



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale A.a.
2024/2025
Sessione di Laurea Luglio 2025

Gestione guasti e criticità di un'isola di tornitura di differenziali

Relatore:

Maurizio Galetto

Candidato:

Massimiliano Panerati

Elenco delle figure

2.1	Loghi dei brand di Iveco Group	14
2.2	Iveco Daily	15
2.3	Iveco Stralis	16
2.4	Iveco Eurocargo.....	17
4.1	Value Stream Map As-Is dal 2020 al 2022	37
4.2	Value Stream Map As-Is dal 2023 al 2024	39
4.3	Costi Make or Buy del prodotto finito nel 2024.....	40
4.4	Future State Map	44
5.1	Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 1	73
5.2	Analisi di Pareto in base alla ricorsività per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 1	74
5.3	Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per natura del guasto FAMAR 1	75
5.4	Ricorsività guasti FAMAR 1 per natura del guasto.....	76
5.5	Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 2.....	78
5.6	Analisi di Pareto in base alla ricorsività per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 2	79
5.7	Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per natura del guasto FAMAR 2	80
5.8	Analisi di Pareto in base alla ricorsività per natura del guasto FAMAR 2	81
5.9	Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 3.....	83

5.10	Analisi di Pareto in base alla ricorsività per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 3	84
5.11	Analisi di Pareto in base alla ricorsività per natura del guasto FAMAR 3	85
5.12	Analisi di Pareto in base alla ricorsività per natura del guasto FAMAR 3	86
6.1	Ricorsività guasti FAMAR 1 per natura del guasto.....	101
6.2	Carta di controllo \bar{X} pre-modifica	104
6.3	Carta di controllo R pre-modifica.....	105
6.4	Rappresentazione delle curve Gaussianhe prima e dopo la modifica della tolleranza.....	106
6.5	Carta di controllo \bar{X} post-modifica	109
6.6	Carta di controllo R post-modifica.....	109

Elenco delle tabelle

5.1	Lista segnalazioni più impattanti FAMAR 1	58
5.2	KPI FAMAR 1	58
5.3	Lista segnalazioni più impattanti FAMAR 2	65
5.4	KPI FAMAR 2	65
5.5	Lista segnalazioni più impattanti FAMAR 3	70
5.6	KPI FAMAR 3	70
5.7	Tempo fermo macchina dei guasti FAMAR 1 per tipologia di segnalazione	72
5.8	Ricorsività dei guasti FAMAR 1 per tipologia di segnalazione	73
5.9	Tempo fermo macchina guasti FAMAR 1 per natura del guasto	75
5.10	Ricorsività guasti FAMAR 1 per natura del guasto	76
5.11	Tempo fermo macchina dei guasti FAMAR 2 per tipologia di segnalazione	78
5.12	Ricorsività dei guasti FAMAR 2 per tipologia di segnalazione	79
5.13	Tempo fermo macchina guasti FAMAR 2 per natura del guasto	80
5.14	Ricorsività guasti FAMAR 2 per natura del guasto	80
5.15	Tempo fermo macchina dei guasti FAMAR 3 per tipologia di segnalazione	82
5.16	Ricorsività dei guasti FAMAR 3 per tipologia di segnalazione	83
5.17	Tempo fermo macchina guasti FAMAR 3 per natura del guasto	84
5.18	Ricorsività guasti FAMAR 3 per natura del guasto	85
5.19	Ricorsività guasti FAMAR 3 per natura del guasto	90
5.20	Nuovo piano manutentivo aziendale	96
6.1	Campione produttivo preso pre-modifica della tolleranza.....	104
6.2	Campione produttivo preso post-modifica della tolleranza.....	106

Indice

Elenco delle figure	4
Elenco delle tabelle	6
1 Introduzione	9
2 Presentazione dell'azienda	11
2.1 Iveco Group.....	11
2.2 Brand Industriali	12
2.3 Partner Commerciali.....	14
3 Driveline	19
3.1 Unità Tecnologica Elementare 2	22
4 Qualità nei Processi Produttivi	25
4.1 Scuole di pensiero nella qualità.....	28
4.1.1 A.V. FIGENBAUM.....	28
4.1.2 W.E. DEMING	28
4.1.3 J. JURAN.....	30
4.1.4 P.B. CROSBY.....	31
4.1.5 K. ISHIKAWA.....	32
4.2 Lean Production	32
4.3 Value Stream Map.....	36
4.3.1 VSM AS-IS (2020-2022).....	37
4.3.2 VSM AS-IS (2023-2024).....	39
4.3.3 FUTURE STATE MAP (2025).....	40

