della strumentazione e l'eventuale esecuzione dell'operazione richiesta per il ripristino dell'anomalia. In particolare, il monitoraggio delle sue condizioni può essere affidato al personale di produzione, mentre gli interventi prettamente manuali come regolazioni o sostituzioni al Team di Manutenzione. Una considerazione a parte necessita la pulizia del vibratore. In questo caso, riscontrata la sporcizia in fase di monitoraggio, può occuparsi della pulizia direttamente il personale di produzione.

PIASTRA AVVITATURA

La piastra di avvitatura è la base su cui le pinze depositano il semilavorato per effettuare la l'avvitatura. È soggetta ad usura e quindi periodicamente occorre sostituirla. Infatti, come si evince dalla Figura 5.10, negli ultimi tre anni sono state riscontrati solamente sostituzioni del componente, oltre ad un intervento non meglio precisato.

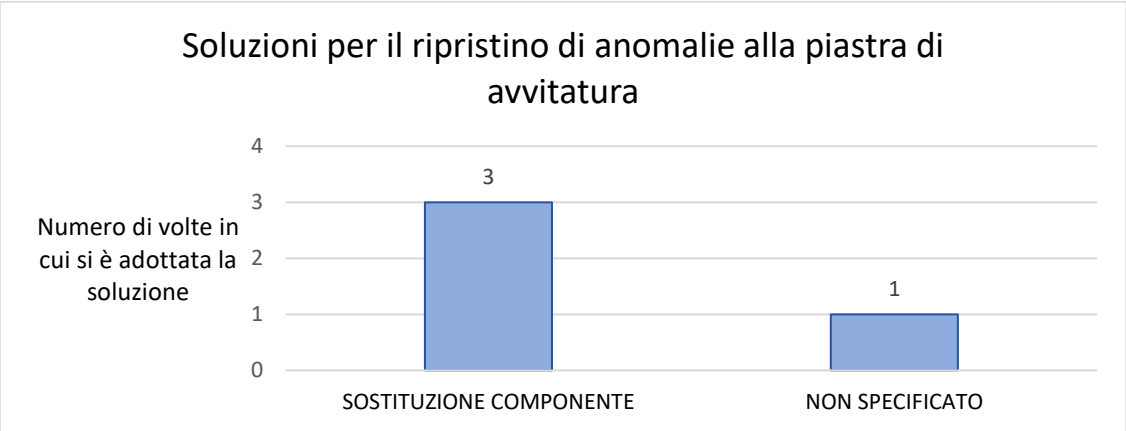

Figura 5.10. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla piastra negli ultimi tre anni*

Dunque, data la relativa complessità richiesta per la sostituzione della piastra, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione. Così come per la molla, trattandosi di un elemento soggetto ad usura da lavorazione, non è prevista la prima fase di monitoraggio, bensì si procede direttamente alla sostituzione periodica della piastra.

CANALINA VIBRATORE DUST COVER

Come affermato al paragrafo 5.2, la canalina collega il vibratore alla stazione 10. Come riportato nella Figura 5.11, le soluzioni adottate negli ultimi tre anni per il ripristino di anomalie alla canalina sono state le seguenti:

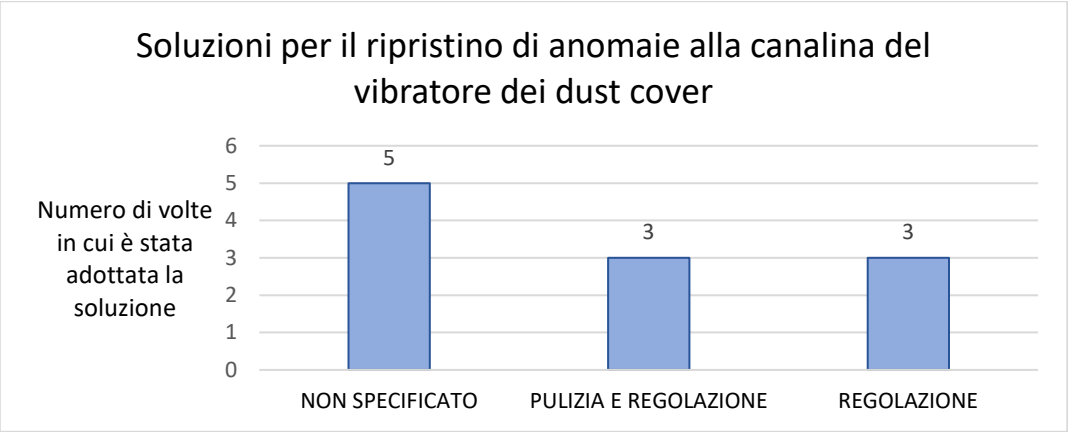

Figura 5.11. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla piastra negli ultimi tre anni*

Come nel vibratore, i dust cover traslano su guide metalliche. La differenza consiste nella spinta dei componenti, nella canalina favorita da un getto di aria compressa. Anche in questo caso la sporcizia di alcuni lotti può determinare l'otturazione delle guide e causarne un disallineamento rispetto alla posizione originale. Dunque, in questo caso il manutentore deve intervenire rimuovendo lo sporco e ripristinando le guide nella corretta posizione.

Invece, per quanto riguarda le singole regolazioni, fanno riferimento alla correzione dei parametri relativi al getto d'aria compressa e al riposizionamento delle guide.

Pertanto, vista la richiesta di un certo know-how per la risoluzione di anomalie alla canalina, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento manuale (fase 2) al Team di Manutenzione.

Il monitoraggio (periodico) invece, può essere affidato al personale di produzione, che qualora osservasse delle anomalie alla canalina, provvederà a chiedere l'intervento del Team di Manutenzione.

RIPARO

Il Team di Manutenzione tenta già di mitigare il rischio di anomalie relative al riparo attraverso degli interventi previsti dall'attuale piano di manutenzione preventiva. Considerando il rischio infortunio che può determinare un guasto al riparo, è opportuno attribuire la responsabilità dell'intervento, sia

per quanto riguarda il monitoraggio periodico che l'eventuale azione risolutiva, alle migliori risorse del plant, ovvero al Team di Manutenzione, come previsto dall'attuale piano.

PERDITA OLIO

La perdita d'olio è causata dalla rottura di un attuatore rotante. L'unico caso di rottura dell'attuatore negli ultimi tre anni risale a luglio 2019 e un manutentore ha provveduto alla sostituzione del dispositivo. Dunque, data la relativa complessità richiesta per la sostituzione dell'attuatore, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione. L'intervento di manutenzione preventiva consisterà quindi in un periodico monitoraggio del componente critico, che qualora risultasse rotto necessiterà della sostituzione.

Durata prevista degli interventi

In questo paragrafo verrà stimato, per ogni anomalia della stazione 10 figurante Tabella 5.30, il tempo medio necessario per l'esecuzione di un intervento di manutenzione preventiva. Si ricorda che questo indicatore serve a dare una stima della durata dell'eventuale intervento risolutivo di fase 2. Sulla base dei dati offerti da AS400, sarà calcolato l'MTTR con la seguente formula:

$$MTTR_j = \frac{\sum_{t=1}^{N_j} d_t^j}{N_j}$$

La tabella 5.30 mostra i valori di MTTR per ogni anomalia esaminata:

Anomalia j-esima	$MTTR_j$ (h)
BUSSOLA AVVITATORE	2,0
CANALINA VIBRATORE DUST	0,3
MOLLA AVVITATORE	1,4
NASTRO PULEGGIA	2,5
PERDITA OLIO	0,2
PIASTRA AVVITATURA	1,3
SLITTA	1,7
SPINA PALLET	1,2
VIBRATORE DUST	0,5
RIPARO	0,3*

Tabella 5.30. *Valori di MTTR per ogni anomalia j-esima della stazione 10.*

Il valore di MTTR relativo al ripristino di anomalie al riparo è stato assunto pari a 0,3 ore, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva.

Frequenza degli interventi

Una volta individuati il soggetto a cui affidare un determinato intervento di manutenzione preventiva e la relativa stima della durata di esecuzione, occorre valutare ogni quanto eseguire l'intervento. Per far ciò si è guardato allo storico degli interventi e, per ogni anomalia, si è calcolato l'intervallo di tempo Δ_t^j tra due guasti consecutivi. Come spiegato nel Paragrafo 4.5.5, si è poi scelta la frequenza f_j

degli interventi per la prevenzione dell'anomalia j-esima ponendola pari al valore minimo registrato di intervallo Δ_t^j tra due guasti consecutivi, ovvero:

$$f_j = min_j(\Delta_t^j)$$

Il valore assunto da f_j indica ogni quanto eseguire il monitoraggio o, per gli elementi soggetti ad usura da lavorazione, la diretta sostituzione periodica del componente. Per quanto riguarda la stazione 10, i valori di frequenza di intervento sono rappresentati nella Tabella 5.31:

Anomalia j-esima	f_j (day)
BUSSOLA AVVITATORE	60
CANALINA VIBRATORE DUST	21
MOLLA AVVITATORE	48
NASTRO PULEGGIA	101
PERDITA OLIO	-
PIASTRA AVVITATURA	60
SLITTA	24
SPINA PALLET	115
VIBRATORE DUST	26
RIPARO	30*

Tabella 5.31. *Valori di f per ogni anomalia j-esima della stazione 10*

Anche per quanto riguarda il valore della frequenza relativo è stato preso il valore previsto dall' attuale piano di manutenzione preventiva, ovvero pari a 30 giorni.

Dunque, ad esempio occorrerà effettuare il monitoraggio della bussola dell'avvitatore ogni 60 giorni e qualora manifestasse delle anomalie, procedere al ripristino del componente.

Analogamente, si procede allo stesso modo per le altre anomalie ad eccezione per quelle relative alla molla e alla piastra, per le quali trattandosi di elementi soggetti ad usura da lavorazione, si procede alla sostituzione diretta del componente, saltando di fatto la prima fase di monitoraggio.

Dettagli sugli interventi presenti nel nuovo piano

Una volta individuati, frequenza di intervento, durata prevista per gli interventi, i soggetti a cui affidare gli interventi e i tipi di interventi richiesti, si può procedere alla stesura di un nuovo piano di manutenzione preventiva. Per quanto riguarda la stazione 10, il nuovo piano di manutenzione preventiva è presentato nella Tabella 5.32:

Anomalia j-esima	f_j (days)	$MTTR_j$ (hours)	Monitoraggio affidato a :	Azione potenzialmente richiesta	Responsabilità intervento:
BUSSOLA AVVITATORE	60	2	PP	Riposizionamento della bussola	PP
				Sostituzione della bussola	
				Rimozione bullone incastrato	
CANALINA VIBRATORE DUST	21	0,3	PP	Riposizionamento delle guide	TM
				Pulizia completa	PP
MOLLA AVVITATORE	48	1,4	Non previsto	Sostituzione della molla	TM
NASTRO PULEGGIA	101	2,5	PP	Riposizionamento del nastro	TM
				Riparazione in officina	
				Sostituzione dei componenti	
				Pulizia completa	PP
PERDITA OLIO	-	0,2	TM	Sostituzione dell'attuatore	TM
PIASTRA AVVITATURA	60	1,3	Non previsto	Sostituzione della piastra	TM
SLITTA	24	1,7	PP	Riposizionamento binari	TM
				Riparazione in officina	
				Sostituzione dei binari	
SPINA PALLET	115	1,2	PP	Sostituzione della spina	TM
				Riposizionamento della spina	
VIBRATORE DUST	26	0,5	PP	Riposizionamento guide	TM
				Sostituzione della guida	
				Pulizia completa	PP
RIPARO	30	0,3	TM	Sostituzione elementi di fissaggio	TM

Tabella 5.32. *Informazioni sugli interventi di prevenzione per l'anomalia j-esima della stazione 10*

Come si evince dalla Tabella 5.32, il monitoraggio e la responsabilità dell'intervento possono essere affidate o al personale di produzione (sigla PP), oppure al Team di Manutenzione (sigla TM). Infine, possono essere fatte alcune considerazioni. In primo luogo, gli interventi di manutenzione preventiva alla molla dell'avvitatore e alla piastra di avvitatura, non richiedono il monitoraggio. Questo perché sono dei componenti soggetti ad usura da lavorazione e periodicamente risulta conveniente sostituire il componente interessato, piuttosto che monitorarne le condizioni ed aspettare che incorra a guasto.
In secondo luogo, sia il monitoraggio sia l'esecuzione degli interventi agli elementi che possono determinare infortuni per i lavoratori vengono affidati al Team di Manutenzione.
Infine, non tutti le azioni potenzialmente richieste vengono affidate ai manutentori, ma per quegli interventi relativamente semplici si può coinvolgere il personale di produzione.

Schedulazione degli interventi

Gli interventi di manutenzione preventiva figuranti in Tabella 5.33 devono essere organizzati in "pacchetti" di interventi al fine di minimizzare i fermi della linea e rispettare le scadenze entro il quale eseguirli. Per fare questo, occorre schedulare tutti gli interventi di manutenzione preventiva individuati ai paragrafi precedenti facendo alcune assunzioni:

- Sono stati considerati gli interventi di manutenzione sulla stazione 10, ad eccezione di quelli per il ripristino di anomalie alla sensoristica (in quanto trattate nel paragrafo relativo all'aggiornamento della strumentazione), effettuati dal 2017 al 2019.
- Ogni intervento, che si tratti di monitoraggio o di sostituzione diretta di un componente, deve essere eseguito entro la data di scadenza indicata dalla frequenza f_j.

- Se il valore f_j risulta un valore non multiplo di 10 giorni si fissa la frequenza dell'intervento al multiplo di 10 antecedente al valore di f_j. Ciò significa ad esempio che un intervento, la quale la frequenza indica una frequenza di 21 giorni, deve essere eseguito ogni 20 giorni. Questo per favorire la coincidenza nello stesso momento di interventi che hanno frequenza diverse anche se di pochi giorni.
- La linea 37 lavora 24 ore su 24 per 360 giorni all'anno. Di fatto questa assunzione è verosimile in quanto i codici prodotti dalla linea 37 hanno domanda molto elevata e, di conseguenza, la produzione è continua nel tempo.
- Il monitoraggio (fase 1), laddove previsto non interrompe la produzione ed ha pertanto durata nulla. Inoltre, non risulta necessario arrestare la linea per il monitoraggio della strumentazione, ma è sufficiente il controllo visivo da parte di manutentori e personale di produzione.
- A seguito del monitoraggio, risulta necessaria sempre un'azione manuale da parte dei manutentori o del personale di produzione, come ad esempio la sostituzione di un componente, pulizia o regolazione (fase 2). Questa assunzione scaturisce dal fatto che l'informazione non risulta sempre completa, in quanto dal database a disposizione si conosce la localizzazione del guasto, ma non sempre come si ripristina l'impianto. In questo caso si fa riferimento a quelle note di intervento che non presentano alla voce *soluzione* alcuna indicazione sull'azione effettuata per il ripristino dell'anomalia. Dunque, si è scelto di posizionarsi nel *worst case*, anche col rischio di sovrastimare il costo della manutenzione preventiva.
- Se due o più interventi coincidono nello stesso giorno si effettuano tutti contemporaneamente in parallelo.
- Le risorse addette alla manutenzione (manutentori) sono assunte illimitate.
- La durata del "pacchetto" di interventi è posta pari al valore massimo di $MTTR_j$ figurante tra gli interventi in una determinata data.
- Per effettuare un intervento tipico della fase due occorre fermare la linea.

Una volta definite le assunzioni si può procedere alla schedulazione degli interventi. Seguendo i criteri enunciati precedentemente, è stato simulato un anno di attività di manutenzione preventiva completamente dedicato alla stazione 10 della linea 37. Il risultato è il piano annuale presentato nella Tabella 5.33.

Dalla Tabella 5.33 si evince che i pacchetti di intervento dedicati alla stazione 10 in un anno risultano 25. Come si può osservare tra un intervento e l'altro trascorrono almeno dieci giorni o al massimo venti. Chiaramente risultano più convenienti quei pacchetti ad alta intensità di intervento in quanto il

numero di strumenti manutenuti è più elevato. Infatti, si sfrutta al massimo la parallelizzazione delle operazioni e l'assunzione di risorse umane illimitate. L'assunzione è verosimile in quanto tra manutentori, capiturno e relativi assistenti, le risorse umane necessarie ad effettuare un intervento previsto in tabella 5.34 dovrebbero risultare più che sufficienti. Inoltre, tale piano è figlio di un'assunzione molto forte, ovvero che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione.

Per valutare se risulta conveniente l'implementazione del nuovo piano si è scelto di confrontare le perdite di produzione dovute ai tempi di fermo per effettuare gli interventi di manutenzione preventiva con una stima annuale delle perdite dovute agli interventi di manutenzione straordinaria. Il costo del nuovo piano è stato stimato sommando i costi dei singoli pacchetti di intervento. Il costo di un singolo pacchetto è stato calcolato moltiplicando il relativo tempo di fermo previsto per il prezzo di listino del codice trattato dalla linea 37 e la capacità della linea, utilizzando gli stessi parametri per il calcolo dell'indicatore LS_i al paragrafo 5.3.1. Invece, per individuare il benchamark di riferimento, è stato calcolato il costo medio annuale degli interventi straordinari determinati dalle anomalie figuranti in Tabella 5.33. registrati dal 2017 a 2019. Questo valore è stato calcolato dividendo per tre (dimensione del database in anni) il costo totale degli interventi di manutenzione straordinaria effettuati per il ripristino di tali anomalie. Il costo totale registrato per questi interventi dal 2017 al 2019 risulta pari a 101.500,00 € e, dividendolo per tre, si ottiene un costo medio annuale pari a 33.833,33 €. Anche in questo caso sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne e i costi dei componenti sostituiti negli interventi.

I fermi programmati seguendo il nuovo piano proposto determinano un costo annuale pari a 38.622,72 €. Questo valore va confrontato con la stima dei costi qualora non si implementasse il nuovo piano, ovvero 33.833,33 €.

Dunque, se si agisse solamente sulla stazione 10, in termini economici non risulterebbe conveniente l'implementazione del nuovo piano. Tuttavia, la differenza tra i due scenari risulta minima (poco meno di 5.000 € all'anno). Si ricorda inoltre, che l'impatto di un ritardo nei confronti di un cliente coi dati a disposizione risulta molto sottostimato rispetto alla realtà e che l'assunzione che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione è molto forte. Inoltre, in seguito saranno proposti dei nuovi piani di manutenzione preventiva anche per le altre stazioni critiche della linea 37. Questo significa che si tenterà di fermare la linea il meno possibile tentando di concentrare in pochi fermi il maggior numero di interventi di manutenzione preventiva.

5.4.2 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 13

Così come agito per la stazione 10, anche per la 13 occorre valutare se è possibile elaborare delle opportune strategie di risposta. Anche in questo caso è fondamentale capire se un'anomalia è risolvibile (o mitigabile) attraverso l'aggiornamento della strumentazione, la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva, una migliore gestione del magazzino dei ricambi, l'inserimento di una nuova risorsa nel Team di Manutenzione oppure con il coinvolgimento dei fornitori nel caso di lotti non conformi. Sempre grazie alla sinergia tra personale di produzione, Team di Manutenzione e Ufficio dell'Industrializzazione, sono state individuate le seguenti soluzioni migliorative (Tabella 5.34):

Anomalia j-esima	Anomalia risolvibile attraverso?
STRUMENTAZIONE FUORI POSIZIONE	*Aggiornamento della strumentazione*
SENSORE PINZA	*Aggiornamento della strumentazione*
SENSORE	*Aggiornamento della strumentazione*
PC KELMER	*Miglioramento delle competenze tecniche*
PINZA	*Manutenzione preventiva*
BATTUTA PINZA	*Manutenzione preventiva*
SLITTA	*Manutenzione preventiva*
VIBRATORE	*Manutenzione preventiva*
PREMENTE	*Manutenzione preventiva*
RIPARO	*Manutenzione preventiva*

Tabella 5.34. *Strategie di risposta alle anomalie della stazione 13*

Come si può evincere dalla Tabella 5.34 le anomalie rilevate alla stazione 13 della linea 37 possono essere risolte prevalentemente attraverso l'implementazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva, ad eccezione di quelle legate alla sensoristica (in tabella denominate *Sensore* e *Sensore Pinza*) e quella relativa al *PC Kelmer*, che ha come proposta migliorativa l'inserimento di una nuova risorsa con competenze specifiche. A differenza che per la stazione 10, riguardo alla stazione 13 non risultano pervenute anomalie imputabili ad una non ottimale gestione del magazzino ricambi o alla qualità dei componenti.

Anomalie mitigabili attraverso l'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team

Tra le anomalie figurati in Tabella 5.34 ne è emersa una imputabile alle scarse competenze tecniche del Team di Manutenzione. Si fa riferimento all'anomalia denominata *PC Kelmer*, ovvero il software che gestisce e registra le operazioni della stazione. In generale, l'azione risolutiva al fermo causato da un'anomalia al PC Kelmer ha come soluzione risolutiva il semplice reset del della stazione. Chiaramente, resettare la stazione non può essere considerata la soluzione al problema, bensì uno spostamento dello stesso. Se si vuole superare definitivamente l'anomalia, occorre arricchire il bagaglio delle competenze del Team di Manutenzione attraverso l'inserimento di una nuova risorsa qualificata. In particolare, sono richieste competenza di programmazione PLC o esperienza

nell'utilizzo di software di automazione industriale. Attualmente solo una risorsa del Team presenta tali competenze. Chiaramente, questa risorsa può essere impiegata solamente in uno dei tre turni giornalieri. Infatti, l'entità dei fermi risulta elevata a causa della mancanza di personale qualificato quindi occorre aspettare il turno in cui è presente l'addetto in grado di ripristinare la stazione. Dunque, a seconda del turno in cui si manifesta l'anomalia, i tempi di fermo risultano differenti. Pertanto, in questo paragrafo si propone l'assunzione di un operatore con le competenze richieste in modo da coprire almeno un altro dei due turni scoperti.

Analisi Costo-Beneficio dell'inserimento di una nuova risorsa nel Team

Il costo dell'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team è pari allo stipendio annuale da versare al nuovo addetto è stato assunto pari a 45.000 €. Il riferimento è la RAL dell'attuale della risorsa con le competenze richieste già presente nel Team di Manutenzione. Per valutare se l'investimento nell'assunzione di nuovo personale risulta conveniente, occorre confrontare la cifra della retribuzione annuale lorda con la perdita derivante dai fermi dovuti ad anomalie al Pc Kelmer. La perdita è stata posta pari al costo annuale degli interventi straordinari determinati da questo tipo di anomalia. Questo costo è stato calcolato dividendo per tre il costo totale di tali interventi al PC Kelmer registrati dal 2017 a 2019. Il costo totale degli interventi di manutenzione straordinaria di questo tipo eseguiti dal 2017 al 2019 risulta pari a 8.368,26 € e pertanto, il costo medio annuale risulta pari 2.789,42 €. Inoltre, è da sottolineare che la nuova risorsa coprirebbe un altro turno e quindi il vantaggio economico che si otterrebbe risulterebbe pari 929,81 € all'anno, valore ottenuto dividendo per tre la perdita media annuale imputabile ai guasti al PC Kelmer. Dunque, il guadagno economico G viene calcolato come segue:

$$G = 929{,}81 - 45.000 = -44.070{,}19 \text{ €}$$

Come si può osservare il valore trovato risulta negativo e in una prima valutazione non risulterebbe conveniente inserire una nuova risorsa nel Team di Manutenzione. Tuttavia, occorre fare due considerazioni e non focalizzarsi solamente su questo dato.

In primo luogo, così come quando si è valutato l'investimento in ammodernamento della sensoristica della stazione 10, tra i costi della perdita produzione sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne, in quanto difficilmente calcolabili.

Infine, i benefici di avere nel Team una risorsa qualificata non possono essere circoscritti soltanto sulla stazione 13 della linea 37 e saranno ricercati al paragrafo 6.4.4.6, dove si considereranno altre anomalie che hanno la medesima soluzione a quella relativa al Pc Kelmer.