5	Analisi guasti e manutenzione	45
5.1	Analisi guasti e KPI	47
5.1.1	FAMAR 1	50
5.1.2	FAMAR 2	61
5.1.3	FAMAR 3	68
5.2	Analisi di Pareto.....	71
5.2.1	FAMAR 1	72
5.2.2	FAMAR 2	77
5.2.3	FAMAR 3	82
5.3	FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)	87
5.4	Implementazione nuovo piano manutentivo	90
5.4.1	Soluzioni proposte per il Monitoraggio Predittivo	93
6	Controllo statistico di processo	97
6.1	Carte di controllo	99
6.1.1	Fase di impianto	101
6.1.2	Fase di controllo	102
6.2	Analisi di stabilità del processo	102
6.2.1	Pre Modifica	102
6.2.2	POST MODIFICA	105
7	CONCLUSIONI	111
	Bibliografia	113
	APPENDICE	115
	A	
	APPENDICE	117
	B	
	APPENDICE	119
	C	

Capitolo 1

Introduzione

Il seguente lavoro di tesi è il risultato dell'attività formativa svolta presso **FPT Industrial S.p.a.**, dove sono stato affiancato come tecnologo di produzione nell'analisi dei guasti delle principali macchine dell'azienda, con particolare riguardo alla loro efficienza e all'impatto dei fermi macchina sulla produzione.

Attraverso l'elaborazione dei dati raccolti, è stato possibile valutare in che misura e con quale frequenza i guasti e le interruzioni influiscano negativamente sull'efficienza del sistema produttivo. A tal fine sono stati impiegati specifici indicatori di performance per indicare le principali cause dei malfunzionamenti e stimarne l'impatto.

Successivamente a queste considerazioni l'attenzione è stata posta su un'isola produttiva, dedicata alla tornitura in 3 fasi di differenziali, che ha manifestato, negli ultimi anni, una serie di criticità significative. La presente tesi verte proprio sull'analisi di queste, proponendo eventuali migliorie e valutando l'impatto che esse possono avere per il futuro. Nel primo capitolo viene effettuata una breve presentazione dell'azienda, contestualizzandola nel contesto generale di Iveco Group. Viene fornita una panoramica degli altri brand presenti nel gruppo, quale funzione svolgono al suo interno e i rispettivi ruoli strategici e operativi.

Con il secondo capitolo si vuole entrare più nel dettaglio del contesto produttivo fornendo un quadro generale sull'organizzazione aziendale e sulla suddivisione delle macroaree dell'impianto. Viene posta l'attenzione sull'area *Driveline* del *plant* di Torino, descrivendone la suddivisione operativa in unità tecnologiche con attenzione alla sua struttura produttiva e i suoi processi operativi. Il capitolo si conclude con una descrizione dettagliata della linea produttiva oggetto di studio.

A partire dal terzo capitolo si introduce il concetto di qualità in ambito industriale, che

costituirà il filo conduttore delle successive analisi. Dopo una breve ricostruzione storica dell'evoluzione del concetto di qualità, si approfondiscono i principi della *Lean Production*, con un focus sull'applicazione del metodo *Value Stream Mapping (VSM)*. Tale strumento viene utilizzato per una prima valutazione della linea in esame, con l'obiettivo di individuare inefficienze nei flussi produttivi e informativi.

Dal capitolo seguente l'analisi si concentra in maniera più dettagliata sulle problematiche tecniche delle macchine e del processo produttivo. Attraverso l'analisi dei database aziendali, supportata da strumenti quali l'**Analisi di Pareto** e la metodologia **FMEA** (*Failure Mode and Effects Analysis*), si procede all'identificazione delle cause principali di guasti e anomalie. Sulla base dei risultati ottenuti, si propone un piano manutentivo alternativo, orientato al miglioramento delle prestazioni e alla riduzione dei fermi macchina.