Dunque, non risulta pienamente corretto fare riferimento ai 44.070,19 € di perdita annuale stimata per quanto riguarda la stazione 13, qualora si inserisse una risorsa qualificata. Se si guardasse solo a

questo dato, significherebbe che il 2% dello stipendio da garantire al nuovo tecnico sarebbe ripagato dal risparmio ottenuto dalla riduzione dei tempi di fermo imputabili a guasti al PC Kelmer. Pertanto, una valutazione sull'inserimento della risorsa va fatta tenendo conto dei benefici che tutto il plant ne otterrebbe.

Anomalie risolvibili attraverso l'aggiornamento della strumentazione

Anche per quanto riguarda la stazione 13, sono state riscontrate delle anomalie imputabili all'obsolescenza della strumentazione. Così come per la stazione 10, è anche in questo caso la sensoristica fonte di anomalie. In particolare, si tratta dei sensori di rilevazione della presenza della spina (pin) presenti sulla pinza che preleva appunto il pin. Inoltre, esiste un'anomalia molto frequente, identificata nella categoria *Strumentazione fuori posizione*, che non consente il corretto inserimento del pin nel semilavorato. Su suggerimento dell'addetto dell'Ufficio dell'Industrializzazione responsabile della linea 37, è ritenuto probabile che dipenda anch'esso dalla sensoristica.

Tuttavia, come constato più volte ai paragrafi precedenti, il contenuto informativo di alcune note non permette di localizzare perfettamente il guasto all'interno della stazione. Per questo è stata creata la categoria *Sensore* per identificare tutti quegli interventi risolutivi per anomalie alla sensoristica, indipendentemente dal tipo di sensore interessato, che sia di rilevazione della presenza del componente o di guida ai movimenti.

Secondo quanto emerso dal database, le anomalie alla sensoristica della stazione 13 hanno determinato complessivamente dei fermi della linea pari a circa 23 ore dal 2017 al 2019. Utilizzando lo stesso criterio utilizzato per stimare la perdita di produzione per le anomalie alla sensoristica della stazione 10, si deduce che la perdita economica negli ultimi tre anni per guasti molto simili alla stazione 13 è pari a 23.093,17 €. Sulla base di tale cifra, l'addetto dell'Ufficio Industrializzazione responsabile della linea 37 ritiene che un investimento in ammodernamento della stazione 13 non risulti conveniente, in quanto la strumentazione di ultima generazione presenta un costo eccessivo. Pertanto, si consiglia di non investire nella nuova sensoristica della stazione.

Elaborazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva

La proposta migliorativa di maggior rilievo per quanto riguarda la stazione 13, riguarderà la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva. Le anomalie gestibili grazie all'implementazione di un piano di manutenzione preventiva efficacie sono quelle relative alla pinza, alla battuta, alla slitta, al vibratore, al premente e al riparo. Come fatto nell'esaminazione della stazione 10, per ogni anomalia figurante nella tabella saranno individuati l'attribuzione della responsabilità, la durata prevista degli interventi e la frequenza tra due interventi.

Definizione dell'intervento e la relativa attribuzione della responsabilità

Così come fatto per la stazione 10, al fine di individuare a quale soggetto dello stabilimento attribuire la responsabilità di un determinato intervento occorre esaminare, per ogni anomalia della stazione 13, la complessità di risoluzione dell'intervento. Lo strumento utilizzato è sempre lo stesso, ovvero il database costruito. Si è guardato allo storico degli interventi disponibili (dal 2017 al 2019) alla stazione 13, individuando per ogni anomalia quali sono state le risoluzioni adottate. Di seguito, per ogni anomalia sarà indicato il soggetto dello stabilimento a cui affidare la responsabilità del corrispondente intervento di manutenzione preventiva.

PINZA

La pinza preleva il pin all'uscita del vibratore e lo inserisce sul foro apposito presente sul semilavorato. I guasti a questo elemento, in genere, dipendono da un allentamento delle viti che non consente la corretta presa del pin. La Figura 5.12 mostra le soluzioni adottate negli ultimi tre anni per il ripristino di anomalie alla pinza:

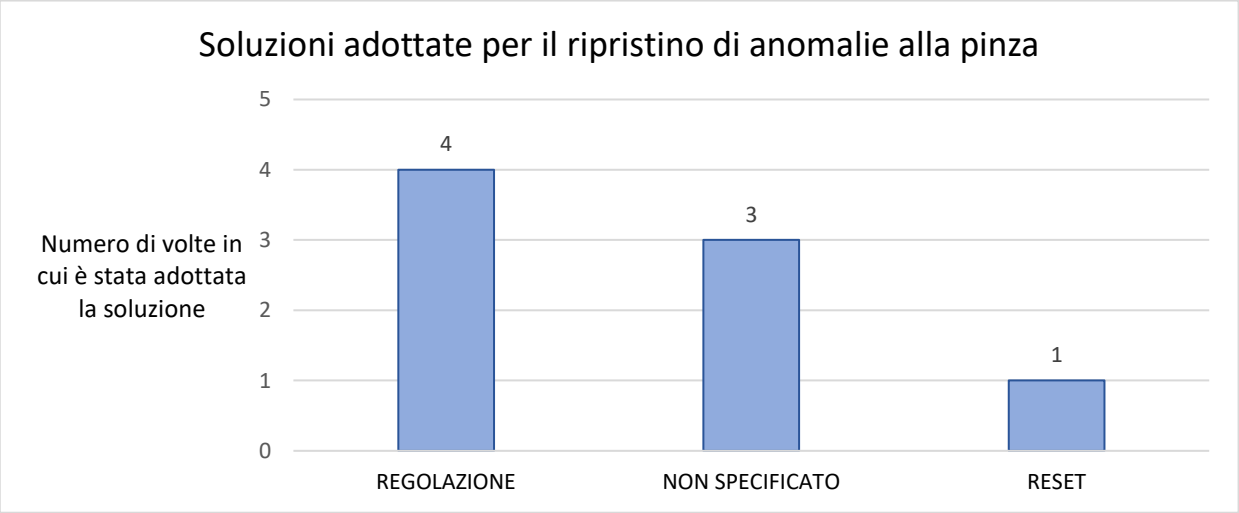

Figura 5.12. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla pinza negli ultimi tre anni*

Come si può evincere dalla Figura 5.12, quattro volte su nove è stata effettuata una regolazione, consistente nel serraggio delle viti della pinza, mentre tre volte non è stata indicata la soluzione adottata e una sola volta è stato risolto il problema riavviando la stazione. Vista la richiesta di competenze nell'utilizzo di attrezzature come avvitatori nell'esecuzione dell'intervento, sarebbe opportuno attribuire la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione. Discorso a parte per il monitoraggio della pinza (sempre periodico), il quale può essere tranquillamente affidato al personale di produzione, che non appena osserverà un'anomalia può segnalarlo immediatamente al Team di Manutenzione.

BATTUTA PINZA

La battuta della pinza è una barriera che determina lo spazio di traslazione della pinza all'interno della slitta. Le anomalie alla battuta consistono in una dislocazione dalla sua posizione originale. Dunque, per ripristinare le funzionalità del sistema il manutentore deve riposizionare la battuta nella corretta posizione. Infatti, dal database si evince che tale anomalia si è manifestata sei volte dal 2017 al 2019, ed altrettante volte è stata adottata la stessa soluzione, ovvero il riposizionamento. Il riposizionamento richiede l'utilizzo di attrezzature, come ad esempio l'avvitatore, ed è pertanto consigliato affidare la responsabilità dell'intervento manuale al Team di Manutenzione. Anche in questo è possibile suddividere l'intervento nelle due fasi di monitoraggio periodico e l'eventuale esecuzione dell'intervento manuale risolutiva. Il monitoraggio, può essere affidato al personale di produzione che, qualora notasse delle anomalie alla battuta, può avvertire il Team di Manutenzione che a sua volta provvederà a risolvere il problema.

SLITTA

La *Slitta* della stazione 13 funziona in modo analogo di quella presente nella stazione 10 e dunque consiste in un sistema di binari che consente la traslazione verticale e orizzontale della pinza. Le due slitte presentano anche lo stesso tipo di anomalie, ovvero disallineamento dei binari. La Figura 5.13 offre una panoramica degli interventi alla slitta della stazione 13 negli ultimi tre anni:

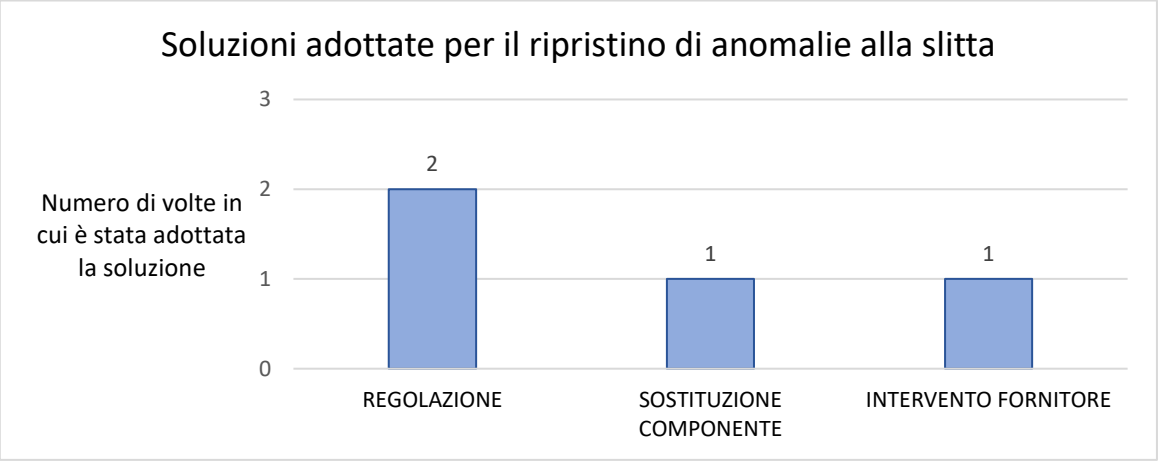

Figura 5.13. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie alla slitta negli ultimi tre anni*

Come si può evincere dalla Figura 5.13, tale anomalia si è manifestata quattro volte nell'arco temporale preso in esame. Di queste quattro volte, due volte si è risolta attraverso una regolazione, ovvero ripristinando la slitta nella corretta posizione. Una sola volta si è risolta attraverso la sostituzione della slitta (Novembre 2017), mentre è intervenuto il fornitore ad Aprile 2017 poiché non si è riuscito a risolvere internamente l'anomalia. Per le stesse ragioni illustrate nell'esaminazione della slitta della stazione 10, si suggerisce di suddividere l'intervento di manutenzione preventiva in due fasi. Infatti, è possibile affidare la prima fase di monitoraggio della strumentazione (sempre

periodico) al personale di produzione, mentre gli interventi prettamente manuali (fase due) come regolazioni o sostituzioni al Team di Manutenzione.

VIBRATORE

Il vibratore ha la stessa funzione di quello dei dust cover trattato per la stazione 10, con l'unica differenza che ha la funzione di contenere i pin da inserire appunto nella stazione 13. Anch'esso è posto all'esterno della linea ed è connesso alla stazione attraverso una canalina. Le soluzioni rilevate negli ultimi tre anni sono riportate nella Figura 5.14:

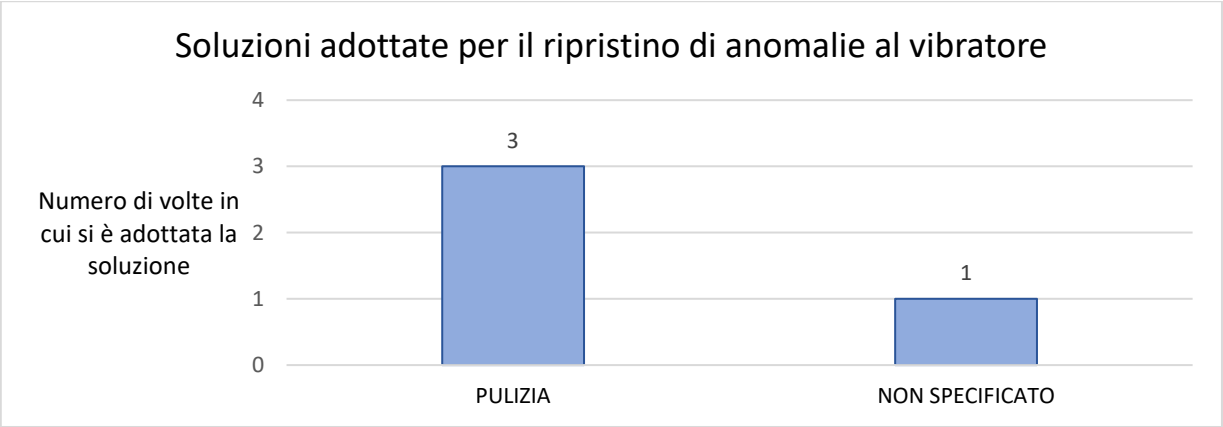

Figura 5.14. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al vibratore negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.14, la soluzione prevalentemente adottata per il ripristino di anomalia al vibratore è la pulizia. Infatti, il guasto più ricorrente consiste nell'inceppamento delle guide su cui passano i pin, che traslando si incastrano tra i binari. Dunque, per pulizia si intende la rimozione dei pin incastrati che determinano l'inceppamento delle guide. In questo caso basta rimuovere il pin incastrata e il vibratore potrà tornare a funzionare tranquillamente.

Dunque, considerata la scarsa complessità richiesta per la risoluzione di un'anomalia, si suggerisce di affidare al personale di produzione sia il monitoraggio (periodico) che l'eventuale pulizia del vibratore.

PREMENTE

Il premente è il dispositivo che consente alla pinza di esercitare la corretta pressione per l'inserimento della puleggia sul semilavorato. La Figura 5.15 seguente mostra le soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al premente manifestatesi dal 2017 al 2019:

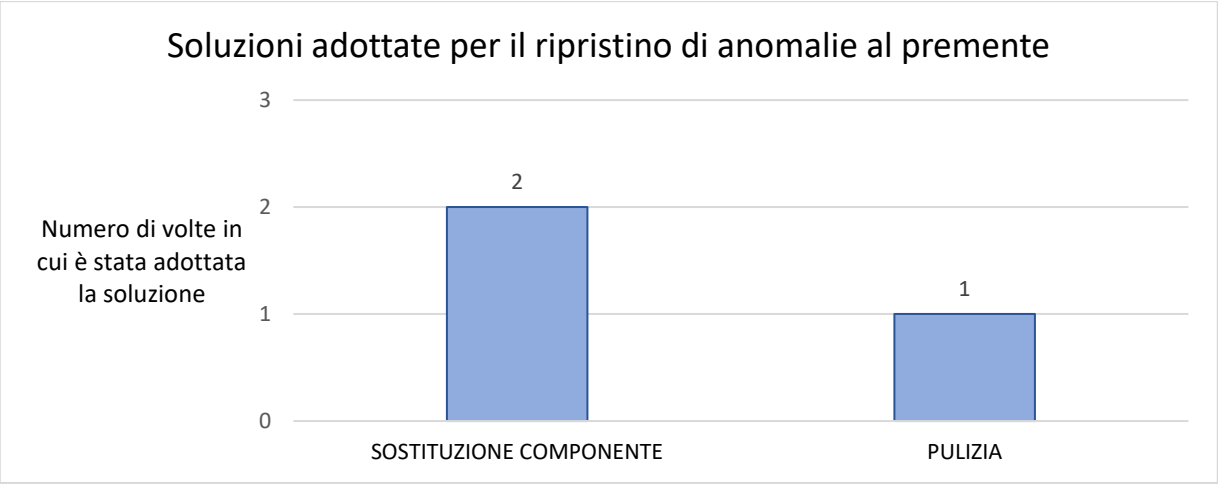

Figura 5.15. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al premente negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.15, i guasti al premente non risultano molto ricorrenti (solo tre volte negli ultimi tre anni). In particolare, in due casi su tre si è intervenuto sostituendo il premente, mentre in un caso è risultata sufficiente la pulizia del premente. Considerando la complessità nel riconoscere le condizioni del premente e nell'eventuale operazione di sostituzione o pulizia, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione, sia per quanto riguarda il monitoraggio periodico, sia per l'effettiva esecuzione dell'azione risolutiva.

<u>RIPARO</u>

Per il riparo della stazione 13, trattandosi di un sistema uguale in tutto e per tutto al quello della stazione 10, valgono le stesse osservazioni fatte precedentemente. Pertanto, l'unica modifica del piano di manutenzione preventiva esistente consiste nell'indicare il soggetto a cui affidare la responsabilità dell'intervento, che sia per quanto riguarda il monitoraggio periodico che l'eventuale azione risolutiva, anche in questo caso è il Team di Manutenzione.

Durata prevista degli interventi

Anche per la stazione 13 è necessario avere una stima della durata prevista per un intervento di manutenzione preventiva. Si ricorda che anche in questo caso l'indicatore serve a dare una stima della durata dell'eventuale intervento risolutivo di fase 2. Si è operato come per la stazione 10, ovvero calcolando per ogni anomalia l'MTTR con la seguente formula:

$$MTTR_j = \frac{\sum_{t=1}^{N_j} d_t^j}{N_j}$$

Il risultato è il seguente (Tabella 5.35):

Anomalia j-esima	$MTTR_j$ (h)
BATTUTA PINZA	0,9
PINZA	0,6
PREMENTE	1,6
SLITTA	0,6
VIBRATORE	0,3
RIPARO	0,3*

Tabella 5.35. *Valori di MTTR per ogni anomalia j-esima della stazione 13*

Trattandosi di un sistema del tutto uguale a quello della stazione 10, il valore di MTTR relativo al ripristino di anomalie al riparo è stato assunto pari a 0,3 ore, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva.

Frequenza degli interventi

Anche per quanto riguarda la stazione 13, dopo aver individuato il soggetto a cui affidare un determinato intervento di manutenzione preventiva e la relativa stima della durata di esecuzione, occorre valutare ogni quanto eseguire l'intervento. Si è proceduto come per la stazione 10, ovvero calcolando l'intervallo di tempo Δ_t^j tra due guasti consecutivi per ogni anomalia j-esima e fissando la frequenza f_j degli interventi per la prevenzione dell'anomalia utilizzando la stessa logica:

$$f_j = min_j(\Delta_t^j)$$

I risultati sono riassunti nella seguente Tabella (5.36):

Anomalia j-esima	f_j (days)
BATTUTA PINZA	96
PINZA	137
PREMENTE	86
SLITTA	217
VIBRATORE	44
RIPARO	30*

Tabella 5.36. *Valori di f per ogni anomalia j-esima della stazione 13*

Ad esempio, occorrerà effettuare il monitoraggio della slitta al massimo entro 86 giorni e qualora manifestassero delle anomalie, procedere al ripristino del componente. La frequenza per l'intervento al riparo è stata assunta pari 30 giorni, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva. Infine, non risultano pervenute anomalie riconducibili ad elementi soggetti ad usura da lavorazione e che necessitano della sostituzione diretta del componente, saltando la prima fase di monitoraggio. Questo significa che il valore assunto da f_j indica solo ed esclusivamente ogni quanto eseguire il monitoraggio di un determinato componente.

Dettagli sugli interventi presenti nel nuovo piano

Gli interventi presenti nel nuovo piano di manutenzione preventiva sono descritti nella Tabella 5.37 dove vengono indicati frequenza di intervento, durata prevista per gli interventi, i soggetti a cui affidare gli interventi e i tipi di intervento richiesti.

Anomalia j-esima	f_j (days)	Monitoraggio affidato a :	Azione potenzialmente richiesta	$MTTR_j$ (hours)	Responsabilità intervento:
BATTUTA PINZA	96	PP	Riposizionamento della battuta	0,9	TM
PINZA	137	PP	Riposizionamento della pinza	0,6	TM
SLITTA	217	PP	Riposizionamento binari Sostituzione dei binari	0,6	TM
VIBRATORE	44	PP	Pulizia completa	0,3	PP
PREMENTE	86	TM	Sostituzione del componente Pulizia del componente	1,6	TM
RIPARO	30	TM	Sostituzione elementi di fissaggio	0,3	TM

Tabella 5.37. *Informazioni sugli interventi di prevenzione per l'anomalia j-esima della stazione 13*

Anche in questo caso con la sigla PP si vuole identificare il personale di produzione, mentre con TM il Team di Manutenzione. Inoltre, possono essere fatte alcune considerazioni.

In primo luogo, tutti gli interventi di manutenzione preventiva proposti per la stazione 13 richiedono il monitoraggio.

In secondo luogo, anche per quanto riguarda la stazione 13 sia il monitoraggio sia l'esecuzione degli interventi al riparo vengono affidati al Team di Manutenzione. Viene inoltre affidato al Team di Manutenzione anche il monitoraggio e l'esecuzione dell'intervento al premente, in quanto richiede delle competenze tecniche piuttosto elevate.

Infine, non tutti le azioni potenzialmente richieste vengono affidate ai manutentori, ma per quegli interventi relativamente semplici si può coinvolgere il personale di produzione, che nel caso delle anomalie riguardanti il vibratore ha la completa responsabilità sia del monitoraggio della strumentazione, sia dell'eventuale azione per il ripristino.

Schedulazione degli interventi

Una volta individuate tutte le informazioni relative agli interventi di manutenzione preventiva riguardanti la stazione 13, si può procedere alla schedulazione annuale del piano. Il procedimento, con le relative assunzioni, è lo stesso di quello utilizzato per la stazione 10, ovvero di organizzare pacchetti di interventi durante un anno che coinvolgano più elementi della stazione. Il risultato è il seguente piano annuale per la stazione 13 illustrato nella Tabella 5.38.

Dalla Tabella 5.38 si evince che i pacchetti di interventi dedicati alla stazione 13 in un anno risultano venti. Anche in questo caso, si può osservare che tra un intervento e l'altro trascorrono almeno dieci giorni e qualora possibile, si è cercato di sfruttare al massimo la parallelizzazione delle operazioni e l'assunzione di risorse umane illimitate. Inoltre, è da ricordare che tale piano è figlio di un'assunzione molto forte, ovvero che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione.

Anche per quanto riguarda la stazione 13, al fine di valutare la convenienza del nuovo piano, si è scelto di confrontare le perdite di produzione dovute ai tempi di fermo per effettuare gli interventi di manutenzione preventiva con una stima annuale delle perdite dovute agli interventi di manutenzione straordinaria. Il procedimento utilizzato è sempre lo stesso, ovvero di moltiplicare la durata prevista per l'esecuzione di un pacchetto di interventi di manutenzione preventiva per il prezzo di listino del codice trattato dalla linea 37 e la capacità della linea, utilizzando gli stessi parametri per il calcolo dell'indicatore LS_i al paragrafo 5.3.1. Ottenuto il valore rappresentante il costo stimato del nuovo piano, va confrontato con il costo medio annuale degli interventi di manutenzione straordinaria. Il costo medio annuale è stato calcolato dividendo per tre il costo totale di tali interventi alla stazione 13 registrati dal 2017 a 2019. Il costo registrato per gli interventi di manutenzione straordinaria effettuati per il rispristino delle anomalie presentate in Tabella 5.38 dal 2017 al 2019 risulta pari a 22.710,96 € e, dividendolo per tre, si ottiene un costo medio annuale pari a 7.570,32 €. Anche in questo caso sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne e i costi dei componenti sostituiti negli interventi.

È stato trovato un costo annuale dell'implementazione del nuovo piano pari a 14.584,10 € all'anno. Questo valore va confrontato con la stima dei costi qualora non si implementasse il nuovo piano, ovvero 7.570,32 €. Dunque, se si agisse solamente sulla stazione 13, in termini economici non risulterebbe conveniente l'implementazione del nuovo piano. Tuttavia, la differenza tra i due scenari risulta minima (poco meno di 7.000 € all'anno). Si ricorda inoltre, che l'impatto di un ritardo nei confronti di un cliente coi dati a disposizione risulta molto sottostimato rispetto alla realtà e che l'assunzione che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione è molto forte.