Nell'ultimo capitolo prima delle conclusioni si analizza l'ultima criticità che ha visto protagoniste le macchine produttrici di scatole differenziali. In questa sezione si eseguono approfondimenti statistici mediante l'utilizzo delle carte di controllo, con l'obiettivo di valutare la stabilità del processo produttivo, in particolare in condizioni di variazione delle tolleranze dimensionali dei pezzi lavorati.

Capitolo 2

Presentazione dell'azienda

FPT Industrial, società di **Iveco Group**, è leader nella produzione di motopropulsori, trasmissioni, ponti e assali con applicazioni on-road, off-road, marine e power generation. La società è stata costituita a partire dal marzo 2005, con il nome *Fiat Powertrain Technologies* successivamente allo scioglimento della collaborazione che esisteva tra General Motors e Fiat Group; tutte le attività industriali automobilistiche e motoristiche di Iveco, New Holland e Case IH sono confluite in questa nuova società che ne ha inglobato così le conoscenze e le competenze.

Da gennaio 2011 le attività del settore Industrial & marine, quelle agricole e Powertrain confluiscono nella nuova Fiat Industrial; quelle automobilistiche e di componentistica, di sistemi di produzione e di editoria invece entrano a far parte di Fiat S.p.a., con lo scorporo di Fiat Group in due nuove società e la nascita di **FPT Industrial** così come è nota oggi.

Dal 29 settembre 2013 Fiat Industrial si fonde con CNH glob CNH global, FPT entra così a far parte di CNH Global, fino al 2022 quando le attività relative ai veicoli industriali e autobus passano ad Iveco Group, compresa FPT.

2.1 Iveco Group

Iveco Group è un'azienda multinazionale con sede legale ad Amsterdam e sede fiscale e operativa a Torino; è leader nel settore dei veicoli commerciali e speciali, dei sistemi di propulsione e dei sistemi finanziari correlati.

Con la sua *mission* improntata al ruolo di partner automobilistico affidabile e consolidato sul mercato, grazie a decenni di ricerca, Iveco Group cerca di supportare i suoi clienti

attraverso soluzioni di mobilità solide, intelligenti e sostenibili mantenendo sempre un'ottica di sviluppo nel settore automotive e di trasformazione industriale.

Parallelamente a questa strategia, è da più di 40 anni che Iveco Group si pone all'avanguardia per quanto riguarda lo sviluppo di tecnologie ecologiche; grazie al suo impegno verso il raggiungimento della sostenibilità, sono stati fatti numerosi investimenti con l'obiettivo del raggiungimento della decarbonizzazione totale entro il 2040 di tutti i processi manifatturieri lungo l'intera value chain del prodotto, affidandosi ad un approccio multi-energetico in riferimento alle tecnologie del bio-metano, delle batterie elettriche e delle cellule energetiche.

Ad Iveco Group appartengono più di 20 stabilimenti industriali in Europa, Asia, Africa, Oceania e America Latina per la produzione dei veicoli; altri 31 si dedicano ad attività di ricerca e sviluppo, di cui 24 in Europa, 1 in Nord America, 4 in Sud America e 2 nel resto del mondo. Il gruppo conta 4200 punti vendita e assistenza in più di 160 Paesi, per incrementare la presenza di veicoli IVECO nel mondo.

Questa sua manifestazione di qualità industriale e posizione di rilevanza a livello internazionale è comprovata dai 7 brand industriali che Iveco Group incorpora al suo interno, ognuno dei quali si presenta come standard di riferimento del suo settore.

2.2 Brand Industriali

- IVECO CAPITAL

Iveco Capital è il partner finanziario di Iveco per quanto concerne le soluzioni finanziarie ed assicurative rivolte a tutti i marchi di Iveco Group nel mondo. Grazie alla sua conoscenza e competenza specialistica supporta i concessionari, i distributori e gli utenti finali di Iveco Group con soluzioni assicurative e servizi finanziari per veicoli nuovi e usati come camion, autobus, veicoli commerciali e speciali.

-HEULIEZ

Heuliez è un'azienda leader di mercato in Francia per gli autobus elettrici, in particolare per la produzione di GX ELEC, noto come IVECO E-WAY fuori dalla Francia, un prodotto di punta per i suoi elevati standard di qualità e comodità per i passeggeri, oltre che per i vantaggi del trasporto a zero emissioni.

-IVECO BUS

IVECO BUS è uno dei principali attori in Europa nel settore del trasporto europeo che sta espandendo il suo mercato negli ultimi anni anche a livello globale, operando in oltre

40 Paesi. Si occupa della produzione di autobus, urbani e interurbani, di pullman per turismo e minibus con garanzia di qualità e comfort.

-IVECO

Il brand IVECO si occupa di ricerca e sviluppo, attività produttiva e commercializzazione di veicoli commerciali suddivisi in leggeri, medi e pesanti.

A partire dal 1975 è leader mondiale nel settore del trasporto su strada, grazie all'ampia gamma di veicoli prodotti e grazie al livello di tecnologia raggiunto; per fare un esempio, Iveco è l'unico marchio sul mercato che offre motori ecologici diesel e a gas naturale per tutti i tipi di veicoli commerciali che produce, fornendo in tal modo un notevole vantaggio competitivo.

-FPT

FPT è la società di Iveco Group leader nella produzione di motopropulsori, trasmissioni, ponti e assali con applicazioni on-road, off-road, marine e power generation. La gamma di prodotti include 6 famiglie di motori, trasmissioni, assali anteriori e posteriori e la più completa offerta di motori a gas naturale per applicazioni industriali disponibili sul mercato. Per quanto riguarda il settore ePowertrain, in linea con le strategie ecologiche del gruppo, si sta accelerando verso la transizione alla mobilità sostenibile tramite soluzioni di accumulo energetico, sistemi di gestione delle batterie e propulsioni elettriche.

-IDV (IVECO DEFENCE VEHICLE)

È il brand che si è affermato per la progettazione di veicoli innovativi per la difesa e la protezione civile. Grazie alle competenze avanzate IDV risponde ai rigorosi requisiti della protezione civile e dell'Esercito realizzando veicoli protetti e blindati con tecnologie di difesa all'avanguardia e spesso utilizzando i modelli dei veicoli prodotti da IVECO.

-ASTRA

ASTRA è affermata per la produzione di veicoli industriali pesanti adatti a soddisfare esigenze di robustezza in condizioni off-road estreme. L'azienda è riconosciuta come partner di fiducia a livello globale per l'industria delle costruzioni, dell'estrazione mineraria, dell'oil&gas e del trasporto pesante perché i suoi veicoli completamente personalizzabili sono i più affidabili in grado di operare in condizioni critiche, negli ambienti più difficili e nei cantieri più remoti.

Tra questi 7 brand, **FPT Industrial** rappresenta uno dei marchi più rilevanti e strategici all'interno di IVECO GROUP; è dunque importante andare a definire più nel dettaglio come è diviso strutturalmente il suo operato. FPT possiede 10 stabilimenti produttivi e altrettanti per la ricerca e sviluppo, in cui in totale impiega oltre 8400 dipendenti; per

consolidare la sua presenza nel mercato di oltre 100 Paesi negli anni è arrivata a istituire una rete di distribuzione composta da 93 concessionari e oltre 900 centri di assistenza nel mondo. Il posizionamento strategico a livello globale consente all'azienda di adattarsi in modo dinamico e reattivo a tutte le esigenze degli utenti ricercando continuamente il miglioramento, basandosi sui feedback dei clienti dei vari mercati internazionali.

L'offerta di prodotti è studiata in maniera tale da soddisfare la domanda di prodotti veicolari multiuso nei principali settori del mercato specializzato come ad esempio: cambi meccanici per soluzioni commerciali leggere, longitudinali a 5 e 6 marce e coppia massima da 300 a 500 Nm; assali e ponti per veicoli industriali fino a 32 tonnellate. Sono da ricordare, per la loro particolare rilevanza, le 7 famiglie di motori diesel (R22, F1, F5, F28, Nef, Cursor, Vector), caratterizzate da soluzioni ad elevato impatto tecnologico quali sistemi di alimentazione multivalvole ad alta pressione a controllo elettronico, dispositivi di sovralimentazione con turbocompressori a geometria fissa o variabile, anche a doppio stadio, e sistemi avanzati per il controllo delle emissioni ambientali.