5.4.3 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 3

Così come agito per le stazioni esaminate ai paragrafi precedenti, anche per la 3 occorre valutare se è possibile elaborare delle opportune strategie di risposta. Anche in questo caso è importante capire se un'anomalia è risolvibile (o mitigabile) attraverso l'aggiornamento della strumentazione, la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva, una migliore gestione del magazzino dei ricambi, l'inserimento di una nuova risorsa nel Team di Manutenzione oppure con il coinvolgimento dei fornitori nel caso di lotti non conformi. Grazie alla collaborazione dei capireparto, del Team di Manutenzione e dell'Ufficio dell'Industrializzazione, sono state individuate le seguenti soluzioni migliorative Tabella 5.39):

Anomalia j-esima	Anomalia risolvibile attraverso?
SENSORE	*Aggiornamento della strumentazione*
TELECAMERA	*Miglioramento delle competenze tecniche*
RIPARO	*Manutenzione preventiva*
QUALITÀ COMPONENTI	*Imputabile ai fornitori*
LASER	*Aggiornamento della strumentazione*

Tabella 5.39. *Strategie di risposta alle anomalie della stazione 3*

Come si può evincere dalla Tabella 5.39, le anomalie rilevate alla stazione 3 della linea 37 possono essere risolte prevalentemente attraverso il miglioramento delle competenze tecniche e l'aggiornamento della strumentazione. Inoltre, non risulta particolarmente indicata l'implementazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva, ad eccezione del riparo, per cui valgono le considerazioni fatte per i ripari trattati per le stazioni 10 e 13. Il riparo della stazione 3 consiste in un pannello scuro in legno che si apre e chiude con un moto verticale. Le anomalie caratterizzanti questo riparo sono quelle relative agli elementi di fissaggio, che in caso di malfunzionamento, potrebbero determinare infortuni alla testa per l'operatore di produzione o il manutentore. Dunque, vista l'importanza del corretto funzionamento del riparo in termini di sicurezza per il lavoratore, è opportuno attribuire la responsabilità dell'intervento di manutenzione preventiva, sia per quanto riguarda il monitoraggio che l'azione risolutiva, alle migliori risorse del plant, ovvero al Team di Manutenzione, come previsto dall'attuale piano. Per quanto riguarda la frequenza e la durata prevista per l'esecuzione di intervento al riparo sono state assunte rispettivamente pari 30 giorni e 0,3 ore, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva. Pertanto, l'intervento di manutenzione preventiva riguardante il riparo della stazione 3 presenterà le seguenti informazioni:

- Frequenza di intervento f_j pari a 30 giorni.
- Il monitoraggio e l'azione potenzialmente richiesta vengono affidati al Team di Manutenzione.
- L'azione potenzialmente richiesta è la sostituzione degli elementi di fissaggio.

- La durata prevista per l'intervento ($MTTR_j$) è di 0,3 ore

Anomalie evitabili attraverso il coinvolgimento dei fornitori

Quelle anomalie legate alla qualità dei componenti sono state trattate come al Paragrafo 5.4.1 per la stazione 10. Infatti, non è previsto il controllo in accettazione della materia prima e pertanto Dayco si affida completamente dichiarazione di conformità del fornitore. Nel caso della stazione 3, gli elementi in genere non conformi risultano la *molla a tazza* e l'*arm*. In particolare, la molla può risultare più spessa di quanto necessario, mentre l'arm può risultare di un colore diverso da quello impostato sulla telecamera. In entrambi i casi il risultato è il fermo della linea. Dunque, in questi casi ciò che si può fare è di segnalare l'anomalia agli addetti della Qualità che, coadiuvati dalla Logistica, avviseranno il fornitore e insieme cercheranno di non farla accadere nuovamente in futuro.

Anomalie risolvibili attraverso l'aggiornamento della strumentazione

Anche per quanto riguarda la stazione 13, sono state riscontrate delle anomalie imputabili all'obsolescenza della strumentazione. Così come per la stazioni 10 e 13, la sensoristica risulta fonte di anomalie. Si tratta dei sensori di rilevazione della presenza delle molle. Molto spesso le anomalie al sensore consistono in un lieve spostamento dalla posizione originale. Dunque, il manutentore per ripristinare le funzionalità della stazione lo ricolloca nella corretta posizione. Altra fonte di guasto è il laser. Il *Laser* ha la funzione di controllare l'altezza della *molla a tazza* (TH). Le anomalie al laser e consistono in un disallineamento dalla posizione iniziale. Per ripristinare le funzionalità del laser basta ricollocare il dispositivo nella corretta posizione.

In termini di tempi di fermo queste due anomalie hanno determinato negli ultimi tre anni complessivamente circa 25 ore di fermo della linea 37. Utilizzando lo stesso criterio utilizzato per stimare la perdita di produzione per le anomalie delle stazioni 10 e 13, si deduce che la perdita economica negli ultimi tre anni a causa di fermi per la sensoristica della stazione 3 è pari a 25.305,93 €. Sulla base di tale cifra, l'addetto dell'Ufficio Industrializzazione responsabile della linea 37 ritiene che un investimento in ammodernamento della stazione 13 non risulti conveniente, in quanto la strumentazione di ultima generazione presenta un costo eccessivo. Pertanto, si consiglia di non investire nella nuova sensoristica della stazione.

Anomalie mitigabili attraverso l'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team

Tra le anomalie figurati in Tabella 5.39 ne è emersa una imputabile alle scarse competenze tecniche del Team di Manutenzione. Si fa riferimento ai guasti riguardanti la telecamera, che risulta l'elemento più critico della stazione 3, con un impatto sul totale degli interventi del 52%. La telecamera verifica che l'*arm* (TB), le *molle* (TD) e la *cassa* (TF) siano correttamente inserite sul pallet alle stazioni precedenti. Se la telecamera non rileva la presenza di uno di questi componenti, si arresta il flusso dei

pallet verso le stazioni successive. In particolare, l'elemento che spesso non viene riconosciuto dalla telecamera è l'*arm*. L'individuazione dell'arm si basa sul riconoscimento del colore e poiché che questo può variare a seconda dei lotti ricevuti dal fornitore, il manutentore deve intervenire in caso di anomalia reimpostando i parametri cromatici della telecamera. Per far ciò, sono richieste competenze specifiche, in particolare di programmazione PLC. Attualmente solo una risorsa del Team presenta tali competenze. Chiaramente, questa risorsa può essere impiegata solamente in uno dei tre turni giornalieri. Infatti, così come per la stazione 13, l'entità dei fermi risulta elevata a causa della mancanza di personale qualificato quindi occorre aspettare il turno in cui è presente l'addetto in grado di ripristinare la stazione. Dunque, a seconda del turno in cui si manifesta l'anomalia, i tempi di fermo risultano differenti. Pertanto, in questo paragrafo si propone l'assunzione di un operatore con le competenze richieste in modo da coprire almeno un altro dei due turni scoperti.

Analisi Costo-Beneficio dell'inserimento di una nuova risorsa nel Team

Il costo dell'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team è pari allo stipendio annuale da versare al nuovo addetto è stato assunto pari a 45.000 €. Il riferimento è la RAL dell'attuale della risorsa con le competenze richieste già presente nel Team di Manutenzione. Per valutare se l'investimento nell'assunzione di nuovo personale risulta conveniente, si è ragionato come per le anomalie che hanno la medesima soluzione della stazione 13. Occorre quindi confrontare la cifra della retribuzione annuale lorda con la perdita derivante dai fermi dovuti alla telecamera. La perdita è stata posta pari al costo annuale degli interventi straordinari determinati dalle anomalie alla telecamera. Questo costo è stato calcolato dividendo per tre il costo totale di tali interventi alla telecamera registrati dal 2017 a 2019. Il costo totale degli interventi di manutenzione straordinaria alla telecamera effettuati dal 2017 al 2019 risulta pari a 79.327,45€ e pertanto, il costo medio annuale risulta pari a 26.442,48€. Inoltre, è da sottolineare che la nuova risorsa coprirebbe un altro turno e quindi il vantaggio economico che si otterrebbe risulterebbe pari 8.814,16€ all'anno, valore ottenuto dividendo per tre la perdita media annuale imputabile ai guasti alla telecamera. Dunque, il guadagno economico G viene calcolato come segue:

$$G = 8.814,16 - 45.000 = -36.185,84 \text{ €}$$

Come si può osservare il valore trovato risulta negativo e in una prima valutazione non risulterebbe conveniente inserire una nuova risorsa nel Team. Tuttavia, occorre fare due considerazioni e non focalizzarsi solamente su questo dato.

In primo luogo, così come quando si è valutato l'investimento in ammodernamento della sensoristica della stazione 10 al Paragrafo 5.4.1, tra i costi della perdita produzione sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne, in quanto difficilmente calcolabili.

Infine, i benefici di avere nel Team una risorsa qualificata non possono essere circoscritti soltanto sulla stazione 3 della linea 37 e saranno ricercati al Paragrafo 5.5, dove si considereranno altre anomalie che hanno la medesima soluzione a quella relativa alla telecamera. Dunque, non risulta pienamente corretto fare riferimento ai 36.185,84€ di perdita annuale stimata per quanto riguarda la stazione 3. Anzi, un dato piuttosto significativo risulta il risparmio stimato che si otterrebbe con l'inserimento di una risorsa qualificata per quanto riguarda i fermi imputabili alla telecamera della stazione 3, pari a 8.814,16€ all'anno. Ciò significa che circa il 20% dello stipendio da garantire al nuovo tecnico sarebbe ripagato dal risparmio ottenuto dalla riduzione dei tempi di fermo imputabili a guasti alla telecamera. Pertanto, si suggerisce di inserire la nuova risorsa in modo che tutto il plant possa beneficiare di una risorsa aggiuntiva, oltre che qualificata.

5.4.4 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 6

Una volta individuate le anomalie critiche al paragrafo precedente, occorre valutare se è possibile elaborare delle opportune strategie di risposta anche per la stazione 6. Si è agito come per le tre stazioni esaminate precedentemente. Dal confronto con il personale di produzione, il team di Manutenzione e l'Ufficio dell'Industrializzazione, è emerso che le anomalie della stazione 6 sono risolvibili o mitigabili attraverso l'aggiornamento della strumentazione, la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva, una migliore gestione del magazzino dei ricambi oppure il miglioramento delle competenze tecniche del team di Manutenzione grazie all'inserimento di una nuova risorsa che abbia competenze tecniche in linea con le esigenze di Dayco. La Tabella 5.40 offre una sintesi delle soluzioni proposte:

Anomalia j-esima	Anomalia risolvibile attraverso?
SENSORE	*Aggiornamento della strumentazione*
CAVI E TUBI ARIA	*Manutenzione preventiva*
PREMENTE	*Manutenzione preventiva*
ERRORE DRIVE	*Miglioramento delle competenze tecniche*
AZIONAMENTO	*Ricambio sempre presente in magazzino*
RIPARO	*Manutenzione preventiva*

Tabella 5.40. *Strategie di risposta alle anomalie della stazione 6*

Anomalie risolvibili attraverso l'aggiornamento della strumentazione

Anche per quanto riguarda la stazione 6, sono state riscontrate delle anomalie imputabili all'obsolescenza della strumentazione. Così come per la stazioni 3, 10 e 13, la sensoristica risulta fonte di anomalie. I sensori presenti sulla stazione 6 svolgono due funzioni, ovvero di guidare i movimenti della strumentazione, come ad esempio il movimento verticale della pressa, e di rilevare la presenza devi componenti posti sul pallet transitante. In base al campione di dati a disposizione, non risultano degli elementi critici della stazione in termini di numero di interventi effettuati negli

ultimi tre anni. Infatti, i pochi interventi effettuati consistono in regolazioni dei parametri e in sostituzioni dei sensori che hanno raggiunto la fine della propria vita utile.
In termini di tempi di fermo le anomalie ai sensori hanno determinato negli ultimi tre anni complessivamente 6,25 ore di fermo della linea 37. Utilizzando lo stesso criterio utilizzato per stimare la perdita di produzione per le anomalie delle stazioni 3, 10 e 13, si deduce che la perdita economica negli ultimi tre anni a causa di fermi per la sensoristica della stazione 6 è pari a 6.286,25 €. Sulla base di tale cifra, l'addetto dell'Ufficio Industrializzazione responsabile della linea 37 ritiene che un investimento in ammodernamento della stazione 6 non risulti conveniente, in quanto la strumentazione di ultima generazione presenta un costo eccessivo. Pertanto, si consiglia di non investire nella nuova sensoristica della stazione.

Anomalie mitigabili attraverso una migliore gestione del magazzino ricambi

Come si può evincere dalla Tabella 5.40, l'unica anomalia che è gestibile attraverso una miglior gestione del magazzino è quella relativa all'azionamento. L'azionamento è quel dispositivo che consente di trasformare l'energia elettrica in meccanica, necessaria per l'esecuzione della forza verticale della pressa. Questo elemento non risulta particolarmente critico in termini di manifestazione dell'anomalia anzi, il guasto si è verificato solamente due volte nel triennio compreso tra il 2017 ed il 2019. In particolare, merita attenzione un fermo registrato a maggio 2017 che presenta una durata di 12 ore. In quel caso, il ricambio non era presente in magazzino e i tempi di attesa per ottenere l'azionamento dal fornitore è risultato di questa entità. L'altra anomalia all'azionamento si è manifestata a gennaio 2019 e, dopo un'ora e mezza di fermo, è stata risolta con un semplice riavvio della stazione.
Tuttavia, è da evitare un fermo di 12 ore imputabile alla mancanza del ricambio in magazzino poiché generebbe una genererebbe una perdita economica stimata pari a 12.069,60 €. Quindi, al fine di evitare fermi della linea elevati basta controllare periodicamente se un azionamento di riserva risulta presente nel magazzino ricambi. In alternativa, ogni qualvolta che si preleva dal magazzino l'azionamento si procede immediatamente all'ordinazione di uno da tenere in stock. Quest'operazione non è particolarmente complessa e può essere svolta tranquillamente dal magazziniere responsabile dello stock dei ricambi. Non risulta nemmeno particolarmente costosa, in quanto il costo unitario di un azionamento è irrisorio, pari a 1.701,20 €, se confrontato con la perdita stimata 12.069,60 € in caso di guasto qualora non fosse presente in magazzino il ricambio.

Anomalie mitigabili attraverso l'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team

Tra le anomalie figurati in Tabella 5.40 ne è emersa una imputabile alle scarse competenze tecniche del Team di Manutenzione. Si fa riferimento all'anomalia *Errore Drive* riconducibile al software che gestisce e registra le operazioni della pressa, e che ha come soluzione risolutiva il semplice reset del della stazione. Chiaramente, resettare la stazione non può essere considerata la soluzione al problema, bensì uno spostamento dello stesso. Ciò che potrebbe mitigare questa anomalia, è l'inserimento di una nuova risorsa con le competenze tecniche adeguate che garantirebbero l'immediata risoluzione del problema, ovvero la conoscenza del linguaggio di programmazione del software della pressa. Come spiegato al Paragrafo 4.5.1 però, attualmente solo una risorsa del Team presenta tali competenze e quest'ultima può essere impiegata solamente in uno dei tre turni giornalieri. Infatti, anche per quanto riguarda questo tipo di anomalia, il problema principale è la durata piuttosto elevata dell'intervento. Il tempo risulta dilatato se nel turno in cui si manifesta un'anomalia di questo tipo non è presente nello stabilimento l'addetto in grado di ripristinare la stazione. In questo caso si dovrà aspettare l'arrivo del tecnico specializzato nel turno di sua competenza. Pertanto, in questo paragrafo si propone l'assunzione di un operatore con le competenze richieste.

Analisi Costo-Beneficio dell'inserimento di una nuova risorsa nel Team

Per calcolare il beneficio dell'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team è stata seguita la stessa logica dei Paragrafi 5.4.2 e 5.4.3, ovvero considerando la RAL della nuova risorsa pari a 45K€ e confrontare questo valore con la perdita economica generata da fermi imputabili all'anomalia *Errore Drive*.

Anche in questo caso la perdita è stata posta pari al costo annuale degli interventi straordinari determinati dalle anomalie alla telecamera. Questo costo è stato calcolato dividendo per tre il costo totale di tali interventi alla telecamera registrati dal 2017 a 2019. Il costo totale degli interventi di manutenzione straordinaria per il ripristino dell'anomalia *Errore Drive* registrato dal 2017 al 2019 risulta pari a 3.017,40 € e pertanto, il costo medio annuale risulta pari a 1.005,80 €. Poiché la nuova risorsa coprirebbe un altro turno, il vantaggio economico che si otterrebbe è calcolato dividendo per tre la perdita media annuale imputabile ai fermi causati da questa anomalia, cioè 335,27 €. Dunque, il guadagno economico G viene calcolato come segue:

$$G = 335{,}27 - 45.000 = -44.664{,}73 \text{ €}$$

Come si può osservare il valore trovato risulta negativo e in una prima valutazione non risulterebbe conveniente inserire una nuova risorsa nel Team. Tuttavia, occorre fare le stesse considerazioni fatte ai paragrafi 4.6.4.2 e 4.6.4.3 e non focalizzarsi solamente su questo dato.

In primo luogo, tra i costi della perdita produzione sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne, in quanto difficilmente calcolabili.

Infine, i benefici di avere nel Team una risorsa qualificata non possono essere circoscritti soltanto sulla stazione 6 della linea 37, che anzi non giustifica minimamente in termini economici l'inserimento della nuova risorsa.

Anomalie mitigabili attraverso una migliore gestione del magazzino ricambi

Come si può evincere dalla Tabella 5.40, l'unica anomalia che è mitigabile attraverso una miglior gestione del magazzino è quella relativa all'azionamento. L'azionamento è quel dispositivo che consente alla pressa di trasformare l'energia elettrica in meccanica. Questo elemento non risulta particolarmente critico in termini di frequenza di manifestazione dell'anomalia anzi, il guasto si è verificato tre volte nel triennio compreso tra il 2017 e il 2019. In particolare, in un'anomalia manifestatasi a giugno 2017 è stato necessario l'intervento del fornitore, con conseguente tempo di fermo della linea pari a 12 ore.

Così come per il pannello del robot della stazione 10, anche in questo caso il motivo dell'entità del fermo è dovuto ai tempi di attesa per ottenere l'azionamento dal fornitore, in quanto non presente in magazzino. Pertanto, al fine di evitare fermi della linea elevati è sufficiente controllare periodicamente se un azionamento di riserva risulta presente nel magazzino ricambi. In alternativa, ogni volta che si preleva dal magazzino l'azionamento si procede immediatamente all'ordinazione di uno da tenere in stock. Quest'operazione non è particolarmente complessa e può essere svolta dal magazziniere responsabile dello stock dei ricambi. Non risulta nemmeno particolarmente costosa, in quanto il costo unitario di un azionamento è irrisorio, pari a 1.701,20 €, se confrontato con la perdita economica stimata di 20.116,00 € corrispondente al fermo di 12 ore.

Elaborazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva

Anche per quanto riguarda alcune anomalie tipiche della stazione 6 è possibile implementare un nuovo piano di manutenzione preventiva. Queste anomalie sono quelle relativi ai cavi elettrici e ai tubi dell'aria, al premente e al riparo. Dunque, per ognuna di queste tre anomalie saranno individuati l'attribuzione della responsabilità, la durata prevista degli interventi e la frequenza tra due interventi.

Definizione dell'intervento e la relativa attribuzione della responsabilità

Anche per quanto riguarda le tre anomalie della stazione 6 la quale soluzione migliorativa risulta la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva, è necessario individuare a quale soggetto dello stabilimento attribuire la responsabilità di un determinato intervento. Per far ciò, per ognuna delle tre anomalie, è stata valutata la complessità della risoluzione dell'intervento guardando allo storico degli interventi e individuando per ogni anomalia quali sono state le risoluzioni adottate. Infine, anche in questo caso il campione di dati a disposizione fa riferimento agli interventi di manutenzione straordinaria eseguiti sulla stazione 6 dal 2017 al 2019.

CAVI E TUBI ARIA

Per cavi si intende l'intero cablaggio elettrico della stazione 6 che consente l'alimentazione della strumentazione, mentre i tubi dell'aria sono il veicolo dell'aria compressa necessaria per la pressa. Il seguente grafico mostra quali state le soluzioni più eseguite dai manutentori a questi dispositivi (Figura 5.16):

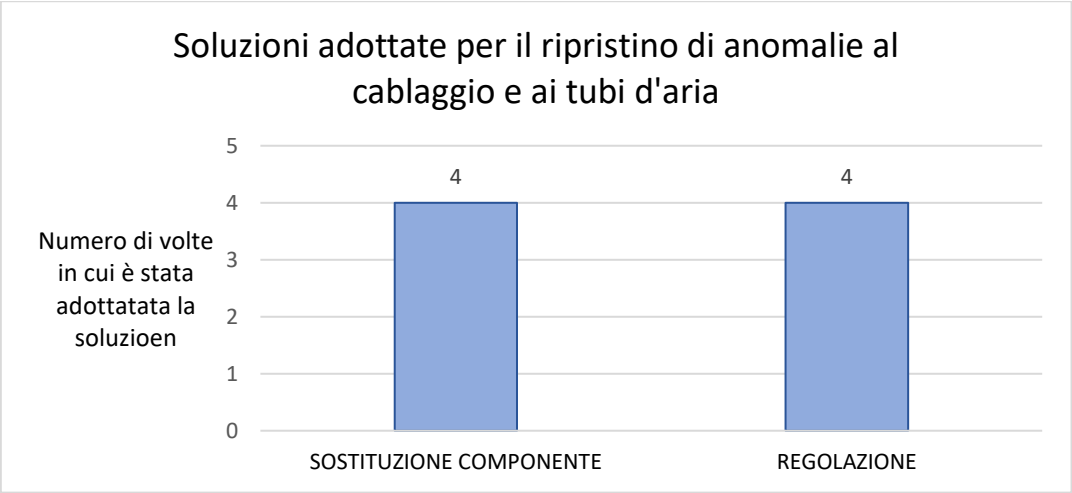

Figura 5.16. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al cablaggio e ai tubi d'aria negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.16, le soluzioni adottate sono la sostituzione e la regolazione dei cavi e dei tubi. Per quanto riguarda la sostituzione dei componenti risulta necessario quando i cavi o i tubi raggiungono la fine della propria vita utile. Tuttavia, è possibile che, a causa delle vibrazioni generate dalla pressa, gli elementi di fissaggio si rompano e i cavi o i tubi vengano a contatto con gli organi meccanici della stazione determinando fori nella tubazione e la lacerazione del cablaggio. Pertanto, in questi casi è necessario l'intervento del Team di manutenzione per la sostituzione degli elementi danneggiati. Invece, per regolazione si intende il riposizionamento dei cavi e dei tubi nella corretta posizione. Infatti, le vibrazioni possono causare la rottura degli elementi di fissaggio di tubazione e cablaggio determinandone l'interferenza con il moto verticale della pressa.

Infine, per quanto riguarda l'affidamento della responsabilità dell'intervento di manutenzione preventiva si è deciso di affidare il monitoraggio al personale di produzione, in quanto è facilmente riconoscibile la manifestazione delle anomalie ai cavi e ai tubi. L'esecuzione dall'azione risolutiva, che si tratti di una sostituzione o di una regolazione, deve essere affidata al Team di Manutenzione.

PREMENTE

Il premente è il dispositivo che consente alla pressa di esercitare la corretta pressione per l'assemblaggio dell'arm alla cassa. La Figura 5.17 mostra le soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al premente manifestatesi dal 2017 al 2019:

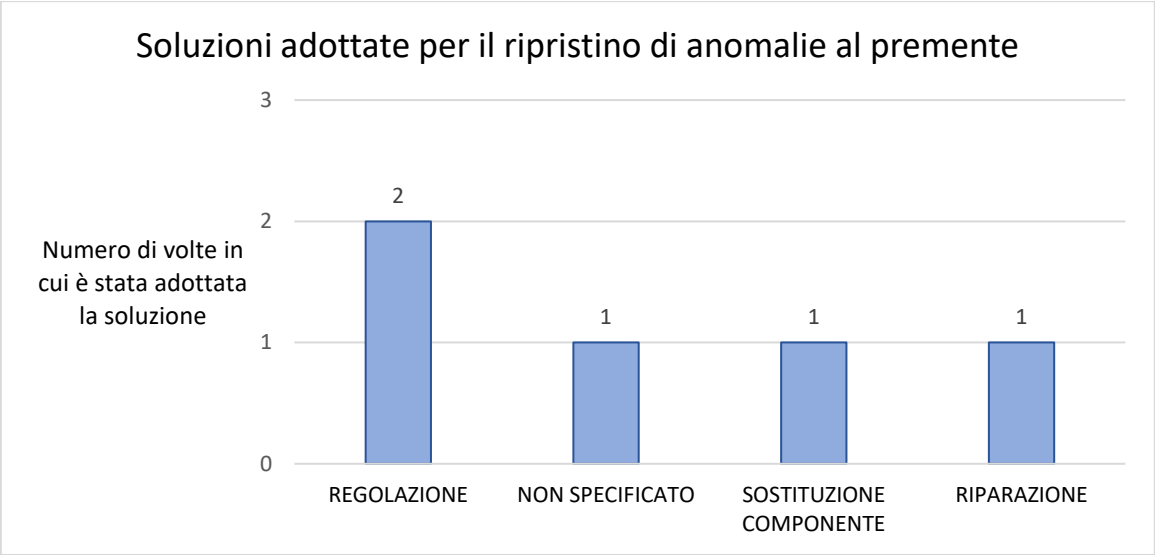

Figura 5.17. *Soluzioni adottate per il ripristino di anomalie al premente negli ultimi tre anni*

Come si evince dalla Figura 5.17, le soluzioni adottate per il rispristino di guasti al premente sono la regolazione, la sostituzione di un componente e la riparazione in officina.