Figura 2.1. Loghi dei brand di Iveco Group

2.3 Partner Commerciali

Negli ultimi anni lo stabilimento FPT di Torino ha deciso di cambiare la sua strategia produttiva. Non viene più eseguito nello stesso impianto l'assemblaggio dei veicoli finiti, ma solo la produzione dei componenti destinati al montaggio in altri siti partner, tra i più importanti dei quali a Valladolid e Madrid, in Spagna, e a Brescia e Suzzara in Lombardia. Questa svolta ha reso necessaria una riorganizzazione totale della produzione mirata a

soddisfare le specifiche richieste di assali in base ai diversi veicoli da produrre nei vari siti.

SUZZARA E VALLADOLID

Questi 2 stabilimenti sono incentrati principalmente sulla produzione dell'**IVECO Daily** (Fig.2.2), prodotto di punta introdotto nel 1978, che necessita specificamente di assali leggeri richiesti all'impianto di Torino. Questi assali si dividono in ponti **NDA** (New Daily Axles) a ruota singola e a ruota gemellata, il primo è progettato per veicoli che hanno bisogno di solo una ruota per lato con utilizzo prevalente in contesto urbano, dove è necessaria una manovrabilità facilitata. Gli NDA a ruota gemellata vengono prodotti per i veicoli che possiedono 2 ruote per lato e che quindi necessitano di maggiore portata. A differenza di altre tipologie di assali, i ponti NDA sono di dimensioni ridotte ma hanno maggiore stabilità ed efficienza in termini di robustezza e prestazioni. A conferma di ciò, negli anni FPT ha introdotto nuovi tipi di ponti che possiedono performance sempre più superiori grazie all'avanzato livello tecnologico di realizzazione:

- **PONTE HD 4511**

È una versione rinforzata del ponte NDA a ruote gemellate utilizzata per i Daily che hanno bisogno di un carico maggiore da sostenere; può essere incluso un blocco differenziale che migliora la trazione su superfici scivolose.

- **PONTE SPR 4517/2**

È utilizzato per IVECO Daily con portate ancora superiori; anche in questo caso è presente un blocco differenziale

- **PONTE SPR 4517/3**

Fornisce una robustezza maggiore agli altri tipi di assali dato che viene usato per i modelli off-road dei Daily.



Figura 2.2. Iveco Daily

MADRID

Lo stabilimento della capitale spagnola è focalizzato sulla produzione di mezzi pesanti come **IVECO Trakker**, **IVECO X-Way** e **IVECO Stralis** (S-Way), prodotto di punta dell'azienda per il quale è importante lavorare sull'efficienza operativa e le prestazioni su strada, dato che viene utilizzato principalmente per trasporti on-road di lunga durata (Fig.2.3). I ponti della sezione anteriore del veicolo sono a ruote indipendenti per facilitare la manovrabilità sulle strade non ben asfaltate, i ponti della sezione posteriore sfruttano invece una riduzione semplice.

Nell'ambito della gamma Trakker posteriormente sono utilizzati ponti a doppia riduzione e anteriormente assali rigidi per resistere a carichi pesanti e terreni irregolari, poiché questi veicoli sono utilizzati off-road per il settore delle costruzioni e per quello minerario. Per quanto riguarda l'X-Way, sono usati assali rigidi anteriormente, per contenere portata di carico maggiore rispetto allo Stralis, e assali a doppia riduzione nella sezione posteriore in modo da fornire maggiore trazione e durabilità.



Figura 2.3. Iveco Stralis

BRESCIA

Un altro partner commerciale importante per FPT è lo stabilimento di Brescia specializzato negli **IVECO Eurocargo** (Fig.2.4) sin dal 1991, quando veniva assemblato anche in Gran Bretagna e Spagna; a partire dal 2002 la produzione viene concentrata quasi esclusivamente solo a Brescia. Questo veicolo necessita di elevati livelli di robustezza nei suoi componenti dato che si occupa del trasporto di carichi più ingenti rispetto ai

mezzi prima descritti. Per questo motivo vengono inviati per l'assemblaggio assali come il PONTE SPR 4517/3, sopra citato, oppure altre tipologie di assali medi o motoassali.



Figura 2.4. Iveco Eurocargo

Capitolo 3

Driveline

Dopo aver introdotto la realtà IVECO GROUP e il ruolo di FPT in questo contesto, è opportuno spiegare più nel dettaglio come è sviluppato lo stabilimento di Torino e come viene organizzata la realizzazione dei prodotti industriali citati nel capitolo precedente. Lo stabilimento FPT di Torino è suddiviso in 3 macroaree: la prima è interamente dedicata alla produzione dei cambi, la seconda (**Engines**) è destinata alla realizzazione dei motori, uno dei prodotti principali di FPT insieme ai ponti e gli assali che vengono sviluppati nella terza (**Driveline**), nella quale è stata svolta l'attività di tirocinio. In quest'area, in base alle esigenze del cliente e al veicolo su cui verrà poi effettuato il montaggio, si realizzano varie tipologie di assali. Questi si suddividono in leggeri, medi e pesanti e sono dei componenti fondamentali per la realizzazione di mezzi a grande portata, dato che la loro funzione principale è quella di sostenere il peso del mezzo stesso e consentire la rotazione delle ruote più corretta sulla base delle esigenze del tipo di veicolo su cui sono assemblati. Come detto in precedenza, la funzionalità degli assali posteriori e anteriori è diversa, e anche questa caratteristica conferma l'estrema variabilità e adattabilità che i ponti possiedono, rendendo così il ruolo di FPT Driveline davvero cruciale per tutti i veicoli IVECO.

L'assale posteriore è caratterizzato da una maggiore robustezza a differenza di quello posto sulla sezione anteriore che deve donare mobilità; inoltre, negli assali anteriori è posizionata anche la componente di sterzo con la funzione di direzionare il veicolo che è appunto a carico delle ruote anteriori. Per i veicoli a trazione posteriore i ponti svolgono un ruolo fondamentale perché trasferiscono la forza motrice generata dall'albero motore alle ruote posteriori, con l'aiuto di un altro prodotto essenziale, che è il differenziale.

Il differenziale è la componente meccanica che distribuisce una coppia motrice tra le 2

ruote motrici dello stesso asse. Oltre che a trasformare il moto longitudinale del motore in moto trasversale delle ruote, impedisce che le ruote motrici slittino in curva, consentendo che girino a velocità diversa senza perdere aderenza col terreno, dato che le ruote esterne devono viaggiare a velocità superiori di quelle interne in fase di svolta a causa del maggior percorso da compiere. Senza il differenziale gli pneumatici perderebbero trazione con il rischio di far sbandare il veicolo.

Ci sono infine i motoassali, che possiedono un grado di robustezza simile agli assali posteriori, la differenza è che aggiungono un motore integrato al comparto strutturale dell'assale così da poter essere applicati alla parte sia anteriore sia posteriore del veicolo in base alla tipologia e all'esigenza del mezzo stesso.

A livello operativo lo stabilimento Driveline è suddiviso in **UTE** (Unità Tecnologica Elementare), ognuna comprendente varie linee di produzione. Le UTE si dividono tra quelle dedicate alla lavorazione e quelle dedicate all'assemblaggio. Nel primo caso ci si occupa di lavorazione a partire dalla materia prima, nel secondo caso si tratta del successivo montaggio dei primi prodotti semilavorati di assali e ponti. Lo stabilimento Driveline conta 8 UTE in totale, 5 per la lavorazione e 3 per il montaggio.

- **UTE 1**

È composta da una linea che svolge lavorazioni sui semiassi e da una isola produttiva di mozzi ruota per i ponti NDA a ruota gemellata e HD; quest'isola è suddivisa in un centro esclusivo per la tornitura e uno per la foratura.

- **UTE 3**

In questa UTE vengono svolte lavorazioni sui bracci e sulle scatole per ponti. Quelle per i bracci avvengono su 3 linee distinte: una dedicata ai bracci per ponti NDA a ruota gemellata e quelli HD, una per i ponti NDA a ruota singola e l'ultima per i bracci dei ponti SPR. Invece le 3 linee per le scatole sono dedicate rispettivamente ai ponti NDA, HD e SPR.