Per regolazione si intende il ripristino della posizione corretta del premente che, a causa dell'utilizzo, si sposta dalla posizione originale. Per quanto riguarda la sostituzione, risulta necessaria quando il premente ha raggiunto la fine della sua vita utile. Infine, la riparazione consiste in alcune modifiche (da effettuare in officina) del componente che ha smesso di funzionare correttamente, ma che non ha raggiunto la sua vita utile.

Anche in questo caso, considerando la complessità nel riconoscere le condizioni del premente e nell'eventuale operazione di sostituzione o riparazione, è opportuno affidare la responsabilità dell'intervento al Team di Manutenzione, sia per quanto riguarda il monitoraggio periodico, sia per l'eventuale esecuzione dell'azione risolutiva.

<u>RIPARO</u>

Per il riparo della stazione 6, trattandosi di un sistema uguale in tutto e per tutto al quello delle stazioni 10 e 13, valgono le stesse osservazioni fatte precedentemente. Pertanto, l'unica modifica del piano di manutenzione preventiva esistente consiste nell'indicare il soggetto a cui affidare la responsabilità dell'intervento, che sia per quanto riguarda il monitoraggio che l'azione risolutiva, anche in questo caso è il Team di Manutenzione.

Durata prevista degli interventi

Anche per le tre anomalie descritte al paragrafo precedente è necessario avere una stima della durata prevista per un intervento di manutenzione preventiva. Si è operato come per le stazioni 3,10 e 13 ovvero calcolando per ogni anomalia l'MTTR con la seguente formula:

$$MTTR_j = \frac{\sum_{t=1}^{N_j} d_t^j}{N_j}$$

I valori di MTTR per le anomalie in questione sono pari a rispettivamente a 1,1 ore per il premente, 0,3 per il riparo e 0,7 per il cablaggio e i tubi dell'aria.
Si ricorda che questi valori di MTTR forniscono una stima dell'esecuzione dell'intervento di fase 2 della strategia di manutenzione proposta. Inoltre, il valore di MTTR corrispondente al tempo di ripristino di anomalie al riparo è stato assunto pari a 0,3, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva.

Frequenza degli interventi

Anche per quanto riguarda la stazione 6, dopo aver individuato il soggetto a cui affidare un determinato intervento di manutenzione preventiva e la relativa stima della durata di esecuzione, occorre valutare ogni quanto eseguire l'intervento. Si è proceduto allo stesso modo delle stazioni 3,10 13, ovvero calcolando l'intervallo di tempo Δ_t^j tra due guasti consecutivi per ogni anomalia j-esima e fissando la frequenza f_j degli interventi per la prevenzione dell'anomalia utilizzando la stessa logica:

$$f_j = min_j(\Delta_t^j)$$

Si ricorda che i valori di f_j degli interventi rappresentano la frequenza con cui effettuare il monitoraggio della strumentazione. Le frequenze di intervento ottenute sono le seguenti: 63 giorni per il premente, 30 per il riparo e 21 per i cavi elettrici e la tubazione dell'aria.
Anche per la stazione 6 la frequenza per l'intervento al riparo è stata assunta pari 30 giorni, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva.

Dettagli sugli interventi presenti nel nuovo piano

Gli interventi da presenti nel nuovo piano di manutenzione preventiva da eseguire sulla stazione 6 sono descritti nella Tabella 5.41 dove vengono indicati frequenza di intervento, durata prevista per gli interventi, i soggetti a cui affidare gli interventi e i tipi di intervento richiesti.

Anomalia j-esima	f_j (days)	Monitoraggio affidato a:	Azione potenzialmente richiesta	$MTTR_j$ (hours)	Responsabilità intervento:
CAVI E TUBI ARIA	21	PP	Riposizionamento binari	0,7	TM
			Sostituzione dei binari		
PREMENTE	63	TM	Riparazione in officina	1,1	TM
			Sostituzione del componente		
			Riposizionamento		
RIPARO	30	TM	Sostituzione elementi di fissaggio	0,3	TM

Tabella 5.41. *Informazioni sugli interventi di prevenzione per l'anomalia j-esima della stazione 6.*

Anche in questo caso con la sigla PP si vuole identificare il personale di produzione, mentre con TM il Team di Manutenzione. Inoltre, possono essere fatte alcune considerazioni.
In primo luogo, tutti gli interventi di manutenzione preventiva proposti per la stazione 6 richiedono il monitoraggio.

In secondo luogo, anche per quanto riguarda la stazione 6 sia il monitoraggio sia l'esecuzione degli interventi al riparo vengono affidati al team di Manutenzione. Viene inoltre affidato al Team di Manutenzione anche il monitoraggio e l'esecuzione dell'intervento al premente, in quanto richiede delle competenze tecniche piuttosto elevate, mentre il monitoraggio del cablaggio e dei tubi può essere affidato al personale di produzione.
Infine, tutte le azioni potenzialmente richieste vengono affidate ai manutentori, considerando l'importanza in termini di sicurezza della buona riuscita dell'intervento (riparo) e la richiesta di competenze tecniche elevate.

Schedulazione degli interventi

Una volta individuate tutte le informazioni relative agli interventi di manutenzione preventiva riguardanti la stazione 6, si può procedere alla schedulazione annuale del piano. Il procedimento, con le relative assunzioni, è lo stesso di quello utilizzato per le stazioni 3, 10 e 13, ovvero di organizzare pacchetti di interventi durante un anno che coinvolgano più elementi della stazione. Il risultato è presentato in Tabella 5.42, dove viene illustrato il piano annuale per la stazione 6.
Dalla Tabella 5.42 si evince che i pacchetti di intervento di manutenzione preventiva da effettuare sulla stazione 6 in un anno risultano 24. Anche in questo caso, si può osservare che tra un intervento e l'altro trascorrono almeno dieci giorni e qualora possibile, si è cercato di sfruttare al massimo la parallelizzazione delle operazioni e l'assunzione di risorse umane illimitate. Inoltre, è da ricordare che tale piano è figlio di un'assunzione molto forte, ovvero che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione. Anche per quanto riguarda la stazione 6, al fine di valutare la convenienza del nuovo piano, si è scelto di confrontare le perdite di produzione dovute ai tempi di fermo per effettuare gli interventi di manutenzione preventiva con una stima annuale delle perdite dovute agli interventi di manutenzione straordinaria. Il procedimento utilizzato è sempre lo stesso, ovvero di moltiplicare il tempo di fermo previsto per l'esecuzione di un pacchetto di intervento per il prezzo di listino del codice trattato dalla linea 37 e la capacità della linea, utilizzando gli stessi parametri utilizzati per l'esaminazione delle stazioni 10 e 13. Ottenuto il valore rappresentante il costo stimato del nuovo piano, va confrontato con il costo medio annuale degli interventi di manutenzione straordinaria. Il costo medio annuale è stato calcolato dividendo per tre il costo totale di tali interventi alla stazione 6 registrati dal 2017 a 2019. Il costo registrato per gli interventi di manutenzione straordinaria effettuati per il rispristino delle anomalie presentate in Tabella 5.41 dal 2017 al 2019 risulta pari a 12.743,49 € e, dividendolo per tre, si ottiene un costo medio annuale pari a 4.247,83 €. Anche in questo caso sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne e i costi dei componenti sostituiti negli interventi.

È stato trovato un costo annuale dell'implementazione del nuovo piano pari a 16.897,44 € all'anno. Questo valore va confrontato con la stima dei costi qualora non si implementasse il nuovo piano, ovvero 4.247,83 €. Dunque, se si agisse solamente sulla stazione 6, in termini economici non risulterebbe conveniente l'implementazione del nuovo piano. Infatti, la differenza tra i due scenari risulta considerevole, in quanto modificare il piano di manutenzione preventiva comporterebbe costi superiori del 75% rispetto alla perdita di produzione annuale causata dal manifestarsi delle anomalie prevenibili della stazione 6. Si ricorda inoltre, che l'impatto di un ritardo nei confronti di un cliente coi dati a disposizione risulta molto sottostimato rispetto alla realtà e che l'assunzione che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione è molto forte. Tuttavia, implementare il nuovo piano di manutenzione solo sulla stazione 6 non risulta conveniente. Per rendere conveniente l'implementazione del nuovo piano, occorrerebbe effettuare gli interventi di manutenzione preventiva sulla stazione 6 contemporaneamente rispetto a quelli effettuati sulle altre stazioni, cercando di parallelizzare il più possibile le attività sulla linea 37. In questo caso, avrebbe senso procedere all'attuazione del nuovo piano.

5.4.5 Elaborazione di proposte migliorative per la stazione 7

Una volta individuate le anomalie critiche, occorre valutare se è possibile elaborare delle opportune strategie di risposta anche per la stazione 7. La stazione 7 non risulta particolarmente critica, infatti dalla procedura sono emerse solamente tre anomalie sulle quali focalizzare l'attenzione per quanto concerne l'elaborazione di proposte migliorative. Esaminando queste tre anomalie, grazie alla collaborazione del personale di produzione, del Team di Manutenzione e dell'Ufficio Industrializzazione, è emerso che risultano mitigabili attraverso la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva. Tuttavia, per l'anomalia caratterizzante la pinza non è risultato possibile elaborare una soluzione migliorativa, in quanto nel database a disposizione non sono contenute informazioni utili per l'implementazione di una strategia di risposta. Ricapitolando, le anomalie, con le rispettive proposte migliorative sono le seguenti (Tabella 5.43):

Anomalia j-esima	Anomalia risolvibile attraverso?
PINZA	*Non definibile*
PALLET	*Manutenzione preventiva*
RIPARO	*Manutenzione preventiva*

Tabella 5.43. *Strategie di risposta alle anomalie della stazione 7*

Elaborazione di un nuovo piano di manutenzione preventiva

Come si evince dalla Tabella 5.43 l'unica strategia di risposta percorribile per la stazione 7 è la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva. In realtà interventi di manutenzione preventiva relativi al riparo e ai pallet sono già previsti nell'attuale piano. Ciò che occorre fare è di definire è il soggetto a cui affidare la responsabilità dell'intervento, sia per quanto riguarda il monitoraggio della strumentazione, sia per l'esecuzione dell'eventuale azione risolutiva.

RIPARO

Per il riparo della stazione 7, trattandosi di un sistema uguale in tutto e per tutto a quello delle stazioni 10, 6 e 13, valgono le stesse osservazioni fatte precedentemente. Pertanto, l'unica modifica del piano di manutenzione preventiva esistente consiste nell'indicare il soggetto a cui affidare la responsabilità dell'intervento, che sia per quanto riguarda il monitoraggio che l'azione risolutiva, anche in questo è il Team di Manutenzione. La frequenza e la durata prevista per l'esecuzione di intervento al riparo sono state assunte rispettivamente pari 30 giorni e 0,3 ore, come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva.

PALLET

Il pallet è il mezzo su cui transita il semilavorato durante tutto il processo di assemblaggio della linea 37. Le anomalie tipiche del pallet consistono nell'accumulo di sporco tra gli inserti metallici su cui poggia il semilavorato. Per rimuovere questo sporco, i manutentori levigano gli inserti con della carta abrasiva. Dunque, l'azione risolutiva non risulta particolarmente complessa e la responsabilità dell'intervento può essere affidata al personale di produzione.

Inoltre, il numero di pallet a disposizione per la linea 37 risulta superiore rispetto alla capacità massima di pallet circolanti dalla linea. Questo significa che qualora in cui si presentasse un'anomalia ad uno dei pallet circolanti all'interno della linea, sarebbe immediatamente disponibile nel magazzino ricambi un pallet di riserva. Pertanto, ciò che si suggerisce di fare è di sostituire ogni 90 giorni tutti i pallet presenti all'interno della linea 37 e di ripulirli entro i successivi 90 giorni. Operando in questo modo, non sarà necessario fermare la linea per eseguire interventi sui pallet e si interverrà prima della manifestazione di un'anomalia. Inoltre, il monitoraggio delle condizioni del pallet non è necessario e pertanto, basterà intervenire a cadenza periodica sostituendo i pallet. La frequenza prevista per la sostituzione è stata assunta pari a 90 giorni come previsto dall'attuale piano di manutenzione preventiva. Invece, il tempo necessario per la sostituzione può essere considerato trascurabile in quanto si può rimuovere il pallet all'ultimo ciclo di produzione dei novanta giorni di scadenza e inserire i pallet ripuliti al primo ciclo dei successivi novanta, includendo questa operazione tra le operazioni di setup di un lotto di produzione.

Dettagli sugli interventi presenti nel nuovo piano

Gli interventi di manutenzione preventiva relativi ai pallet e al riparo della stazione 7 sono descritti nella Tabella 5.44 dove vengono indicati frequenza di intervento, durata prevista per gli interventi, i soggetti a cui affidare gli interventi e i tipi di intervento richiesti.

Anomalia j-esima	f_j (days)	Monitoraggio affidato a :	Azione potenzialmente richiesta	$MTTR_j$ (hours)	Responsabilità intervento:
PALLET	90	Non previsto	Sostituzione dei pallet	0	PP
RIPARO	30	TM	Sostituzione elementi di fissaggio	0,3	TM

Tabella 5.44. *Informazioni sugli interventi di prevenzione per l'anomalia j-esima della stazione 7*

Anche in questo caso con la sigla PP si vuole identificare il personale di produzione, mentre con TM il Team di Manutenzione. Inoltre, possono essere fatte alcune considerazioni.

In primo luogo, non è previsto il monitoraggio dei pallet, ma si procede direttamente alla sostituzione con dei pallet puliti prelevati dal magazzino ricambi. La pulizia dei pallet sporchi va fatta entro novanta giorni dalla rimozione dalla linea, possibilmente nei fermi programmati per manutenzione preventiva. Spetterà poi al caporeparto, in accordo con il Team di Manutenzione, allocare gli operatori di produzione come ritiene opportuno.

Infine, per quanto riguarda il riparo sia il monitoraggio che l'eventuale azione risolutiva, la responsabilità viene affidata al Team di Manutenzione per i motivi di sicurezza di cui si è discusso anche nei paragrafi inerenti ai ripari delle altre stazioni esaminate.

Schedulazione degli interventi

Una volta individuate tutte le informazioni relative agli interventi di manutenzione preventiva riguardanti la stazione 7, si può procedere alla schedulazione annuale del piano. Il procedimento, con le relative assunzioni, è lo stesso di quello utilizzato per le stazioni 3, 6, 10 e 13, ovvero di organizzare pacchetti di interventi durante un anno che coinvolgano più elementi della stazione. Il risultato è il piano annuale per la stazione 7 presentato in Tabella 5.45 (Appendice).

Dalla Tabella 5.45 si evince che gli interventi di manutenzione preventiva da effettuare sulla stazione 7 in un anno risultano dodici, ovvero uno al mese. Infatti, ogni trenta giorni un manutentore deve monitorare le condizioni del riparo, e se usurati, procedere alla sostituzione degli elementi di fissaggio. Inoltre, ogni novanta giorni si deve procedere alla sostituzione dei pallet per le ragioni e nelle modalità spiegate al paragrafo precedente. Dunque, dei dodici pacchetti di interventi figuranti, quattro conterranno interventi che interessano sia il riparo che i pallet, mentre otto solamente i pallet. Anche in questo caso, si è cercato di sfruttare al massimo la parallelizzazione delle operazioni e l'assunzione di risorse umane illimitate.

Inoltre, è da ricordare che tale piano è figlio di un'assunzione molto forte, ovvero che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione. Anche per quanto riguarda la stazione 7, al fine di valutare la convenienza del nuovo piano, si è scelto di confrontare le perdite di

produzione dovute ai tempi di fermo per effettuare gli interventi di manutenzione preventiva con una stima annuale delle perdite dovute agli interventi di manutenzione straordinaria. Il procedimento utilizzato è sempre lo stesso, ovvero di moltiplicare il tempo previsto per l'esecuzione di un pacchetto di interventi di manutenzione preventiva per il prezzo di listino del codice trattato dalla linea 37 e la capacità della linea, servendosi degli stessi parametri utilizzati nell'esaminazione delle stazioni ai paragrafi precedenti. Ottenuto il valore rappresentante il costo stimato del nuovo piano, va confrontato con il costo medio annuale degli interventi di manutenzione straordinaria. Il costo medio annuale è stato calcolato dividendo per tre il costo totale di tali interventi riguardanti il riparo della stazione 7 e i pallet registrati dal 2017 a 2019. Il costo registrato per gli interventi di manutenzione straordinaria effettuati per il rispristino di queste due anomalie dal 2017 al 2019 risulta pari a 11.647,16 € e, dividendolo per tre, si ottiene un costo medio annuale pari a 3.882,39 €. Anche in questo caso sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne e i costi dei componenti sostituiti negli interventi.

È stato trovato un costo annuale dell'implementazione del nuovo piano pari a 3.620,88 € all'anno. Questo valore va confrontato con la stima dei costi qualora non si implementasse il nuovo piano, ovvero 3.882,39 €. Dunque, se si agisse solamente sulla stazione 7, in termini economici risulterebbe conveniente l'implementazione del nuovo piano. Infatti, la differenza tra i due scenari risulta pari a 261,51 € e ciò significa che solo focalizzando l'attenzione sulle anomalie al riparo della stazione 7 e ai pallet, si incorrerebbe ad un risparmio annuale di quasi il 7%. Si ricorda inoltre, che l'impatto di un ritardo nei confronti di un cliente coi dati a disposizione risulta molto sottostimato rispetto alla realtà e che la stima dei costi di un fermo per manutenzione programmata è stata calcolata posizionandosi nel *worst case*, ovvero considerando che ogni monitoraggio al riparo dia esito negativo e pertanto occorra intervenire sostituendo gli elementi di fissaggio. Quindi, potrebbe essere stato sovrastimato il costo annuale previsto per il piano di manutenzione preventiva. Infine, si ricorda che ci sono altre stazioni della linea 37 che rientrano nel nuovo piano di manutenzione preventiva. Pertanto, si deve cercare di far coincidere il più possibile questi interventi ottimizzando i fermi programmati. Sarà schedulato al paragrafo successivo un piano comune sulla base delle analisi fatte per le stazioni 3, 6, 7, 10 e 13.

5.5 Valutazione finale dell'inserimento di una nuova risorsa qualificata nel Team

Tra le anomalie esaminate ai paragrafi precedenti ne sono emerse tre mitigabili attraverso l'inserimento di una risorsa qualificata. Si parla di soluzione che mitiga e non risolve completamente le anomalie perché la nuova risorsa coprirebbe solamente un turno dei tre giornalieri. Le tre anomalie sono quelle relative alla telecamera, all'*Errore Drive* e al *Pc Kelmer* che interessano rispettivamente le stazioni 3, 6 e 13. Dai paragrafi in cui è stata valutata la convenienza dell'assunzione di una nuova risorsa per ognuna delle tre anomalie sono emerse le seguenti perdite e il possibile beneficio economico che garantirebbe un manutentore qualificato (Tabella 5.46 in Appendice). Come si evince dalla Tabella 5.46, queste tre anomalie hanno generato perdite di produzione complessive nell'ultimo triennio pari a 90.713,11 €. Se si inserisse nel Team di Manutenzione una nuova risorsa qualificata si otterrebbe annuale stimato pari a 10.079,24 €.

Una volta individuato il valore che rappresenta la perdita economica annuale derivante dalle tre anomalie elencate in Tabella 5.47, occorre confrontarlo con il valore indicante le quota della RAL da versare alla nuova risorsa relativa alla linea 37. Questo valore, denominato η, è stato trovato con la seguente formula:

$$\eta = \rho * RAL$$

dove ρ è un fattore di correzione, compreso tra 0 e 1, utilizzato per individuare la quota da allocare alla linea 37. È stato calcolato nel seguente modo:

$$\rho = media(\phi, \pi)$$

Dove:

- ϕ è il rapporto percentuale tra il numero di interventi eseguiti sulla linea 37 e il numero totale di interventi eseguiti su tutte le isole e le linee del plant di San Bernardo dal 2017 al 2019.
- π è il rapporto percentuale tra il tempo di fermo complessivo della linea 37 e il tempo di fermo totale di tutte le isole e le linee del plant di San Bernardo dal 2017 al 2019.

Si è scelto di utilizzare un valore medio per far sì che venga considerato sia l'impatto del numero di fermi, sia del tempo dei fermi. È un modo per inglobare nel fattore di correzione ρ quelle linee che si guastano poche volte, ma che richiedono tempi di ripristino elevati. Nella Tabella 5.47 sono riassunti i calcoli utili alla stima di η.

	Linea 37	Totale
Numero di Interventi	1080	11.660
Tempo di fermo (h)	955,2	22.023,09
φ	9,26%	-
π	4,34%	-
ρ	6,80%	-
η (€)	3.059,93 €	-

***Tabella 5.47**. Stima dei valori ai fini del calcolo di η*

Come si può osservare dalla Tabella 5.47 il valore di η risulta pari a 3.059,93 €. Ciò significa che la quota della RAL della nuova risorsa da allocare alla linea 37 è pari a questo valore. Poiché è stato stimato un guadagno annuale generato dall'inserimento di una nuova risorsa pari a 10.079,24 €, occorre verificare che:

$$\eta \leq 10.079{,}24\ €$$

Questa disuguaglianza è verificata e anzi, il beneficio economico annuale G di questa soluzione risulta pari a:

$$G = 10.079{,}24 - 3.059{,}93 = 7.019{,}31\ €$$

Come si può osservare il valore trovato risulta positivo e dunque risulta conveniente inserire una nuova risorsa nel Team. Tuttavia, occorre fare due considerazioni e non focalizzarsi solamente su questo dato, seppur positivo.

Così come fatto in cui si esaminava singolarmente la proposta per ognuna delle tre anomalie, tra i costi della perdita produzione sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne, in quanto difficilmente calcolabili.

Infine, i benefici di avere nel Team una risorsa qualificata non possono essere circoscritti soltanto sulla linea 37. Infatti, nel plant di San Bernardo sono presenti altre 35 linee e 8 isole di produzione. Pertanto, considerando quelle linee ad alta automazione, come ad esempio la 36, e la crescente necessità di passare a sistemi 4.0, l'intero plant beneficerebbe di una risorsa con competenze specifiche alte. Si ricorda inoltre, che il 22,4% dello stipendio da garantire al nuovo tecnico sarebbe ripagato dal risparmio ottenuto dalla riduzione dei tempi di fermo imputabili a guasti della linea 37 che sarebbero mitigabili appunto con l'inserimento di questa figura competente. Dunque, si suggerisce di inserire la nuova risorsa in modo che tutto il plant possa beneficiare di una risorsa aggiuntiva, oltre che qualificata.

5.6 Implementazione di un piano di manutenzione preventiva comune alle stazioni critiche

Nei Paragrafi 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4 e 5.4.5 precedenti sono stati stilati dei piani annuali di manutenzione preventiva per ogni stazione critica sottoforma di successioni di pacchetti di interventi su uno o più elementi di una stazione. Una volta ottenuti i piani annuali per ogni stazione, è possibile implementare un piano comune al fine di programmare i fermi e di ottimizzarli cercando di svolgere in parallelo il più alto numero possibile di attività previste. L'obiettivo è quindi di agire su più stazioni contemporaneamente qualora due o più determinati interventi fossero previsti nella stessa data. Ad esempio, incrociando le Tabelle 5.42 e 5.41, è possibile eseguire contemporaneamente il terzo pacchetto previsto nel piano annuale della stazione 6 ed il secondo della stazione 13, e così via. Dunque, occorre organizzare i pacchetti di interventi individuati per ogni stazione esaminata ai paragrafi precedenti. Per far ciò si è seguita una logica analoga a quella descritta al Paragrafo 5.4.1, dove si è tentato di simulare un piano annuale di manutenzione preventiva per la stazione 10. Pertanto, risultano necessarie le seguenti assunzioni:

1. La linea 37 lavora 24 ore su 24 per 360 giorni all'anno. Di fatto questa assunzione è verosimile in quanto i codici prodotti dalla linea 37 hanno domanda molto elevata e, di conseguenza, la produzione è continua nel tempo.
2. Il monitoraggio (fase 1), laddove previsto non interrompe la produzione ed ha pertanto durata nulla. Inoltre, non risulta necessario arrestare la linea per il monitoraggio della strumentazione, ma è sufficiente il controllo visivo da parte di manutentori e personale di produzione.
3. A seguito del monitoraggio, corrisponde sempre un'azione manuale da parte dei manutentori o del personale di produzione, come ad esempio la sostituzione di un componente, pulizia o regolazione (fase 2). Questa assunzione scaturisce dal fatto che l'informazione non risulta sempre completa, in quanto dal database a disposizione si conosce la localizzazione del guasto, ma non sempre come si ripristina l'impianto. In questo caso si fa riferimento a quelle note di intervento che non presentano alla voce soluzione alcuna indicazione sull'azione effettuata per il ripristino dell'anomalia. Dunque, si è scelto di posizionarsi nel *worst case*, anche col rischio di sovrastimare il costo della manutenzione preventiva.
4. Se due o più pacchetti di intervento coincidono nello stesso giorno si effettuano tutti contemporaneamente in parallelo. Dunque, le risorse addette alla manutenzione (manutentori) risultano illimitate. La durata del fermo programmato è posta pari alla massima durata prevista tra i pacchetti da eseguire nella medesima data.
5. Per effettuare un intervento tipico della fase 2 occorre fermare la linea.

Una volta definite le assunzioni si può procedere alla stesura del piano annuale degli interventi. Seguendo le assunzioni, è stato simulato un anno di attività di manutenzione preventiva relativo alla linea 37. Il risultato è il piano annuale rappresentato nella Tabella 5.48 esposta in Appendice.
Dalla Tabella 5.48 si evince che gli interventi da eseguire sulla linea 37 in un anno risultano 32. Come si può osservare tra un intervento e l'altro trascorrono almeno dieci giorni o al massimo venti.
Gli interventi che coinvolgono tutte le stazioni vengono effettuati ogni trenta giorni. Questi interventi includono il monitoraggio, e l'eventuale relativa azione risolutiva, dei ripari di tutte le stazioni della linea, anche di quelle non esaminate ai paragrafi precedenti. Il motivo risulta sempre lo stesso, ovvero evitare gli infortuni degli operatori di produzione o dei manutentori. Tuttavia, dai dati a disposizione non sono emersi guasti ai ripari delle stazioni non esaminate, a parte due casi rilevati sulle stazioni 14 e 15 rispettivamente a ottobre 2017 e giugno 2019. Inoltre, come si può osservare dalla Tabella 5.48 gli interventi eseguiti ogni fine mese non presentano lo stesso tempo di fermo. Questo perché gli strumenti su cui intervenire non risultano sempre gli stessi e dunque presentano MTTR diversi. Ad esempio, l'intervento numero 2 ha un fermo previsto di 0,3 ore, mentre l'intervento 10 pari a due ore. Nel primo caso gli elementi oggetto di intervento sono i ripari di tutte le stazioni che presentano un MTTR di 0,3 ore. Nel secondo caso invece oltre i ripari, sono oggetto dell'intervento il premente, i cavi elettrici e tubi dell'aria della stazione 6 e la piastra, la bussola dell'avvitatore e la spina di centraggio della stazione 10.
Comunque, per individuare quali elementi sono coinvolti in un intervento basta incrociare la Tabella 5.48 con quelle relative ai pacchetti individuati per ogni singola stazione. Chiaramente risultano più convenienti quegli interventi ad alta densità per quanto riguarda il numero di strumenti manutenuti, poiché si sfrutta al massimo la parallelizzazione dei pacchetti individuati per le singole stazioni e l'assunzione di risorse umane illimitate. L'assunzione è verosimile in quanto tra manutentori, capiturno e relativi assistenti, le risorse umane necessarie ad effettuare un intervento previsto in tabella dovrebbero risultare più che sufficienti. Inoltre, tale piano è figlio di un'assunzione molto forte, ovvero che ad ogni monitoraggio corrisponda esattamente l'esecuzione di un'azione. Infatti, la durata stimata per ogni intervento è stata posta pari al massimo delle durate previste per ogni singolo pacchetto di intervento e non è da escludere che un intervento possa durare di meno, nel caso in cui un monitoraggio non richieda alcuna azione risolutiva.
Il costo del nuovo piano è stato calcolato sommando i costi dei singoli interventi, calcolati moltiplicando il tempo di fermo programmato per un intervento di manutenzione preventiva per il prezzo di listino del codice trattato dalla linea 37 e la capacità della linea. La Tabella 5.49 (Appendice) presenta il costo di ogni singolo intervento e il costo complessivo del piano proposto.

Dunque, 47 ore di fermi programmati annuali implicano un costo stimato di 47.272,60 €. Si ricorda inoltre che sono stati trascurati i costi delle penali da versare ai clienti in caso di ritardo nelle consegne e i costi dei componenti sostituiti negli interventi.

Valutazione della convenienza economica del nuovo piano

Una volta definito il piano di manutenzione preventiva per la linea 37, occorre valutare i benefici economici della sua attuazione. Per valutare se risulta conveniente l'implementazione del nuovo piano si è scelto di confrontare le perdite di produzione dovute ai tempi di fermo per effettuare gli interventi di manutenzione preventiva con una stima annuale delle perdite dovute agli interventi di manutenzione straordinaria. Queste perdite sono già state calcolate nei paragrafi in cui si cercava di confrontare l'attuazione del piano per ogni singola stazione con la stima dei costi annuali medi dei fermi. Si ricorda che questi costi medi sono stati calcolati dividendo per tre per tre il costo totale degli interventi di manutenzione straordinaria registrati dal 2017 a 2019. La seguente tabella riassume i valori di perdita individuati (Tabella 5.50):

STAZIONE	3	6	7	10	13	Totale
Costo annuale medio senza l'implementazione del piano	1.505,35 €	4.247,83 €	3.882,39 €	33.833,33 €	7.570,32 €	51.039,22 €

Tabella 5.50. *Individuazione delle perdite alle stazioni esaminate qualora non si implementasse il piano proposto*

Come era logico aspettarsi, la stazione che presenta un costo medio annuale più elevato è la 10, in quanto è quella che presenta il più alto numero di anomalie rilevate e interventi di manutenzione straordinaria registrati negli ultimi tre anni, con conseguente più alto di tempo di fermo. Dunque, il valore medio annuale della perdita stimata per le stazioni 3, 6, 7, 10 e 13 risulta pari a 51.039,22 €.

Confrontando, questo valore con il costo annuale stimato per l'implementazione del nuovo piano, pari a 47.272,60 €, emerge una differenza di 3.766,62 € in favore della soluzione proposta. Questo significa che, seppur minimo, percorrere questa strategia implica un risparmio annuale di quasi quattro mila euro. Tuttavia, occorre fare alcune considerazioni.

In primo luogo, quella proposta è una soluzione ibrida tra una strategia di manutenzione a guasto e una prettamente preventiva. Infatti, salvo qualche eccezione in cui si provvede direttamente alla sostituzione di un componente prima dell'effettiva rottura, come ad esempio nel caso della molla dell'avvitatore della stazione 10 in cui si sostituisce preventivamente la molla ogni quaranta giorni, la prima fase dell'intervento consiste nell'osservazioni delle condizioni della strumentazione. Di fatto, nella maggior parte di casi si procede ad un'azione prettamente manuale, che sia sostituzione, regolazione, pulizia o riparazione, solo se il monitoraggio dà esito negativo. Pertanto, il calcolo del costo medio del piano potrebbe risultare sovrastimato, con conseguente ulteriore dimostrazione della bontà della soluzione proposta.

In secondo luogo, il piano è frutto di analisi basate su un database non sfruttato interamente a causa dell'incompletezza di informazioni fornite dai manutentori nella compilazione della nota nell'esecuzione di alcuni interventi. Pertanto, è possibile che gli intervalli entro il quale eseguire un determinato intervento risultino sottostimati e di conseguenza le frequenze sovrastimate. Questo significa che al diminuire delle frequenze, diminuirà anche il numero di interventi necessari. Le frequenze potranno sicuramente diminuire qualora si costruisse uno strumento di raccolta dati che garantisca delle analisi quantitative molto più precise che comporterebbero la stesura di un piano ancora più accurato. Ciò non toglie che, quantomeno nel breve periodo, il piano stilato sia valido. La proposta di uno strumento più preciso sarà approfondita nel capitolo successivo.
Inoltre, per intervenire prima della manifestazione di un'anomalia è necessario collaborare con la Logistica per far sì che nella stesura del piano di produzione si tenga conto dei fermi programmati. In questo modo, oltre che un miglior mantenimento della strumentazione, si ottengono anche più precise date di consegna nei confronti dei clienti. Ciò significa che si risparmierebbe sulle penali da pagare ai clienti in caso di ritardi. Queste penali, seppur non quantificabili puntualmente per ogni linea, incidono parecchio sulle perdite dello stabilimento di San Bernardo. Dunque, risulterebbe conveniente procedere con l'attuazione del nuovo piano, aldilà di un risparmio annuale di 3.766,62 €.

5.8 Analisi dei risultati

Una volta valutata la convenienza economica di ogni soluzione proposta, è possibile delineare un quadro complessivo del risparmio ottenuto agendo sulla linea 37. Si ricorda che le strategie di risposta proposte al Paragrafo 5.4 sono la modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva, l'aggiornamento della strumentazione, l'inserimento di una nuova risorsa qualificata e una migliore gestione del magazzino ricambi. Per poter valutare la bontà delle soluzioni proposte dal punto di vista economico, sono stati simulati due anni di attività seguendo le strategie di risposta discusse in questo elaborato. In pratica, sono stati stimati i costi di manutenzione per la linea 37 considerando i tempi di fermo programmati per le attività preventive, la riduzione dei tempi di fermo imputabili alla mancanza di personale, al miglioramento delle prestazioni della stazione 10 grazie all'aggiornamento alla sensoristica e alla migliore gestione del magazzino ricambi.
Si è scelto di operare in questo modo perché l'aggiornamento della strumentazione proposto alla sensoristica della stazione 10 presenta un valore del Net Present Value calcolato a due anni, con un tasso di sconto del 5% (Paragrafo 5.4.1), pari 42.185,34 € e un ritorno dell'investimento di 52.000 € tra il primo ed il secondo anno. Dunque, per carpire i reali benefici delle proposte, occorre aspettare che si rientri nell'investimento tra il primo ed il secondo anno. Inoltre, non è stato incluso nello

scenario di simulazione l'aspetto riguardante i componenti critici, in quanto non si conosce con esattezza la vita utile dell'azionamento e del pannello del robot.

Così come spiegato al Paragrafo 5.6, il risparmio annuale ottenuto con la modifica del piano di manutenzione della linea 37 risulta pari a 3.766,62 €.

L'inserimento di una risorsa qualificata nel Team consentirebbe di ottenere un risparmio annuale stimato di 7.019,31 € (Paragrafo 5.5).

Infine, come emerso nel Paragrafo 5.4.1, l'investimento in aggiornamenti alla sensoristica della stazione 10 consente di risparmiare 50.653,33 €, valore ottenuto sommando i recuperi derivanti dalla cancellazione delle mancate produzioni e i benefici dello scudo fiscale.

La Tabella 5.51 presente in Appendice mostra il riepilogo dei vantaggi economici generati dalle soluzioni proposte.

Come si evince dalla Tabella 5.51, costi e risparmi economici complessivi risultano molto diversi fra di loro tra il primo e secondo anno di simulazione. Nel primo anno di simulazione a fronte di costo totale delle strategie di risposta proposte di quasi 103.000 €, si ottiene un beneficio economico di circa 12.500 €. Al secondo anno invece, il costo complessivo ammonta a 50.332,53 € ed il beneficio economico a 64.499,19 €. Poiché non variano nel tempo le voci di costo e i benefeci economici relativi alla modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva e dell'inserimento della nuova risorsa nel Team, ciò che impatta in questa differenza sono i dati riguardanti l'investimento nella sensoristica della stazione 10. Il costo complessivo risulta diverso in quanto al primo anno è previsto il costo d'acquisto del nuovo sistema di sensori, mentre non figura questa voce al secondo anno. Al secondo anno si rientra nell'investimento e infatti i benefici e i costi risultano rispettivamente superiori e inferiori di 52.000 € (costo dell'inserimento in sensoristica). In due anni a fronte di costi complessivi stimati pari a circa 153.000 €, si generano dei benefici economici pari a 76.998,38 €. Dunque, ciò significa che grazie alle soluzioni proposte, si migliorano le performance economiche della linea 37, considerando un orizzonte temporale di due anni, del 50,4%:

$$\frac{Risparmio\ derivante\ dall'attuazione\ delle\ soluzioni\ proposte}{Costo\ complessivo\ dell'attuazionedelle\ soluzioni\ proposte} = \frac{76.998{,}38\ €}{152.665{,}06\ €} \approx 50{,}4\%$$

Infine, è importante aver individuato due componenti critici che in caso di necessità di sostituzione determinano fermi, con conseguenti perdite economiche significative qualora il ricambio non fosse presente nel magazzino ricambi. Si fa riferimento all'azionamento della stazione 6 e al pannello del robot della stazione 10, che in caso di necessità di sostituzione richiedono dei tempi di ripristino rispettivamente pari a 12 e 20 ore. Questi tempi sono il risultato della somma del tempo necessario al fornitore per far recapitare il componente presso il plant di San Bernardo e di quello necessario ai manutentori per la sostituzione. Se solo si manifestasse un guasto all'azionamento e questo

richiedesse la sostituzione, ma il ricambio non fosse presente in magazzino, si incorrerebbe in una perdita di poco superiore a 12.000 €. Invece, ragionando allo stesso modo, se fosse necessaria la sostituzione del pannello del robot della stazione 10, ma non risultasse presente in magazzino ricambi un sostitutivo, si incorrerebbe ad una perdita superiore a 20.000 €. Pertanto, al fine di evitare fermi della linea elevati basta controllare periodicamente se un azionamento e un pannello di riserva risultano presenti nel magazzino ricambi. In alternativa, ogni qualvolta che si prelevano questi componenti dal magazzino si procede immediatamente all'ordinazione dei sostitutivi da tenere in stock. Quest'operazione non è particolarmente complessa e può essere svolta tranquillamente dal magazziniere responsabile dello stock dei ricambi. Non risulta nemmeno particolarmente costosa, in quanto i costi unitari di questi componenti sono irrisori, ovvero circa 1.700 € nel caso dell'azionamento e 400 € del pannello. Quindi, immobilizzando capitali pari a poco più di 2.100 €, valore ottenuto sommando i costi unitari dei due componenti, è possibile evitare perdite economiche stimate pari a circa 12.000 € e 20.000 € rispettivamente per le stazioni 6 e 10.

Questo capitolo dimostra che a partire da un database apparentemente inutilizzabile è possibile costruire un insieme di procedure che portano all'elaborazione di soluzioni migliorative immediatamente realizzabili e con benefici economici sopra ogni più rosea aspettativa. L'applicazione dei metodi proposti sulla linea 37 può essere motivo di stimolo per il management qualora volesse effettuare gli stessi ragionamenti sulle altre linee dello stabilimento.

CAPITOLO 6 – Proposte attuabili nel lungo periodo

L'obiettivo di questo capitolo è di presentare soluzioni migliorative alle criticità descritte al capitolo 3. Le criticità per le quali saranno indicate delle soluzioni sono quelle relative all'incompletezza delle informazioni, alla carenza di competenze da parte del personale, alla tracciabilità dei prodotti gestiti dal magazzino ricambi e alla lentezza della procedura d'acquisto dei componenti. Per ognuna di queste criticità sarà proposta una soluzione che avrà effetti osservabili nel lungo periodo, poiché ciascuna di esse richiede del tempo per la comprensione da parte di tutti i soggetti coinvolti nella manutenzione delle macchine dello stabilimento. In particolare, nei paragrafi successivi saranno proposte:

- La modifica della modalità di inserimento delle informazioni sull'interfaccia del sistema informativo relative ad un intervento di manutenzione effettuato.
- L'adozione di un nuovo sistema di codificazione per quanto riguarda gli articoli del magazzino ricambi.
- L'utilizzo di indicatori di performance per avere una panoramica sulle prestazioni dei soggetti coinvolti nella manutenzione.
- L'utilizzo di etichette, con i relativi strumenti di lettura, per migliorare la tracciabilità degli articoli del magazzino ricambi.
- L'implementazione di contratti di *Consignment Stock* con i fornitori di alcune tipologie di articoli presenti nel magazzino ricambi al fine di evitare i tempi di attesa richiesti per la procedura necessaria agli acquisti.

6.1 Miglioramento dell'inserimento delle informazioni relative ad un intervento di manutenzione

Il Capitolo 5 ha evidenziato quanto sia importante possedere uno strumento di raccolta dell'informazione che consenta analisi quantitative e qualitative dei guasti. In questo paragrafo si proporrà la costruzione di uno strumento di raccolta dati più efficacie rispetto a quello attuale, in modo da fornire agli analisti dei guasti informazioni molto più accurate. Per ultimare questo sistema però è richiesto molto tempo in quanto, in primo luogo bisogna istruire all'utilizzo sia il personale di produzione che i membri del Team di Manutenzione, mentre in secondo luogo occorre aspettare del tempo affinché si raccolgano dei campioni di dati sufficientemente grandi al fine di effettuare analisi statistiche robuste.

6.1.1 Informazioni che il nuovo sistema dovrà registrare

La nuova architettura informativa sostituirà la nota integrativa compilata dal manutentore in seguito ad un intervento di manutenzione e consentirà la generazione automatica di un database, in cui ogni colonna riporterà un'informazione specifica. Per individuare le tipologie di informazioni utili si è scelto di iniziare dal database di partenza descritto al Paragrafo 4.1 e di modificarlo in base alle esigenze di Dayco. Del vecchio sistema le informazioni salienti riguardo un intervento di manutenzione che possono essere traferite nel nuovo sono:

- Linea di riferimento
- Reparto
- Natura del guasto (meccanica, idraulica, elettrica o elettronica)
- Tempo di ripristino
- Costo dell'intervento
- Tempo di fermo
- Data.

Altre informazioni importanti possono essere individuate grazie all'esperienza della costruzione del database presentato al Paragrafo 4.3. Al database di partenza sono state aggiunte le seguenti colonne:

- Stazione
- Identificazione del problema
- Soluzione adottata per il ripristino di un'anomalia.

Tuttavia, le informazioni sopra elencate non risultano sufficienti al fine di effettuare analisi volte all'elaborazione di strategie di risposta efficaci, in quanto sarebbe opportuno conoscere riguardo un intervento, anche il soggetto esecutore, la tipologia (cioè se di manutenzione preventiva o straordinaria), il componente eventualmente sostituito e sottogruppo.

Il motivo per il quale è importante conoscere l'identità del soggetto che effettua un determinato intervento di manutenzione è molto semplice, ovvero avere sempre a disposizione una fotografia riguardo le competenze ogni singolo individuo coinvolto nell'apparato manutentivo. Infatti, poter disporre sempre di questa informazione significherebbe conoscere dei punti di debolezza e di forza di ogni singolo operatore che ha funzioni manutentive. Conoscere i punti di debolezza di un operatore è fondamentale al fine di aiutarlo a colmare le sue lacune tecniche con, ad esempio, dei corsi di formazione mirati. Invece, conoscere i punti di forza può essere un vantaggio in quanto consentirebbe di condividere tra colleghi la propria esperienza relativa alle modalità di esecuzione degli interventi, magari attraverso l'organizzazione di meeting interni. In questo modo, l'operatore diventa il centro del sistema manutentivo, e oltre che l'esecutore di un intervento diventa anche l'istruttore per i suoi

colleghi. Inoltre, grazie a questa informazione il management può costruire un sistema di retribuzione addizionale a quello attuale, come ad esempio il premio di produzione. Questo premio può essere basato sulle performance degli operatori stimate attraverso il calcolo di indicatori che mostrano i tempi di intervento e il numero di interventi eseguiti con successo per ogni singolo soggetto coinvolto nella manutenzione delle linee di produzione.

In secondo luogo, conoscere se un determinato intervento è previsto dal piano di manutenzione preventiva oppure è necessario in seguito a guasti (straordinario) risulta importante per due motivi.

In primo luogo, il piano di manutenzione preventiva non può essere statico e deve guardare sempre alle continue evoluzioni delle condizioni degli strumenti da manutenere. Conoscere se un determinato elemento è oggetto di manutenzione straordinaria e lo è con una qualche distribuzione nel tempo, può essere molto utile per implementare interventi preventivi. Quindi, quest'informazione può essere molto importante al fine di minimizzare i fermi macchina imprevisti in favore di quelli programmati.

In secondo luogo, strada giusta è importante per monitorare se il piano di manutenzione preventiva corrente risulta efficacie. Infatti, qualora un componente per il quale sono previsti interventi di manutenzione preventiva risultasse a guasti ripetuti nel tempo occorrerà intervenire modificando le azioni previste dal piano.

Nel sistema di raccolta delle informazioni relative ad un intervento di manutenzione, che si tratti di preventiva o straordinaria, attualmente vigente nello stabilimento non è prevista l'indicazione del componente eventualmente sostituito. Possedere quest'informazione può risultare utile per due ragioni.

In primo luogo, quest'informazione consentirebbe il censimento continuo dei componenti presenti su tutte le linee e isole dello stabilimento di San Bernardo. Attualmente, le uniche indicazioni relative ai componenti presenti sulle macchine vengono fornite dai disegni delle linee. Questi disegni, soprattutto quelli relativi alle linee più anziane, casi risultano obsoleti in quanto dall'installazione degli impianti ad oggi sono state effettuate numerose modifiche di cui non si è tenuto traccia negli anni. Inoltre, conoscere i componenti presenti su ogni singola linea consentirebbe l'elaborazione delle analisi sui consumi per ciascun componente registrato nel circuito del magazzino ricambi. Ad oggi, attraverso l'analisi delle uscite dal magazzino ricambi, si riesce solo a vedere il consumo complessivo per un determinato componente e non su quale linea il ricambio è necessario. Poiché l'obiettivo è di realizzare in futuro un sistema di stoccaggio dei ricambi diffuso attraverso l'installazione di dispositivi per il *PickUp DropOff* (**PUDO**) su tutto il plant, risulterà fondamentale conoscere la localizzazione della necessità di avere il ricambio.

Infine, come dimostrato Capitolo 5, dove si sono valutate proposte migliorative per la stazione 10 della linea 37, diventa difficile individuare la localizzazione dell'anomalia ad un determinato

dispositivo qualora la stessa tipologia di dispositivo risultasse presente in più punti di una stazione. Ad esempio, si fa riferimento ai sensori di rilevazione dei componenti. Poiché sono presenti stazioni piuttosto complesse in termini di movimentazioni dei componenti, il numero di sensori di rilevazione presenti dovrà essere pari al numero di movimentazioni del componente appunto. Dunque, nella compilazione della relazione di un intervento sarebbe opportuno indicare con precisione il componente interessato. Per far ciò si potrebbero creare dei sottoinsiemi delle stazioni, i sottogruppi. Sempre facendo riferimento alla stazione 10 della linea 37, esempi di sottogruppi potrebbero essere il robot che preleva la puleggia e il bullone, l'avvitatore che fissa la puleggia al semilavorato e il vibratore dei dust cover.