- **UTE 5**

Questa UTE si occupa della lavorazione dei corpi assali, dei fusi, dei perni fuso e dei mozzi; per ogni linea di produzione si utilizzano macchine specifiche. Una cosa da notare in questa UTE è che le lavorazioni per gli assali pesanti sono modulabili anche sui macchinari degli assali medi, così da essere flessibili e ridurre al minimo le pause nel ciclo produttivo.

- **UTE 7**

È dedicata alla lavorazione delle coppie coniche e dei pignoni; è inoltre presente un'isola produttiva per i fusi che saranno destinati alla linea dei ponti dello Stralis.

- **UTE 8**

Questa è la prima di 3 UTE, insieme alla 9 e alla 10, dedicate al montaggio. In questo caso sono presenti due linee; una che si occupa della realizzazione dei motoassali e un'altra per gli assali posteriori per mezzi pesanti.

- **UTE 9**

In questa unità le 3 linee presenti sono dedicate al montaggio di ponti NDA, sia a ruota singola sia gemellata, alla produzione di ponti SPR alternata a ponti HD mentre l'ultima si occupa di 3 delle 4 famiglie di assali.

- **UTE 10**

L'ultima UTE si specializza negli assali pesanti e ponti per mezzi pesanti, tutti quei componenti che serviranno per i veicoli IVECO Stralis e IVECO Trakker

Lo stabilimento di Torino di FPT è organizzato secondo il modello della **Fabbrica Integrata**, che si fonda su 3 livelli:

1. Direzione di Stabilimento
2. Unità Operative
3. Team Tecnologico, costituito dalle seguenti figure:
 - Responsabile del Gruppo Integrato (**RGI**): ha il compito di gestire le risorse umane sia dal punto di vista professionale che dal punto di vista motivazionale;
 - Tecnologo del Gruppo Integrato (**TGI**): ha il compito di definire e migliorare tutti gli aspetti collegati ai cicli di lavoro, metodo e flussi;
 - Team Expert (**TE**): assiste tecnicamente gli operai del team, sia dal punto di vista della produzione sia da quello della qualità relativa alla produzione;
 - Operaio di Team: ha il compito di realizzare la produzione assegnata.

Le UTE sopra descritte, e tutte le attività delle Unità Operative, sopra descritte vengono coordinate da strutture operative specifiche presenti all'interno dello stabilimento come:

- PTS – Plant Technical Support

- Qualità
- Finance
- Logistica
- Environment & Safety
- Work Analysis
- WPS
- Launch
- Risorse Umane

3.1 Unità Tecnologica Elementare 2

La UTE 2 è di particolare importanza per lo sviluppo dell'argomento di questa tesi; pertanto, ad essa è dedicato un paragrafo specifico. In questa UTE sono presenti molte linee produttive. Una è completamente finalizzata alle lavorazioni dei corpi scatola per mezzi pesanti grazie a 3 macchine, ognuna adibita al tipo diverso di corpo scatola da produrre. Un'altra è dedicata al sistema di leve, il componente che permette al veicolo di sterzare. Altre 3 linee da menzionare sono quelle per la produzione di componentistica dei motoassali e degli assali pesanti, e quella per le lavorazioni dei coperchi, i componenti da integrare successivamente con i corpi scatola per i mezzi pesanti.

La linea cruciale da citare è quella dedicata alla lavorazione delle semiscatole differenziali NDA, per la cui produzione sono necessarie 3 macchine (denominate FAMAR) per la tornitura a controllo numerico che svolgono altrettanti compiti diversi.

- FAMAR 1

La prima macchina della serie ha come compito quello di effettuare la prima sgrossatura di tutto il pezzo grezzo. In questa prima fase avviene principalmente un'ingente rimozione di materiale, senza che sia necessario iniziare a dare una forma ben definita al prodotto.

- FAMAR 2

Grazie all'aiuto di un braccio metallico robotizzato il pezzo sgrossato viene fatto passare a questa fase successiva. Con questa macchina viene eseguita la finitura dei diametri interni e la foratura dell'attacco corona. È una lavorazione di precisione per il raggiungimento delle dimensioni dei diametri, rispettando il valore delle tolleranze richieste, e per iniziare

ad ottenere una superficie liscia e precisa delle sedi degli ingranaggi planetari.