6.1.2 Modalità di inserimento delle informazioni mancanti

Una volta definite le quattro informazioni mancanti nell'attuale sistema di raccolta dati occorre implementare per ognuna di esse la modalità di inserimento. In generale, la modalità di inserimento è la stessa per tutte e quattro le tipologie di informazioni, ovvero è sufficiente aggiungere sull'interfaccia del sistema informativo un campo per la digitazione per ognuna di esse. Tuttavia, nella configurazione attuale il sistema registra informazioni superflue. Far inserire un'informazione addizionale al fornitore del sistema informativo (IBM) richiede un costo significativo. Quindi, basterà far sostituire agli addetti dell'Ufficio IT i campi relativi all'inserimento delle informazioni superflue con quelli relativi alle informazioni mancanti.

Le informazioni superflue registrate dal sistema informativo sono due. Questi due campi possono anche essere eliminati dall'interfaccia:

- Reparto di produzione. Conoscere il reparto in cui si trova la linea oggetto di intervento è superfluo in quanto il numero assegnato ad una linea è univoco e nel plant di San Bernardo non esistono due linee denominate allo stesso modo.
- Periodo. È un'informazione ridondante in quanto il sistema registra già la data di esecuzione dell'intervento.

Inoltre, ci sono campi di digitazione mai utilizzati e potenzialmente utili. Si tratta dei campi denominati "macchina" e "attrezzatura". Questi due campi, al fine di risultare il più comprensibile possibile al soggetto che effettua un intervento e che deve compilare il modulo elettronico con le informazioni salienti, possono essere denominate rispettivamente "stazione" e "sottogruppo".

Infine, per quanto riguarda l'inserimento delle informazioni relative all'identificazione del problema (l'indicazione dell'anomalia o dell'elemento oggetto di intervento), alla risoluzione (pulizia, sostituzione del componente, regolazione e riparazione) e al componente eventualmente sostituito nell'intervento, devono essere creati tre campi di digitazione appositi sull'interfaccia del sistema

informativo. Dunque, considerando l'inserimento di questi tre campi di digitazione e la rimozione di quelli relativi al reparto di produzione e al periodo, sull'interfaccia ci sarà un campo in più rispetto alla configurazione attuale.

Modalità dell'indicazione del soggetto esecutore dell'intervento

Per inserire l'informazione relativa al soggetto esecutore di un determinato intervento basterà aggiungere un nuovo campo sull'interfaccia del sistema informativo in cui poter digitare la matricola assegnata dall'azienda ad ogni dipendente dello stabilimento. Attualmente, la compilazione del modulo elettronico avviene attraverso il computer posto nell'area adiacente al magazzino ricambi. La dichiarazione di chiusura dell'intervento avviene solamente quando il manutentore si reca sulla postazione dedicata al computer dopo aver ripristinato un guasto. Ciò significa che i tempi registrati dal sistema informativo possono risultare dilatati a causa del tragitto da percorrere dai reparti produttivi al computer. Dunque, si piò ovviare a questa criticità installando dei computer nei pressi di ogni linea. In questo modo, le informazioni potranno essere inserite sul sistema informativo immediatamente dopo aver effettuato l'intervento. Ovviamente questa operazione dovrà essere eseguita da tutti i soggetti che hanno il compito di eseguire interventi di manutenzione, ovvero i manutentori, gli addetti dell'Ufficio dell'Industrializzazione e il personale di produzione.

Modalità dell'indicazione della tipologia dell'intervento

Per inserire l'informazione relativa alla tipologia dell'intervento basterà indicare se l'intervento in questione è programmato o straordinario. Nella configurazione attuale dell'interfaccia del sistema informativo è presente un campo in cui inserire un codice di tre cifre corrispondente ad un intervento di manutenzione preventiva specifico. Ad esempio, il numero 005 codifica l'intervento "Verifica perdita d'aria ai raccordi, tubi, guarnizioni e cilindri". Questa, struttura risulta particolarmente complessa in quanto i codici sono circa 500 ed è praticamente impossibile per i manutentori tenere a memoria un numero così elevato di codici. Dunque, nella compilazione del modulo elettronico relativo ad un intervento basterà aggiungere su un apposito campo di digitazione la sigla *PR* se si tratta di un intervento di manutenzione preventiva, mentre *ST* di un intervento straordinario.

Modalità dell'indicazione del componente eventualmente sostituito nell'intervento

Per inserire l'informazione relativa al componente eventualmente sostituito in un determinato intervento basterà aggiungere un nuovo campo sull'interfaccia del sistema informativo in cui poter digitare il codice del componente sostituito. Tuttavia, prima di implementare sul sistema informativo quest'opzione risulta conveniente fare una considerazione sul sistema di codificazione dei ricambi all'interno dello stabilimento di San Bernardo. Per far fronte alla criticità emersa nel Paragrafo 3.5.1 relativa ai ricambi dichiarati disponibili dal sistema informativo, ma non trovabili all'interno del

magazzino ricambi si è proposto di modificare, su suggerimento del responsabile della Manutenzione, l'attuale sistema di codificazione dei ricambi. L'attuale sistema di codificazione dei ricambi è molto semplice. Ad ogni ricambio è assegnato un codice alfanumerico. Al fine di risultare il più comprensibile possibile a tutti i livelli aziendali, ogni cifra ha un significato specifico. Il codice indicato in Figura 6.1 indica un ricambio.

RED016

Figura 6.1. *Esempio di codice indicante un ricambio*

Le prime tre lettere indicano il reparto a cui il ricambio è associato. Nel caso del codice in figura si tratta del reparto distribuzione. Se nel codice al posto della D compare la T il reparto è quello dei tensionatori. Invece, le tre cifre finali indicano un numero progressivo che viene associato dal magazziniere al ricambio. Più è alto e più recente sarà stato l'ingresso di un determinato componente nel magazzino ricambi.

Tuttavia, nel magazzino ricambi sono presenti anche gli utensili, i dispositivi di protezione individuale e materiale di consumo come i lubrificanti. Questi prodotti vengono codificato secondo una logica leggermente diversa. Nel caso degli utensili, come punte di foratrici o frese, un esempio di codificazione è la seguente (Figura 6.2):

UTN331

Figura 6.2. *Esempio di codice indicante un utensile*

Dove le prime tre lettere indicano che il codice in questione è un utensile, mentre le ultime tre cifre indicano un numero progressivo associato seguendo la stessa logica per la codificazione dei ricambi. Inoltre, esistono utensili codificati nel seguente modo (Figura 6.3):

22T902/0xx

Figura 6.3. *Altro esempio di codice indicante un utensile*

Dove le ultime due cifre assumono un valore compreso tra 2 e 29. Ciascun codice corrisponde ad un tipo di utensile.

La codificazione dei dispositivi di protezione individuale è la stessa della precedente con l'unica differenza delle prime tre cifre (Figura 6.4).

DPI327

Figura 6.4. *Esempio di codice indicante un dispositivo di protezione individuale*

Infine, i lubrificanti vengono codificati utilizzando lo stesso codice del prodotto in cui vengono utilizzati. Infatti, esistono prodotti per il quale il lubrificante è un componente della distinta base. Un esempio di codici di questo tipo è il seguente (Figura 6.5):

TQ980A

Figura 6.5. *Esempio di codice indicante un articolo incluso nella distinta base di un prodotto*

Come è intuibile, gestire tutte queste famiglie di codici risulta molto complicato. Infatti, nel momento in cui il magazziniere ricerca un prodotto nel magazzino dovrebbe ricordare tutti i codici a memoria e, poiché nel magazzino risultano registrati 3971 codici diversi, appare improbabile che ciò sia possibile. Per far fronte a questa criticità, il magazziniere si è costruito un file Excel in cui per ogni codice associa una breve descrizione dell'articolo e la locazione nella scaffalatura corrispondente (Figura 6.6).

Art-culo	Descripcion Articulo
22T902/002	FRESA MD 5X28X67,5 GAMBO 6
22T902/004	FRESA MD 8,2X55X100 GAMBO 10
22T902/005	FRESA MD 5,25X34X72 GAMBO 6
22T902/005	FRESA MD 5,25X34X72 GAMBO 6
22T902/006	FRESA MD 3X12X56 GAMBO 6
22T902/007	FRESA MD 4X11X56 GAMBO 6

Figura 6.6. *Estratto del database costruito dal magazziniere per la gestione degli articoli*

In questo modo, digita sul campo del filtro alcuni caratteri corrispondenti al prodotto richiesto dal manutentore e riesce a trovare il codice corrispondente. Tuttavia, il problema sorge se i caratteri digitati non portano a nessun codice. In quel caso, il magazziniere deve cercare manualmente in tutte le locazioni della scaffalatura e verificare che il prodotto corrisponda alla richiesta. Chiaramente, quest'operazione non è sostenibile in termini di tempo.

Pertanto, la soluzione proposta è la modifica dell'attuale linguaggio di codificazione con uno chiaro è univoco. La codificazione proposta è molto semplice e consiste in una stringa di caratteri così composta (Figura 6.7):

CodC_Description

Figura 6.7. *Esemplificazione della codificazione proposta*

Dove:

- *CodC* è il codice del costruttore o fornitore del prodotto. Questo codice corrisponde ad una sigla, generalmente le prime quattro del nome del costruttore.
- *Description* è la breve descrizione del componente che si può leggere sia dalla confezione del prodotto nuovo di fabbrica, sia dalle etichette o incisioni sul componente smontato dalle linee e quindi da sostituire.

Di seguito è presentata una tabella esemplificativa della modifica di cinque codici ognuno dei quali appartenente ad una delle cinque famiglie di codici presentate sopra (Tabella 6.1).

Descrizione	Tipologia di articolo	Costruttore o Fornitore	Codice con attuale sistema di codificazione	Codice con sistema di codificazione proposto
Fibra Ottica Keyence-FU-35 FA	Cavo sensoristica	Keyence	RED036	KEYE_FU_35_FA
Bareno S25-VVJNR16DY1204-2	Bareno	Sandvik	UTN330	SAND_S25_VVJNR16DY1204_2
Fresa MD 5X28X67,5 GAMBO 6	Fresa	Fratelli Castagna	22T902/002	FRCA_ MD_5X28X675_G_6
INSERTI AURICOLARI MONOUSO 3M	Inserti auricolari	3M	DPI103	3M_INSERTI_AURICOLARI_MONOUSO
FIN LUBE TF LUBRIFICANTE 500ML	Lubrificante	Lube	TQ287AA	LUBE_FIN_TF_LUBR_500ML

Tabella 6.1. *Conversione della codificazione dal sistema vigente a quello proposto*

Come si evince dalla Tabella 6.1, la differenza tra i due sistemi di codificazione è molto semplice. La codificazione proposta è portatrice di informazioni. Infatti, nel codice sono contenute informazioni relative al costruttore (o fornitore) e modello del prodotto in questione. Il vantaggio di avere un sistema del genere è il risparmio di tempo per la ricerca del codice corrispondente nel foglio Excel. Per individuare la locazione del prodotto ricercato, basterà digitare la stringa, o parte di essa, seguendo la logica del nuovo sistema di codificazione. Dunque, se implementato con efficacia, il nuovo sistema di codificazione consentirà di ridurre i tempi di ricerca del componente in magazzino, e quindi anche quelli dei fermi macchina.

Modalità dell'indicazione del sottogruppo dell'intervento

Per inserire l'informazione relativa al sottogruppo basterà aggiungere un nuovo campo sull'interfaccia del sistema informativo in cui poter digitare la localizzazione geografica del guasto all'interno di una determinata stazione. Questi sottogruppi devono prima essere identificati per ogni stazione di ogni linea. Lo strumento che può consentire l'identificazione dei sottogruppi è il database costruito per l'analisi dei dati al capitolo 4. A partire dal database, è possibile raggruppare le anomalie in sottogruppi. Chiaramente, non sarà necessario identificare dei sottogruppi per tutte le stazioni di una linea, bensì solo per quelle più complesse. Per le stazioni che svolgono operazioni relativamente elementari non sarà necessario individuare dei sottoinsiemi. Di seguito verrà fornito un esempio di raggruppamento delle anomalie utilizzando i dati della linea 37 elaborati al capitolo precedente.

Per quanto riguarda le stazioni della linea 37 esaminate al capitolo precedente, in solo due delle cinque esaminate sono state individuati dei sottogruppi, ovvero la 10 e la 13. La Tabella 6.2 mostra i sottogruppi identificati.

Stazione	Sottogruppi individuati
10	Avvitatore
	Robot
	Vibratore dust cover
13	Inserimento lock-up pin
	Controllo torsionale

Tabella 6.2. *Individuazione dei sottogruppi per le stazioni della linea 37*

Nella stazione 10 sono stati individuati tre sottogruppi critici, cioè il robot che preleva la puleggia e il bullone, l'avvitatore che fissa la puleggia al semilavorato e il vibratore dei dust cover. Dunque, nella compilazione del modulo elettronico di esecuzione dell'intervento relativo al ripristino di un guasto della stazione 10 occorrerà inserire l'informazione relativa alla localizzazione geografica dell'anomalia, scegliendo tra i tre sottogruppi menzionati in Tabella 6.2.

Per quanto riguarda la stazione 13 sono state individuate due macroaree, ovvero quella dell'inserimento del pin e quella del controllo torsionale. Nella prima area viene prelevato il pin all'estremità della canalina del vibratore e piantato sul semilavorato. Invece, il controllo torsionale è quell'area della stazione 13 in cui si sottopone il semilavorato a delle vibrazioni. Pertanto, le opzioni per la compilazione del campo relativo al sottogruppo sull'interfaccia del sistema informativo saranno le due proposte in Tabella 6.2.

6.3 Monitoraggio e miglioramento delle competenze degli operatori

Una volta costruito un sistema di raccolta informazioni efficiente, è possibile elaborare delle analisi che forniscano una panoramica sulle competenze di tutti i soggetti coinvolti nella manutenzione delle linee dello stabilimento di San Bernardo. Come si può evincere dal paragrafo 6.1.2.1, nella nuova configurazione proposta dell'interfaccia del sistema informativo è stata aggiunta un'informazione relativa al numero di matricola del soggetto che effettua l'intervento. In questo modo, estrapolando il file Excel dello storico degli interventi sarà possibile calcolare degli indicatori di performance che consentiranno di individuare le lacune e i punti di forza di ogni singolo soggetto coinvolto nella manutenzione. Ai paragrafi successivi saranno proposti i seguenti indicatori ritenuti opportuni per il monitoraggio delle competenze degli operatori:

- Percentuale di interventi eseguiti con successo per operatore
- Durata media di un intervento effettuato da ciascun operatore.

6.3.1 Percentuale di interventi eseguiti con successo per operatore

L'indicatore proposto è stato ideato per offrire una panoramica dell'efficienza di ogni singolo operatore coinvolto nell'apparato manutentore. Pertanto, per indicare il riferimento ad uno specifico operatore si è scelto di denominare l'indicatore *Success Intervent Per Operator,* abbreviato con la sigla $SIPO_k$, dove k indica il soggetto k-esimo a cui corrisponde una determinata matricola. La formula di calcolo è la seguente:

$$SIPO_k = \frac{Numero\ di\ interventi\ eseguiti\ con\ successo\ dall'operatore\ k-esimo}{Numero\ di\ interventi\ totali\ eseguiti\ dall'operatore\ k-esimo}$$

Come è facilmente intuibile dalla formula, il valore ottenuto è compreso tra 0 e 1. Grazie a questo a valore è possibile individuare la percentuale di successo per ciascun operatore nell'esecuzione degli interventi. Chiaramente, tanto più alto sarà questo valore maggiore sarà la produttività dei dipendenti. Infine, è possibile offrire un livello di dettaglio superiore calcolando un altro indicatore molto simile al SIPO. In particolare, è possibile stimare la percentuale di interventi eseguiti con successo per il ripristino dell'anomalia j-esima alla stazione i-esima di una determinata linea per operatore. Se il primo indicatore offre una panoramica complessiva sull'efficienza degli operatori, questo indicatore offre un livello di dettaglio superiore. Infatti, questo indicatore presenta l'efficacia di un operatore nella risoluzione di un'anomalia j-esima della stazione i-esima di una determinata linea. Vista l'analogia con il $SIPO_{k,}$ questo indicatore sarà denominato $SIPO_{k,j,i}$. La formula di calcolo è la seguente:

$$SIPO_{k,j,i} = \frac{SI_{k,j,i}}{N_{k,j.i}}$$

Dove $SI_{k,j,i}$ rappresenta il numero di interventi eseguiti con successo da parte dell'operatore k-esimo per il ripristino dell'anomalia j-esima tipica della stazione i-esima. Invece, $N_{k,j,i}$ indica il numero complessivo di interventi eseguiti da ciascun operatore per il ripristino dell'anomalia j-esima tipica della stazione i-esima della stessa linea. Con questo indicatore si vuole tener traccia dell'efficacia degli operatori nella risoluzione di specifiche anomalie.

6.3.2 Durata media di un intervento effettuato da ciascun operatore

Questo indicatore è stato ideato per offrire una stima della durata degli interventi per ciascun operatore. La formula di calcolo è molto semplice, ovvero la semplice media aritmetica delle durate dei singoli interventi eseguiti dall'operatore k-esimo. Data le analogie con il *Mean Time To Repair*, è stato scelto di denominare l'indicatore $MTTR_k$. La formula di calcolo è la seguente:

$$MTTR_k = media(t_k)$$

Dove t_k rappresenta la durata di un intervento di manutenzione eseguito dall'operatore k-esimo. Tuttavia, anche in questo caso è stato individuato un indicatore che offre un livello di dettaglio ulteriore. Infatti, è possibile stimare la durata media di un intervento effettuato da ciascun operatore per il ripristino dell'anomalia j-esima alla stazione i-esima di una determinata linea. Questo indicatore è molto simile al $MTTR_k$ in quanto anch'esso rappresenta una stima della durata di un intervento eseguito da un operatore. Tuttavia, questo indicatore è stato ideato per offrire un livello di dettaglio superiore, ovvero l'elemento e la relativa stazione oggetto di intervento. Inoltre, considerando le analogie con il $MTTR_k$, verosimilmente il nuovo indicatore sarà denominato $MTTR_{k,j,i}$ e la formula di calcolo è la seguente:

$$MTTR_{k,j,i} = media(t_{k,j,i})$$

Dove $t_{k,j.i}$ rappresenta la durata di un intervento di manutenzione eseguito dall'operatore k-esimo per il ripristino dell'anomalia j-esima tipica della stazione i-esima di una determinata linea.

6.3.3 Gestione degli indicatori proposti

Una volta individuati gli indicatori di performance per il monitoraggio delle competenze occorre elaborare una strategia per la gestione dei KPI presentati al paragrafo precedente. Per ogni indicatore dovranno essere indicati dei target che devono essere raggiunti per la valutazione di ciascun operatore. Nel caso dei due indicatori che indicano la percentuale di successo nell'esecuzione degli interventi per ciascun operatore il target di riferimento, su consiglio del Responsabile della Manutenzione è stato posto al 95%. Ciò significa che la percentuale di insuccesso accettabile per ciascun operatore è del 5%.

Invece, per quanto riguarda gli indicatori relativi alla stima della durata media dell'esecuzione di un intervento di manutenzione si è scelto di fare un ragionamento diverso, in quanto il target di riferimento non può essere prefissato come nel caso precedente, ma dipende dalla migliore prestazione rilevata. In particolare, i valori obiettivo sono stati scelti ponendoli pari al minimo dei valori registrati di $MTTR_k$ e $MTTR_{k,j,i}$ come mostrato dalla seguenti formule:

$$Target_k = \min(MTTR_k)$$

$$Target_{k,j,i} = \min(MTTR_{k,j,i})$$

In questo modo, si fissa il target da raggiungere pari al minimo valore di MTTR riscontrato che equivale al raggiungimento della miglior performance realizzata dall'operatore k-esimo. Tuttavia, potrebbe risultare difficile ottenere dei valori uniformi fra tutto il personale a disposizione. Per ovviare a questo è possibile accettare un valore di tolleranza pari al 10% del target individuato. Pertanto, i valori obiettivo da perseguire per ciascun operatore dell'apparato manutentivo sono i seguenti:

$$Obiettivo_k \leq 1.1 * Target_k$$

$$Obiettivo_{k,j,i} \leq 1.1 * Target_{k,j,i}$$

Raggiungimento dei valori target

Individuati i valori obiettivo per ciascun indicatore proposto occorre implementare una strategia per tentare di uniformare le competenze degli operatori ai livelli richiesti. Le proposte per il miglioramento delle competenze, e quindi dei valori assunti dagli indicatori, sono due, ovvero l'organizzazione di meeting periodici e la stesura di procedure di risoluzione dei guasti. Per quanto riguarda l'organizzazione dei meeting, devono essere definiti i soggetti che vi partecipano, il giorno, il turno e l'orario di inizio. Questi incontri periodici devono essere volti al miglioramento delle competenze di ogni soggetto che svolga compiti nella manutenzione delle macchine dello stabilimento. Gli addetti che presentano i valori degli indicatori più virtuosi saranno coloro che istruiranno il resto del gruppo sulla risoluzione dei guasti. Inoltre, al fine di favorire la diffusione delle *best practices* all'interno di tutto il gruppo coinvolto gli operatori più virtuosi, secondo i valori dei KPI scelti, potranno stilare dei fogli in cui si spiega passo per passo le operazioni eseguite per il ripristino delle anomalie. Questi fogli, che fungeranno da veri e propri manuali di istruzione, potranno essere consegnati a ciascun membro del Team di Manutenzione, il quale potrà consultarli in caso di necessità.

Per quanto riguarda i soggetti e i momenti in cui devono svolgersi i meeting, di seguito saranno forniti gli opportuni dettagli.

Soggetti

I soggetti che devono essere coinvolti nel meeting sono tutti quelli che svolgono un ruolo cruciale nell'apparato manutentivo. Per quanto riguarda il Team di Manutenzione è opportuno che tutti i membri della squadra presenti partecipano alla riunione. Dunque, dovranno essere presenti il responsabile della Manutenzione, il magazziniere e tutti i manutentori.

In rappresentanza della Produzione i soggetti più indicati sono i capiturno, poiché sono le persone più vicini alle linee e i primi a presentarsi laddove si manifesta un guasto.

Giorno, turno e orario di inizio

Individuati i soggetti partecipanti al meeting, occorre stabilire il momento ideale per lo svolgimento. In particolare, occorre stabilire il giorno, l'orario di inizio e quindi il turno. Si deve offrire la possibilità ad ogni soggetto coinvolto nella manutenzione del plant di partecipare all'incontro. Tuttavia, questo non risulta possibile in quanto il personale, sia di produzione che di manutenzione, si alterna sui tre turni giornalieri. Dunque, in nessun meeting sarà possibile rendere partecipe contemporaneamente tutti gli addetti alla manutenzione. Per ovviare a questo, si devono fissare le date dei meeting a frequenza costante, dando di fatto la possibilità a tutto il personale di partecipare. I giorni individuati sono il lunedì, il mercoledì ed il venerdì, in quanto ogni due giorni i tre turni ruotano. Pertanto, occorre fissare il turno in ci svolgere il meeting e l'ora di inizio.

Il turno scelto è il primo, ovvero quello che inizia alle 6 e termina alle 14. L'orario di inizio deve essere fissato tenendo conto di due fattori. In primis, dell'arrivo dei soggetti che possono partecipare a tutte le riunioni, in quanto il loro turno di lavoro è sempre lo stesso (il primo). Si tratta del responsabile della Manutenzione, della risorsa specializzata e del magazziniere. In secondo luogo, è opportuno attendere lo svolgimento della riunione giornaliera di stabilimento descritta al paragrafo 3.1. Questo perché dalla riunione a cui partecipano tutti i soggetti del plant possono emergere criticità che possono essere approfondite internamente al Team di Manutenzione. Pertanto, al fine di rispettare queste due condizioni, l'orario di inizio del meeting proposto deve essere fissato dopo le 9 del mattino.

6.4 Miglioramento della tracciabilità degli articoli del magazzino ricambi

In risposta al problema 2 del paragrafo 3.5.1, ovvero alla criticità relativa ai ricambi dichiarati disponibili in magazzino secondo il sistema informativo, ma fisicamente mancanti, è possibile proporre alcune modifiche all'attuale sistema di tracciabilità. In particolare, può risultare utile utilizzare delle etichette su ogni prodotto di competenza del magazzino della Manutenzione. Ad ogni prelievo di un determinato prodotto dalla sua locazione, basterà "sparare" un lettore di bar code sull'etichetta dell'articolo. In questo modo il sistema informativo registrerà automaticamente l'operazione e aggiornerà in tempo reale il saldo del codice prelevato. Questa modifica nella modalità di prelievo di fatto elimina la procedura obsoleta della compilazione della bolla descritta al Paragrafo 3.1, minimizzando la possibilità di errore umano. Invece, per quanto riguarda l'inserimento della merce in magazzino, la procedura rimane la medesima di quella attuale e quindi il caricamento dell'informazione su AS400 deve essere svolto manualmente dal magazziniere. Tuttavia, esistono articoli che vengono prelevati dai manutentori anche in numero superiore dell'effettiva necessità. In genere si tratta di materiale di consumo come viti o fascette di fissaggio. Per ovviare a questo problema è possibile adottare un accorgimento, ovvero di registrare l'informazione relativa alla

matricola dell'operatore che preleva un determinato codice nella stessa modalità spiegata al Paragrafo 6.1.2 per indicare il soggetto che effettua un intervento. Questo consente di responsabilizzare il manutentore che preleva gli articoli dalle scaffalature, che svolgerà le operazioni di prelievo con più attenzione sapendo che ad ogni uscita sarà associata la sua identità.
In termini economici, questa modifica delle modalità di prelievo presenta un costo nullo in quanto nel magazzino ricambi risultano presenti sia gli strumenti di generazione che di lettura elettronica delle etichette.

6.5 Implementazione di un contratto di *Consignment Stock*

In questo paragrafo sarà presentata una proposta migliorativa alla criticità riscontrata al paragrafo 3.5.3 relativa alla complessità della procedura di acquisto di un ricambio. La procedura d'acquisto non può essere modificata, secondo quanto prevede la policy aziendale che preferisce mantenere un sistema di autorizzazioni delle spese scaglionato (Paragrafo 3.5.3). Tuttavia, può essere implementata una soluzione che mitiga i ritardi generati dalla burocrazia della fase d'acquisto. La soluzione proposta è il *Consignment Stock* per quanto riguarda la politica della gestione delle scorte del magazzino ricambi. Il *Consignment Stock* è un contratto basato sul trasferimento dei beni del fornitore presso un deposito del cliente il quale, in base alle proprie esigenze, ha la facoltà di effettuare prelievi in qualsiasi momento. In questo modo il diritto di proprietà resta congelato in capo al fornitore e si trasferisce al cliente soltanto nel momento in cui questo effettua il prelievo. Fasi del contratto:

- La merce viene spedita a titolo non traslativo della proprietà presso il magazzino del cliente.
- Il cliente preleva il quantitativo di merce necessario alle sue esigenze.
- Il prelievo determina il trasferimento della proprietà dal fornitore al cliente.
- Il cliente comunica al fornitore l'elenco delle quantità prelevate dal magazzino.
- Il fornitore, in base alle richieste del cliente, reintegra le scorte nel magazzino della controparte.

Il soggetto acquirente dovrà istituire un registro di carico e scarico in cui annotare i movimenti di ingresso, che avverranno attraverso documentazione emessa dal soggetto cedente/depositante, ed i movimenti di estrazione. Questa ultima dovrà essere periodicamente comunicata al fornitore affinché possa provvedere all'emissione della relativa fattura di vendita e adempiere ai propri obblighi fiscali connessi alla vendita che si ritiene conclusa solo al momento dell'estrazione dal deposito.
Il contratto è vantaggioso per Dayco perché il magazzino ricambi potrebbe presentare un assortimento di componenti più dettagliato di quello attuale ad un costo di immobilizzazione del capitale nullo, poiché i prodotti non sono di sua proprietà finché non le preleva. Inoltre, annullerebbero i tempi

necessari per l'approvvigionamento dei ricambi in quanto la merce sarebbe sempre presente fisicamente in magazzino. Grazie a questo nuovo sistema di approvvigionamento dei ricambi, si riuscirebbe ad azzerare quel tempo di attesa di circa 15 giorni dovuto alla lentezza per l'ottenimento di tutte le autorizzazioni per l'acquisto di un componente. L'Ufficio Acquisti svolgerebbe solo la funzione di effettuare il pagamento al fornitore nel momento in cui un determinato prodotto viene prelevato dal magazzino.

Invece, il contratto di *Consignment Stock* risulta vantaggioso per i fornitori perché avrebbero la possibilità di tenere meno scorte fisiche presso i loro magazzino dato che parte di queste sarebbe di fatto immagazzinata da Dayco. Inoltre, il fornitore avrebbe maggiori informazioni sullo stato effettivo delle vendite e la sicurezza di un ordine a lungo termine perché per implementare questo tipo di rapporto generalmente è necessario stipulare ordini di esclusiva con un cliente per un arco temporale di almeno 2-3 anni.

Per individuare gli articoli da inserire in un contratto di *Consignment Stock* è stato scelto di ragionare sui consumi di questi prodotti. In particolare, si è scelto di includere nel contratto quei prodotti che hanno un consumo uniforme nel tempo, come ad esempio gli utensili e il materiale di consumo. Per questo si è scelto di raggruppare in base alla loro natura i prodotti presenti in magazzino in otto categorie:

- *Attrezzi da lavoro*, come ad esempio pinze o giraviti.
- *Dispositivi di protezione individuale.* Sono tutti oggetti che servono a tutelare il lavoratore, come ad esempio mascherine o guanti.
- *Etichette,* necessarie per fornire informazioni su odette o scaffalature.
- *Lubrificanti* per le parti idrauliche delle macchine.
- *Materiale di consumo,* come ad esempio colla o nastro adesivo.
- *Ricambi*
- *Utensili*
- *Distinta base.* Sono quei prodotti gestiti dal magazzino della manutenzione che fanno parte della distinta base di alcuni codici trattati dallo stabilimento di San Bernardo.

Una volta individuate queste otto categorie di prodotti, è possibile stabilire per ognuna di esse quanto incidono sull'immobilizzazione di capitali (Tabella 6.3).

Categoria di prodotto	Valore contabile (€)
Attrezzi	522,85 €
DPI	240.922,52 €
Etichetta	65.994,29 €
Lubrificanti	5.476,45 €
Materiale di Consumo	39.163,82 €
Ricambi	1.638.260,38 €
Utensile	205.288,80 €
Distinta base	143.496,25 €
Totale	**2.339.125,36 €**

Tabella 6.3. *Valore contabile dei prodotti presenti nel magazzino ricambi*

Come si evince dalla Tabella 6.3, il valore contabile relativo ai ricambi incide per più del 70% del valore complessivo dei prodotti presenti in magazzino. Per i ricambi risulterebbe molto complicato implementare un contratto di *Consignment Stock* per due motivi. In primo luogo, il parco macchine dello stabilimento di San Bernardo presenta un'età piuttosto anziana e quindi molti ricambi non sono oggi presenti sul mercato. Nel caso di necessità occorrerebbe farsi costruire dal fornitore il ricambio a prezzi elevati. In secondo luogo, ci sono elementi delle macchine che presentano una vita utile dell'ordine di 5-10 anni e quindi non risulterebbe conveniente ai fornitori di ricambi avere presso lo stabilimento di Dayco merce immobilizzata per così tanto tempo. Inoltre, i fornitori dei ricambi sono molteplici e dunque risulterebbe complicato implementare con ognuno di essi un contratto di *Consignment Stock.*

Tuttavia, i prodotti rappresentati dalle altre sette categorie presentano dei consumi uniformi e continui nel tempo. Questo consentirebbe ai fornitori di incassare il valore della merce depositata presso il magazzino di Dayco ad intervalli più o meno regolari. Inoltre, i prodotti inclusi nelle categorie *Attrezzi da lavoro, Dispositivi di protezione individuale, Materiale di consumo* e *Utensili* vengono forniti prevalentemente da un unico fornitore e quindi l'implementazione di un contratto di *Consignment Stock* non risulterebbe particolarmente complessa. Se si riuscisse a realizzare di questa tipologia di contratto si riuscirebbe a ridurre il valore contabile di poco superiore a 485.000 €, che equivale a circa il 21% dell'attuale valore complessivo.

6.6 Valutazione complessiva delle proposte

Le soluzioni proposte in questo capitolo richiedono tempi di implementazione molto lunghi. Tutte le proposte sono immediatamente realizzabili. Ciò che richiede tempo è far recepire i cambiamenti a tutto il personale coinvolto nella manutenzione dello stabilimento. Per realizzare queste proposte, è necessaria la collaborazione di tutti i soggetti coinvolti nell'apparato manutentivo del plant di San Bernardo. Il filo conduttore di queste proposte è l'importanza di avere sistemi di raccolta delle informazioni che consenta il miglioramento continuo sia da un punto di vista operativo, sia logistico. Dal punto di vista operativo, come si è visto al Paragrafo 6.1.2, un inserimento corretto delle informazioni può essere utile per individuare i punti di forza e di debolezza del personale addetto alla manutenzione attraverso la stima di opportuni di indicatori di performance.

Per quanto riguarda le proposte di carattere logistico, ovvero la modifica nella codificazione e l'adozione di etichettatura sugli articoli trattati dalla Manutenzione e possono essere portare a dei benefici nel lungo periodo. In particolare, il nuovo sistema di codificazione dei prodotti consente di ridurre i tempi necessari per la ricerca dei componenti in magazzino. Per valutare la bontà di questa della proposta basta raccogliere un campione di almeno 60 misurazioni cronometrando il tempo necessario all'operatore per cercare nel database il codice corrispondente al prodotto desiderato. Una volta ottenuto un campione significativo di dati, basterà stimare il valore medio di questi tempi. Poiché la nuova codificazione include già le informazioni relative al costruttore e una breve descrizione non sarà necessario cercare un codice, ma basterà digitare il codice "parlante" sull'interfaccia del sistema informativo per individuare la locazione in cui è presente il prodotto ricercato. In questo modo il tempo di ricerca del codice è praticamente nullo se confrontato con la media stimata da un campione come spiegato sopra. Dunque, i tempi di ripristino di un guasto possono essere ridotti grazie a questa modifica.

Inoltre, l'aggiunta dell'informazione relativa ai componenti sostituiti in un intervento consente di poter finalmente avere un censimento degli elementi presenti su tutte linee e questo comporta principalmente due benefici. In primo luogo, grazie a questa informazione è possibile individuare i ricambi e le rispettive quantità da tenere in magazzino. In secondo luogo, conoscere i componenti delle macchine implica anche localizzare il fabbisogno dei ricambi sullo stabilimento. Infatti, è obiettivo del Responsabile della Manutenzione installare in vari punti dei reparti produttivi dei distributori automatici al fine di rendere immediatamente disponibile ai manutentori o i capireparto il ricambio in caso di guasto. Tuttavia, i prodotti più indicati da inserire in questo tipo di dispositivi sono gli utensili, in quanto soggetti ad alti consumi e molto piccoli. Quindi potrebbero essere installati in vari punti strategici dello stabilimento rifornendoli degli utensili utilizzati nelle linee adiacenti alla loro posizione.

Infine, per implementare un contratto di Consignment Stock è necessario possedere delle informazioni molto precise in modo da potere stimare agevolmente i consumi medi da comunicare al fornitore. Senza una architettura informativa efficiente questo tipo di contratti non possono essere realizzati.

CAPITOLO 7 – Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha dimostrato come la manipolazione dei dati registrati dal sistema informativo aziendale possa supportare le decisioni aziendali riguardo la gestione della manutenzione industriale. Inoltre, come spiegato al Capitolo 6, è fondamentale lavorare costantemente per migliorare l'inserimento delle informazioni in modo da poter ottenere un campionamento dei dati significativo.

7.1 Risultati ottenuti

Alla luce delle analisi effettuate e dei risultati ottenuti è possibile effettuare alcune considerazioni conclusive relative al presente lavoro di tesi.

Il primo risultato ottenuto in questo elaborato è stata l'elaborazione dei dati registrati dal sistema informativo apparentemente inutilizzabili. La manipolazione dei dati estrapolati dal sistema informativo ha consentito anche di individuare aspetti della linea analizzata che fra il personale di Manutenzione non erano considerati critici. Per queste criticità poi, è stato possibile proporre soluzioni che, qualora implementate, portano ad un risparmio in due anni di circa 77.000 €.

È stato possibile implementare nel Capitolo 5 un piano di manutenzione preventiva per una delle linee più rappresentative dello stabilimento di San Bernardo che si basasse su analisi dello storico delle anomalie manifestatesi negli ultimi tre anni. Invece, l'attuale piano di manutenzione preventiva non è frutto di analisi storiche dei guasti, bensì è stato sviluppato soltanto attraverso l'esperienza dei manutentori. Poiché in media un manutentore permane nello stabilimento due o tre anni e l'esperienza di ognuno di essi non viene tracciata in alcun modo, ogni qualvolta che vi è un turnover nel personale occorre costruire da zero le conoscenze dei nuovi arrivati.

Inoltre, le procedure analitiche proposte nel Capitolo 5 hanno portato all'elaborazione di un piano di manutenzione preventiva per la linea 37. Questo piano può essere assunto dagli analisti dei guasti dello stabilimento come riferimento e può essere esteso alle altre linee del plant. Chiaramente, i piani risultanti dalle procedure proposte possono essere ottimizzabili qualora la qualità delle informazioni sia migliorata.

Infatti, durante il tentativo di gestire i dati per l'individuazione delle soluzioni proposte al Capitolo 5, sono emerse delle criticità relative alla qualità delle informazioni. Al fine di migliorare la qualità dei dati raccolti dal sistema informativo, nel Capitolo 6 sono state proposti dei campi da inserire sull'interfaccia di AS400 per la compilazione dei moduli elettronici relativi ad un intervento. Questi campi di digitazione servono per aggiungere informazioni alla configurazione attuale che risulta molto povera ai fini delle analisi dei dati. Tuttavia, affinché tutto il personale coinvolto nella manutenzione delle linee faccia proprie le nuove modalità di inserimento delle informazioni descritte

al Capitolo 6, potrebbe richiedere molto tempo (anche anni qualora la diffusione delle nuove pratiche risultasse lenta). Dunque, sarà compito del management invogliare il personale e monitorare che i cambiamenti siano stati ben recepiti dagli operatori.

Anche per criticità di natura logistica, in questo elaborato sono state proposte alcune soluzioni migliorative. Infatti, nel Capitolo 6 sono state presentate l'implementazione di un nuovo sistema di codificazione degli articoli del magazzino ricambi e l'utilizzo di un sistema di prelievo elettronico servendosi di lettori per i badge e le etichette. I tempi legati all'organizzazione e la gestione della logistica dei ricambi devono essere minimizzati in quanto incidono sul totale dei tempi di fermo per manutenzione delle linee. Di conseguenza, agire sul miglioramento della gestione del magazzino ricambi significa ridurre i tempi di fermo delle linee e ottimizzare le risorse (i manutentori) che possono dedicarsi in più punti dello stabilimento.

Infine, una tematica da non trascurare e che è stata trattata nell'elaborato, è quella relativa alle competenze degli operatori coinvolti nel sistema manutentivo dello stabilimento. Nel Sesto Capitolo è stata suggerita l'introduzione di qualche indicatore che possa consentire al management di avere un quadro in qualsiasi momento delle competenze degli operatori. Sono stati proposti anche dei suggerimenti per l'individuazione dei target e dei metodi per il raggiungimento degli stessi per ciascun indicatore.

7.2 Sviluppi futuri

Il primo suggerimento che si può dare, visti i benefici che potrebbero derivare dall'attuazione degli accorgimenti di perfezionamento sviluppati in questo lavoro di tesi, consiste nell'implementazione delle proposte di miglioramento formulate, in modo tale da poter ridurre gli sprechi determinati da un non ottimale funzionamento del servizio manutentivo individuati nello stabilimento e abbassare i tempi operativi per l'esecuzione degli interventi. Parte delle soluzioni proposte sono state testate su una linea dello stabilimento. Visti i risultati ottenuti, si potrebbe replicare il modello anche sulle altre linee del plant. Tuttavia, per garantire il completo successo dell'applicazione delle soluzioni proposti in questo lavoro di tesi, è necessario coinvolgere tutti gli operatori e il personale adibito alla Manutenzione dello stabilimento nei processi di cambiamento.

Inoltre, come emerso nel Capitolo 5, l'applicazione di pratiche di manutenzione a guasto non può trovare spazio in un contesto produttivo che deve essere proiettato verso le logiche dell'Industry 4.0 ed è dunque necessaria l'eliminazione di situazioni sconvenienti di malfunzionamento individuabili solo a guasto avvenuto. Per evitare di procedere solo in seguito a guasto, è possibile intervenire con azioni preventive individuate attraverso l'analisi storica dei dati. Però, per pianificare degli interventi di manutenzione preventiva è necessario possedere un sistema di raccolta dati molto efficace. Nel

Capitolo 6 è stata proposta una nuova configurazione dell'interfaccia del sistema informativo che consenta di accumulare informazioni più esaustive ai fini delle analisi dei guasti. Tuttavia, lo stabilimento Dayco di San Bernardo sta testando un nuovo software *Enterprise Resource Planning* (ERP). Questo software è collegato alla maggior parte delle linee dello stabilimento e consente di registrare in tempo reale tutte le informazioni salienti per ciascun lotto di produzione processato in un determinato impianto. Ad esempio, grazie all'interfaccia disponibile sui monitor di ciascuna linea, la gestione interattiva delle dichiarazioni alimenta un completo e potente sistema di supervisione in real-time ed un set praticamente infinito di statistiche, indicatori e report.

Ogni operatore di linea si interfaccia con il software attraverso un monitor touch screen. Per iniziare a lavorare su una linea, deve effettuare il log in. Viceversa, a fine turno, dovrà effettuare log out oppure farsi sostituire dal collega che subentra al turno successivo con la funzione *subentra ad operatore*. Questa opzione consentirebbe di registrare automaticamente i dati relativi alle identità dei soggetti che lavorano in una determinata finestra temporale, permettendo in caso di anomalie di effettuare delle interviste alle persone presenti nel momento del guasto. Inoltre, ogni volta che si accorge di un'interruzione del processo, lunga o breve che sia, deve recarsi al monitor per giustificare la tipologia di fermata, tra cui quella relativa ad un guasto. Tra l'altro, è possibile far arrivare la richiesta di intervento da parte degli operatori di produzione ad un manutentore attraverso un segnale recepito grazie ad uno smartwatch non appena si arresta una linea a causa di un guasto. Inoltre, un altro beneficio di implementare questo software è la possibilità di inserire per ogni linea le anagrafiche delle macchine. Questo significa che sarà possibile caricare sul software tutti i codici dei componenti presenti sulle linee e facilitare il compito dei manutentori che qualora avessero la necessità di capire quale ricambio ricercare in magazzino (Costruttore e descrizione come visto al Paragrafo 6.1.2) avranno un riscontro immediato sull'interfaccia.

Dunque, la grande capacità di registrare molteplici tipologie di dati di questo software, abbinata a ad una migliore usabilità dell'interfaccia, può migliorare di molto l'attuale sistema di inserimento delle informazioni salienti sul sistema informativo.

Per concludere, sarebbe opportuno che la funzione aziendale di Manutenzione dello stabilimento di San Bernardo partecipasse a tutte le riunioni per la progettazione di nuove linee in modo da poter avanzare delle richieste e proposte sulla manutenibilità delle macchine che saranno installate in futuro. Questo aspetto è stato spesso trascurato dal management del plant in passato e porterebbe a dei benefici significativi. In primo luogo, i manutentori conoscono i componenti più diffusi nello stabilimento e sarebbe opportuno, laddove possibile, utilizzare gli stessi articoli per quelle macchine che hanno più o meno la stessa funzione, cercando di standardizzare il più possibile le forniture e

riducendo di fatto il numero di codici da gestire. Un esempio potrebbe essere ricercato negli avvitatori che sono utilizzati quasi in tutte le linee di produzione.

Infine, far partecipare i manutentori alla progettazione dei nuovi impianti consentirebbe di responsabilizzarli ulteriormente e di far proporre loro sin dalle fasi iniziali della realizzazione eventuali soluzioni migliorative.

Riferimenti Bibliografici

[1] Farid D.A., Budiasih E., and Alhilman J. (2020), "Proposed optimal maintenance intervals for milling machine using risk based maintenance and analytical hierarchy process at manufacturing plant", working paper, Industrial Engineering Department, Telkom University, Bandung, Indonesia

[2] Rafele C. (2019), Appunti di Supply Chain Management, Corso di Supply Chain Management, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino

[3] Antosz K., Pasko L. and Gola A. (2020), "The Use of Artificial Intelligence Methods to Assess the E_ectiveness of Lean Maintenance Concept Implementation in Manufacturing Enterprises", working paper, Department of Manufacturing Processes and Production Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszow University of Technology, Rzeszów, Poland, Department of Computer Science, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszow University of Technology, Rzeszów, Poland and Department of Production Computerisation and Robotisation, Faculty of Mechanical Engineering, Lublin University of Technology, Lublin, Poland

[4] Aucasime-Gonzales P., Tremolada-Cruz S., Chavez-Soriano P., Dominguez F. and Raymundo C. (2020), "Waste Elimination Model Based on Lean Manufacturing and Lean Maintenance to Increase Efficiency in the Manufacturing Industry", working paper, Ingenieria Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru, Escuela Superior de Ingenieria Informatica, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, Spain and Direccion de Investigacion, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru

[5] Priyank Srivastava P., Dinesh Khanduja D. and Agrawal V. P. (2019), "Agile maintenance attribute coding and evaluation based decision making in sugar manufacturing plant", working paper, Operational Research Society of India

Sitografia

[6] https://www.fiixsoftware.com/mean-time-to-repair-maintenance/

[7] https://www.mainsim.com/academy/mtbf/

[8] https://www.dayco.com/it/

[9] http://www.edutecnica.it/sistemi/plc/plc.htm

Appendice

Stazione i-esima	Tempo di fermo (h)	Lost Production (pz)	LS_i (k€)
STAZIONI 1&2	2,91	547	2,9
STAZIONE 3	113,02	21.248	113,7
STAZIONE 4	18,81	3.536	18,9
STAZIONE 5	21,75	4.089	21,9
STAZIONE 6	89,42	16.811	89,9
STAZIONE 7	78,14	14.690	78,6
STAZIONE 8	6	1.128	6,0
STAZIONE 9	0,25	47	0,3
STAZIONE 10	290,26	54.569	291,9
STAZIONE 12	24,91	4.683	25,1
STAZIONE 13	135,18	25.414	136,0
STAZIONE 14	13,67	2.570	13,7
STAZIONE 15	29,42	5.531	29,6
Totale complessivo	823,74	154.863	828,5

Tabella 5.1. *Calcolo dell'indicatore LS per tutte le stazioni della linea 37*

Stazione i-esima	Numero di interventi	NI_i
STAZIONI 1&2	9	1,22%
STAZIONE 3	100	13,55%
STAZIONE 4	35	4,74%
STAZIONE 5	12	1,63%
STAZIONE 6	67	9,08%
STAZIONE 7	40	5,42%
STAZIONE 8	7	0,95%
STAZIONE 9	5	0,68%
STAZIONE 10	273	36,99%
STAZIONE 12	29	3,93%
STAZIONE 13	112	15,18%
STAZIONE 14	11	1,49%
STAZIONE 15	38	5,15%
Totale complessivo	738	100%

Tabella 5.2. *Calcolo dell'indicatore NI per tutte le stazioni della linea 37*

Stazione	NI_i	LS_i (k€)	$NI_i > \delta$?	$LS_i > \tau$?	Stazione da analizzare?
STAZIONI 1&2	1,22%	2,9	✗	✗	✗
STAZIONE 3	13,55%	113,7	✓	✓	✓
STAZIONE 4	4,74%	18,9	✗	✗	✗
STAZIONE 5	1,63%	21,9	✗	✗	✗
STAZIONE 6	9,08%	89,9	✓	✓	✓
STAZIONE 7	5,42%	78,6	✗	✓	✗
STAZIONE 8	0,95%	6	✗	✗	✗
STAZIONE 9	0,68%	0,3	✗	✗	✗
STAZIONE 10	36,99%	291,9	✓	✓	✓
STAZIONE 12	3,93%	25,1	✗	✗	✗
STAZIONE 13	15,18%	136	✓	✓	✓
STAZIONE 14	1,49%	13,7	✗	✗	✗
STAZIONE 15	5,15%	29,6	✗	✗	✗

Tabella 5.3. *Valutazione degli indicatori*

Anomalia j-esima
POSIZIONAMENTO ROBOT
SENSORE DUST
SENSORE ROBOT
SLITTA
SENSORE
VIBRATORE DUST
PINZA AVVITATORE
CANALINA VIBRATORE DUST
PINZA ROBOT
SENSORE AVVITATORE
NASTRO PULEGGIA
BUSSOLA AVVITATORE
SENSORE BOLT
SPINA PALLET
INFISSI
MOLLA AVVITATORE
ANOMALIE AD ALTRE STAZIONI
CILINDRO AVVITATORE
PIASTRA AVVITATURA
CORPO ESTRANEO
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE
PALLET
PANNELLO ROBOT
PARAMETRI
PUNTALINI
CONNETTORE
PERNO
QUALITÀ COMPONENTI
VIBRATORE BOLT
RACCORDO ARIA
LEVA GRASSO
SCHERMO
BULLONERIA
SCIVOLO
STAFFA
CORPO ESTRANEO E SENSORE
AVVITATORE
BLACKOUT
CAVO SENSORE
PERDITA OLIO

Tabella 5.5. *Anomalie della stazione 10 rilevate negli ultimi tre anni*

Anomalia j-esima	Manifestazioni dell'anomalia j-esima presenti nell'anno 2019?
POSIZIONAMENTO ROBOT	✓
SENSORE DUST	✓
SENSORE ROBOT	✓
SLITTA	✓
SENSORE	✓
VIBRATORE DUST	✓
PINZA AVVITATORE	✓
CANALINA VIBRATORE DUST	✓
PINZA ROBOT	✓
SENSORE AVVITATORE	✓
NASTRO PULEGGIA	✓
BUSSOLA AVVITATORE	✓
SENSORE BOLT	✓
SPINA PALLET	✓
RIPARO	✓
MOLLA AVVITATORE	✓
ANOMALIE AD ALTRE STAZIONI	✗
CILINDRO AVVITATORE	✗
PIASTRA AVVITATURA	✓
CORPO ESTRANEO	✓
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE	✓
PALLET	✗
PANNELLO ROBOT	✓
PARAMETRI	✓
PUNTALINI	✗
CONNETTORE	✓
PERNO	✓
QUALITÀ COMPONENTI	✓
VIBRATORE BOLT	✓
RACCORDO ARIA	✓
LEVA GRASSO	✗
SCHERMO	✗
BULLONERIA	✗
SCIVOLO	✗
STAFFA	✗
CORPO ESTRANEO E SENSORE	✗
AVVITATORE	✓
BLACKOUT	✓
CAVO SENSORE	✗
PERDITA OLIO	✓

Tabella 5.6. *Individuazione delle anomalie della stazione 10 superate nel tempo*

Anomalia j-esima
POSIZIONAMENTO ROBOT
SENSORE DUST
SENSORE ROBOT
SLITTA
SENSORE
VIBRATORE DUST
PINZA AVVITATORE
CANALINA VIBRATORE DUST
PINZA ROBOT
SENSORE AVVITATORE
NASTRO PULEGGIA
BUSSOLA AVVITATORE
SENSORE BOLT
SPINA PALLET
RIPARO
MOLLA AVVITATORE
PIASTRA AVVITATURA
CORPO ESTRANEO
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE
PANNELLO ROBOT
PARAMETRI
CONNETTORE
PERNO
QUALITÀ COMPONENTI
VIBRATORE BOLT
RACCORDO ARIA
AVVITATORE
BLACKOUT
PERDITA OLIO

Tabella 5.7. *Anomalie della stazione 10 da esaminare al passo 3a*

Anomalia j-esima
POSIZIONAMENTO ROBOT
SENSORE DUST
SENSORE ROBOT
SLITTA
SENSORE
VIBRATORE DUST
PINZA AVVITATORE
CANALINA VIBRATORE DUST
PINZA ROBOT
SENSORE AVVITATORE
NASTRO PULEGGIA
BUSSOLA AVVITATORE
SENSORE BOLT
SPINA PALLET
MOLLA AVVITATORE
PIASTRA AVVITATURA
CORPO ESTRANEO
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE
PANNELLO ROBOT
PARAMETRI
CONNETTORE
PERNO
QUALITÀ COMPONENTI
VIBRATORE BOLT
RACCORDO ARIA
AVVITATORE
BLACKOUT

Tabella 5.8. *Anomalie della stazione 10 da esaminare al passo 3b*

Anomalia j-esima	Fermo macchina negli ultimi tre anni (h)	LSF_j (K€)	$LSF_j \geq \lambda$?
POSIZIONAMENTO ROBOT	74,64	75,1	✓
SLITTA	25,92	26,1	✓
PANNELLO ROBOT	20	20,1	✓
SENSORE ROBOT	19,92	20,0	✓
NASTRO PULEGGIA	19,81	19,9	✓
SENSORE DUST	19,16	19,3	✓
BUSSOLA AVVITATORE	16,08	16,2	✓
MOLLA AVVITATORE	8,42	8,5	✓
SPINA PALLET	8,33	8,4	✓
SENSORE	8,18	8,2	✓
PINZA AVVITATORE	7,5	7,5	✓
VIBRATORE DUST	6,16	6,2	✓
SENSORE AVVITATORE	6,08	6,1	✓
PINZA ROBOT	5,33	5,4	✓
PIASTRA AVVITATURA	5,33	5,4	✓
SENSORE BOLT	4,88	4,9	✓
CANALINA VIBRATORE DUST	3,24	3,3	✓
QUALITÀ COMPONENTI	3	3,0	✓
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE	2,33	2,3	✗
PARAMETRI	1,58	1,6	✗
BLACKOUT	1,5	1,5	✗
CORPO ESTRANEO	0,83	0,8	✗
VIBRATORE BOLT	0,33	0,3	✗
RACCORDO ARIA	0,25	0,3	✗
CONNETTORE	0,17	0,2	✗
AVVITATORE	0	0,0	✗

Tabella 5.9. *Valutazione dell'indicatore LSF per ogni anomalia j-esima della stazione 10*

Anomalia j-esima
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE
PARAMETRI
BLACKOUT
CORPO ESTRANEO
VIBRATORE BOLT
RACCORDO ARIA
CONNETTORE
AVVITATORE

Tabella 5.10. *Anomalie della stazione 10 da esaminare al passo 3c*

Anomalia j-esima	Numero di volte in cui si è manifestata l'anomalia j-esima negli ultimi tre anni
CORPO ESTRANEO	3
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE	2
PARAMETRI	2
CONNETTORE	1
VIBRATORE BOLT	1
RACCORDO ARIA	1
AVVITATORE	1
BLACKOUT	1

Tabella 5.11. *Frequenze delle anomalie della stazione 10 giunte all'ultimo passo della procedura*

Anomalia j-esima
STRUMENTAZIONE FUORI POSIZIONE
SENSORE PINZA
SENSORE
ANOMALIE AD ALTRE STAZIONI
PC KELMER
PINZA
BATTUTA PINZA
SLITTA
VIBRATORE
SPINA PALLET
PREMENTE
PALLET
RIPARO
COLLAUDO INCOMPLETO
CAVO
AZIONAMENTO
SONDE
GRANO DI REGOLAZIONE
DATI
CILINDRO
CORPO ESTRANEO
SENSORE E SLITTA
REGOLATORE

Tabella 5.12. *Anomalie della stazione 13 rilevate negli ultimi tre anni*

Anomalia j-esima	Manifestazioni dell'anomalia j-esima presenti nell'anno 2019?
STRUMENTAZIONE FUORI POSIZIONE	✓
SENSORE PINZA	✓
SENSORE	✓
ANOMALIE AD ALTRE STAZIONI	✗
PC KELMER	✓
PINZA	✓
BATTUTA PINZA	✓
SLITTA	✓
VIBRATORE	✓
SPINA PALLET	✗
PREMENTE	✓
PALLET	✗
RIPARO	✓
COLLAUDO INCOMPLETO	✗
CAVO	✗
AZIONAMENTO	✓
SONDE	✗
GRANO DI REGOLAZIONE	✓
DATI	✗
CILINDRO	✗
CORPO ESTRANEO	✗
SENSORE E SLITTA	✗
REGOLATORE	✗

Tabella 5.13. *Individuazione delle anomalie della stazione 13 superate nel tempo*

Anomalia j-esima
STRUMENTAZIONE FUORI POSIZIONE
SENSORE PINZA
SENSORE
PC KELMER
PINZA
BATTUTA PINZA
SLITTA
VIBRATORE
PREMENTE
RIPARO
AZIONAMENTO
GRANO DI REGOLAZIONE

Tabella 5.14. *Anomalie della stazione 13 da esaminare al passo 3a*

Anomalia j-esima	Fermo macchina negli ultimi tre anni (h)	LSF_j (K€)	$LSF_j \geq \lambda$?
AZIONAMENTO	0,33	0,3	✗
BATTUTA PINZA	5,42	5,5	✓
GRANO DI REGOLAZIONE	0,33	0,3	✗
PC KELMER	8,32	8,4	✓
PINZA	4,83	4,9	✓
PREMENTE	4,75	4,8	✓
SENSORE	5,4	5,4	✓
SENSORE PINZA	5,66	5,7	✓
SLITTA	2,58	2,6	✗
STRUMENTAZIONE FUORI POSIZIONE	11,9	12,0	✓
VIBRATORE	1,25	1,3	✗

Tabella 5.15. *Valutazione dell'indicatore LSF per ogni anomalia j-esima della stazione 13*

Anomalia j-esima
AZIONAMENTO
GRANO DI REGOLAZIONE
SLITTA
VIBRATORE

Tabella 5.16. *Anomalie della stazione 13 da esaminare al passo 3c*

Anomalia j-esima	Numero di volte in cui si è manifestata l'anomalia j-esima negli ultimi tre anni
AZIONAMENTO	1
GRANO DI REGOLAZIONE	1
SLITTA	4
VIBRATORE	4

Tabella 5.17. *Frequenze delle anomalie della stazione 13 giunte all'ultimo passo della procedura*

Anomalia j-esima
TELECAMERA
SENSORE
RIPARO
QUALITÀ COMPONENTI
LASER
AMPLIFICATORE
PALLET

Tabella 5.18. *Anomalie della stazione 3 rilevate negli ultimi tre anni*

Anomalia j-esima	Manifestazioni dell'anomalia j-esima presenti nell'anno 2019?
TELECAMERA	✓
SENSORE	✓
RIPARO	✓
QUALITÀ COMPONENTI	✓
LASER	✓
AMPLIFICATORE	✓
PALLET	✗

Tabella 5.19. *Individuazione delle anomalie della stazione 3 superate nel tempo*

Anomalia j-esima
TELECAMERA
SENSORE
QUALITÀ COMPONENTI
LASER
AMPLIFICATORE

Tabella 5.20. *Anomalie della stazione 3 da esaminare al passo 3b*

Anomalia j-esima	Fermo macchina negli ultimi tre anni (h)	LSF_j (K€)	$LSF_j \geq \lambda$?
AMPLIFICATORE	2,17	2,2	✗
LASER	3,5	3,5	✓
QUALITÀ COMPONENTI	0,83	0,8	✗
SENSORE	21,66	21,8	✓
TELECAMERA	78,87	79,3	✓

Tabella 5.21. *Valutazione dell'indicatore LSF per ogni anomalia j-esima della stazione 3*

Anomalia j-esima
PRESSA
SENSORE
CAVI E TUBI ARIA
PREMENTE
ERRORE DRIVE
PALLET
AZIONAMENTO
RIPARO
RIDUTTORE
CALO TENSIONE
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE
SPINA
CONNETTORE
CUSCINETTO
TUBI ARIA
PINZA
ROBOT

Tabella 5.23. *Anomalie della stazione 6 rilevate negli ultimi tre anni*

Anomalia j-esima	Manifestazioni dell'anomalia j-esima presenti nell'anno 2019?
PRESSA	✗
SENSORE	✓
CAVI E TUBI ARIA	✓
PREMENTE	✓
ERRORE DRIVE	✓
PALLET	✓
AZIONAMENTO	✓
RIPARO	✗
RIDUTTORE	✗
CALO TENSIONE	✗
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE	✓
SPINA	✗
CONNETTORE	✗
CUSCINETTO	✗
PINZA	✗
ROBOT	✗

Tabella 5.23. *Individuazione delle anomalie della stazione 6 superate nel tempo*

Anomalia j-esima
SENSORE
CAVI E TUBI ARIA
PREMENTE
ERRORE DRIVE
PALLET
AZIONAMENTO
RIPARO
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE

Tabella 5.24. *Anomalie della stazione 6 da esaminare al passo 3°*

Anomalia j-esima	Fermo macchina negli ultimi tre anni (h)	LSF_j (K€)	LSFj ≥ λ?
SENSORE	6,25	6,3	✓
CAVI E TUBI ARIA	5,92	6,0	✓
PREMENTE	5,25	5,3	✓
ERRORE DRIVE	3	3,0	✓
PALLET	1,25	1,3	✗
AZIONAMENTO	14,25	14,3	✓
DANNEGGIAMENTO COMPONENTE	0,5	0,5	✗

Tabella 5.25. *Valutazione dell'indicatore LSF per ogni anomalia j-esima della stazione 6*

Anomalia j-esima
PINZA
SENSORE
PALLET
ANOMALIE AD ALTRE STAZIONI
ASSE SMC
RIPARO
ERRORE DRIVE
MOTORE
PARAMETRI
COLLISIONE PINZE

Tabella 5.26. *Anomalie della stazione 7 rilevate negli ultimi tre anni*

Anomalia j-esima	Manifestazioni dell'anomalia j-esima presenti nell'anno 2019?
PINZA	✓
SENSORE	✓
PALLET	✓
ANOMALIE AD ALTRE STAZIONI	✗
ASSE SMC	✗
RIPARO	✓
ERRORE DRIVE	✗
MOTORE	✗
PARAMETRI	✗
COLLISIONE PINZE	✗

Tabella 5.27. *Individuazione delle anomalie della stazione 7 superate nel tempo*

Anomalia j-esima	Fermo macchina negli ultimi tre anni (h)	LSF_j (K€)	$LSF_j \geq \lambda$?
PINZA	3,58	3,6	✓
SENSORE	2,07	2,1	✗
PALLET	6	6,0	✓

Tabella 5.28. *Valutazione dell'indicatore LSF per ogni anomalia j-esima della stazione 7*

Numero Pacchetto	Data prevista	Tempo di fermo (h)	Interventi eseguiti presso
1	20 gennaio	1,7	Canalina, Vibratore e Slitta
2	30 gennaio	0,3	Riparo
3	10 febbraio	1,7	Molla, Canalina, Vibratore e Slitta
4	1 marzo	2	Bussola, Canalina, Piastra, Slitta, Vibratore e Riparo
5	20 marzo	1,7	Molla, Canalina, Vibratore e Slitta
6	31 marzo	0,3	Riparo
7	10 aprile	2,5	Nastro, Canalina, Vibratore e Slitta
8	20 aprile	1,2	Spina
9	30 aprile	2	Bussola, Molla, Canalina, Piastra, Slitta, Vibratore e Riparo
10	20 maggio	1,7	Canalina, Vibratore e Slitta
11	31 maggio	0,3	Riparo
12	10 giugno	1,7	Molla, Canalina, Vibratore e Slitta
13	30 giugno	2	Bussola, Canalina, Piastra, Slitta, Vibratore e Riparo
14	20 luglio	2,5	Nastro, Molla, Canalina, Vibratore e Slitta
15	31 luglio	0,3	Riparo
16	10 agosto	1,7	Spina, Canalina, Vibratore e Slitta
17	31 agosto	2	Bussola, Molla, Canalina, Piastra, Slitta, Vibratore e Riparo
18	20 settembre	1,7	Canalina, Vibratore e Slitta
19	30 settembre	0,3	Riparo
20	10 ottobre	1,7	Molla, Canalina, Vibratore e Slitta
21	31 ottobre	2,5	Nastro, Bussola, Piastra, Canalina, Riparo, Vibratore e Slitta
22	20 novembre	1,7	Molla, Canalina, Vibratore e Slitta
23	30 novembre	1,2	Spina e Riparo
24	10 dicembre	1,7	Canalina, Vibratore e Slitta
25	31 dicembre	2	Bussola, Molla, Canalina, Piastra, Slitta, Vibratore, Riparo e Attuatore

Tabella 5.33. *Calendarizzazione degli interventi da eseguire in un anno nella stazione 10*

Numero Pacchetto	Data prevista	Tempo di fermo (h)	Interventi eseguiti presso
1	30 gennaio	0,3	Riparo
2	10 febbraio	0,3	Vibratore
3	01 marzo	0,3	Riparo
4	20 marzo	1,6	Premente e Vibratore
5	31 marzo	0,9	Battuta Pinza e Riparo
6	30 aprile	0,3	Riparo
7	10 maggio	0,6	Pinza
8	31 maggio	0,3	Riparo
9	10 giugno	1,6	Premente e Vibratore
10	30 giugno	0,9	Battuta Pinza e Riparo
11	20 luglio	0,3	Vibratore
12	31 luglio	0,6	Slitta e Riparo
13	31 agosto	1,6	Premente, Riparo e Vibratore
14	20 settembre	0,6	Pinza
15	30 settembre	0,9	Battuta Pinza e Riparo
16	10 ottobre	0,3	Vibratore
17	31 ottobre	0,3	Riparo
18	20 novembre	1,6	Premente e Vibratore
19	30 novembre	0,3	Riparo
20	31 dicembre	0,9	Battuta Pinza, Vibratore e Riparo

Tabella 5.38. *Calendarizzazione degli interventi da eseguire in un anno nella stazione 13*

Numero Pacchetto	Data prevista	Tempo di fermo (h)	Interventi eseguiti presso
1	20 gennaio	0,7	Cavi e Tubi
2	30 gennaio	0,3	Riparo
3	10 febbraio	0,7	Cavi e Tubi
4	01 marzo	1,1	Premente, Riparo, Cavi e Tubi
5	20 marzo	0,7	Cavi e Tubi
6	31 marzo	0,3	Riparo
7	10 aprile	0,7	Cavi e Tubi
8	30 aprile	1,1	Premente, Riparo, Cavi e Tubi
9	20 maggio	0,7	Cavi e Tubi
10	31 maggio	0,3	Riparo
11	10 giugno	0,7	Cavi e Tubi
12	30 giugno	1,1	Premente, Riparo, Cavi e Tubi
13	20 luglio	0,7	Cavi e Tubi
14	31 luglio	0,3	Riparo
15	10 agosto	0,7	Cavi e Tubi
16	31 agosto	1,1	Premente, Riparo, Cavi e Tubi
17	20 settembre	0,7	Cavi e Tubi
18	30 settembre	0,3	Riparo
19	10 ottobre	0,7	Cavi e Tubi
20	31 ottobre	1,1	Premente, Riparo, Cavi e Tubi
21	20 novembre	0,7	Cavi e Tubi
22	30 novembre	0,3	Riparo
23	10 dicembre	0,7	Cavi e Tubi
24	31 dicembre	1,1	Premente, Riparo, Cavi e Tubi

Tabella 5.42. *Calendarizzazione degli interventi da eseguire in un anno nella stazione 6*

Numero Pacchetto	Data prevista	Tempo di fermo (h)	Interventi eseguiti presso
1	30 gennaio	0,3	Riparo
2	01 marzo	0,3	Riparo
3	31 marzo	0,3	Pallet e riparo
4	30 aprile	0,3	Riparo
5	31 maggio	0,3	Riparo
6	30 giugno	0,3	Pallet e riparo
7	31 luglio	0,3	Riparo
8	31 agosto	0,3	Riparo
9	30 settembre	0,3	Pallet e riparo
10	31 ottobre	0,3	Riparo
11	30 novembre	0,3	Riparo
12	31 dicembre	0,3	Pallet e riparo

Tabella 5.45. *Calendarizzazione degli interventi da eseguire in un anno nella stazione 7*

Stazione	Anomalia	Perdita negli ultimi tre anni	Guadagno annuale con l'inserimento della nuova risorsa
3	Telecamera	79.327,45 €	8.814,16 €
6	Errore drive	3.017,40 €	335,27 €
13	PC Kelmer	8.368,26 €	929,81€
Totale		**90.713,11 €**	**10.079,24 €**

Tabella 5.46. *Confronto tra perdite dovute alle tre anomalie e beneficio derivante dalla soluzione proposta*

N intervento	Data prevista	Tempo di fermo stimato (h)	Intervento eseguito presso le stazioni
1	20 gennaio	1,7	6 e 10
2	30 gennaio	0,3	Tutte le stazioni
3	10 febbraio	0,7	6 e 13
4	20 febbraio	1,7	10
5	1 marzo	2	Tutte le stazioni
6	20 marzo	1,7	6, 10 e 13
7	31 marzo	0,9	Tutte le stazioni
8	10 aprile	2,5	6 e 10
9	20 aprile	1,7	10
10	30 aprile	2	Tutte le stazioni
11	10 maggio	0,6	13
12	20 maggio	1,7	6 e 10
13	31 maggio	1,4	Tutte le stazioni
14	10 giugno	1,6	6 e 13
15	20 giugno	1,7	10
16	30 giugno	2	Tutte le stazioni
17	20 luglio	2,5	6, 10 e 13
18	31 luglio	0,6	Tutte le stazioni
19	10 agosto	0,7	6
20	20 agosto	1,7	10
21	31 agosto	2	Tutte le stazioni
22	10 settembre	1,4	10
23	20 settembre	1,7	6, 10 e 13
24	30 settembre	0,9	Tutte le stazioni
25	10 ottobre	0,7	6 e 13
26	20 ottobre	1,7	10
27	31 ottobre	2,5	Tutte le stazioni
28	20 novembre	1,7	6, 10 e 13
29	30 novembre	0,3	Tutte le stazioni
30	10 dicembre	0,7	6
31	20 dicembre	1,7	10
32	31 dicembre	2	Tutte le stazioni

Tabella 5.48. *Calendarizzazione degli interventi da eseguire in un anno su tutte le stazioni della linea 37*

N intervento	Durata Fermo Prevista (h)	Costo
1	1,7	1.709,86 €
2	0,3	301,74 €
3	0,7	704,06 €
4	1,7	1.709,86 €
5	2	2.011,60 €
6	1,7	1.709,86 €
7	0,9	905,22 €
8	2,5	2.514,50 €
9	1,7	1.709,86 €
10	2	2.011,60 €
11	0,6	603,48 €
12	1,7	1.709,86 €
13	1,4	1.408,12 €
14	1,6	1.609,28 €
15	1,7	1.709,86 €
16	2	2.011,60 €
17	2,5	2.514,50 €
18	0,6	603,48 €
19	0,7	704,06 €
20	1,7	1.709,86 €
21	2	2.011,60 €
22	1,4	1.408,12 €
23	1,7	1.709,86 €
24	0,9	905,22 €
25	0,7	704,06 €
26	1,7	1.709,86 €
27	2,5	2.514,50 €
28	1,7	1.709,86 €
29	0,3	301,74 €
30	0,7	704,06 €
31	1,7	1.709,86 €
32	2	2.011,60 €
TOTALE	47	47.272,60 €

Tabella 5.49. *Individuazione dei costi del nuovo piano di manutenzione*

Soluzione Proposta	ANNO 1		ANNO 2	
	Costo	Risparmio Annuale	Costo	Risparmio Annuale
Modifica dell'attuale piano di manutenzione preventiva	47.272,60 €	3.766,62 €	47.272,60 €	3.766,62 €
Inserimento di una nuova risorsa	3.059,93 €	10.079,24 €	3.059,93 €	10.079,24 €
Aggiornamento della sensoristica della stazione 10	52.000,00 €	-1.346,67 €	-	50.653,33 €
Totale	102.332,53 €	12.499,19 €	50.332,53 €	64.499,19 €

Tabella 5.51. *Benefici economici complessivi ottenuti con le soluzioni proposte*