La foratura prevede la definizione dei fori in cui verrà inserita successivamente la corona dentata del differenziale; i fori possono essere filettati o lisci in base al tipo di montaggio della corona con i bulloni.

- FAMAR 3

Grazie ad un altro braccio si passa al terzo macchinario che si occupa della finitura del diametro esterno; nel dettaglio ha il compito di lavorare con precisione il diametro esterno dove verrà montato il cuscinetto, componente meccanico che serve a ridurre l'attrito tra due componenti in movimento relativo, migliorandone la fluidità. La superficie lavorata deve essere liscia (rugosità bassa) e precisa (campo di tolleranza ristretto) per permettere un accoppiamento corretto con il cuscinetto evitando giochi o eccessivo serraggio.

Il ruolo decisivo di questa linea produttiva dell'UTE 2 deriva dal fatto che le scatole differenziali sono componenti molto importanti per tutti i veicoli IVECO Daily e perché la produzione giornaliera, nel rispetto delle tolleranze, è molto alta. Prima di proseguire con la trattazione di questa tesi, è bene identificare quali sono stati problemi e le criticità di questa produzione nel corso del tempo.

Qualche anno fa la richiesta media delle scatole differenziali si aggirava intorno alle 300 unità/giorno; già allora era difficile stare al passo, ma ciò era possibile con il ricorso agli straordinari e talvolta con l'esternalizzazione della produzione. Successivamente la domanda di IVECO Daily è aumentata con un aumento di richieste da 300 a circa 360 unità/giorno. In un primo momento, massimizzando le prestazioni, si è riusciti a soddisfare questa nuova domanda, ma con uno sovrasfruttamento delle macchine, in particolare la FAMAR 1 e la FAMAR 2 non sono sempre riuscite a reggere il nuovo ritmo produttivo tanto da guastarsi varie volte con ingenti costi e perdite.

Per migliorare questo scenario l'obiettivo è il raggiungimento di almeno 100 pezzi/turno, cosa che implica la necessità di ribilanciare tutto il processo produttivo e di ripensare al layout dell'isola. L'idea più facilmente percorribile è quella della parallelizzazione della semifinitura, con l'acquisto di un'altra FAMAR 2 in modo da utilizzare due macchine (2A e 2B) per riuscire a soddisfare le nuove richieste produttive.

La nuova situazione riesce a mitigare abbastanza i problemi sopra descritti, ma con nuove criticità per la FAMAR 3 costretta a fronteggiare 2 flussi produttivi convergenti dalle 2 macchine di semifinitura; ciò comporta dei guasti, sebbene classificabili di poco conto in confronto alle perdite dello scenario precedente.

Successivamente vengono modificati degli standard prestazionali per i ponti IVECO, si

nota come essi comportino elevati costi di gestione e manutenzione per usura e problematiche di vario tipo. A fronte di questo, dal reparto qualità di FPT vengono imposte delle tolleranze sempre più stringenti per la produzione delle scatole differenziali, andando ulteriormente a stressare un'isola produttiva già in difficoltà per i problemi sopra descritti. Questo lavoro di tesi si occupa dunque di valutare nella sua interezza tutte le problematiche che si sono presentate nel tempo in questa isola produttiva, analizzando e proponendo migliorie laddove possibile. Per prima cosa si prende in esame la struttura dell'isola in sé e si scinde il concetto di flusso di valore rispetto alla produzione vera e propria, per andare a svolgere un'analisi più precisa di tutte le componenti coinvolte. Per fare ciò si considera una situazione ideale di sfruttamento della massima capacità produttiva disponibile, senza ritardi, guasti e fermi macchina. Si indaga se i flussi di valore del processo siano ottimali e, nel caso, quali cambiamenti, strutturali e non, è necessario apportare. Questo primo passo viene svolto con l'ausilio della VSM (Value Stream Map), con l'obiettivo di analizzare tutte le problematiche di layout in base allo scenario di domanda sopra anticipate.

Fatto questo occorre considerare anche tutti gli altri scenari reali di un processo produttivo, a cominciare dall'analisi di tutti i guasti e i fermi macchina che hanno interessato le attrezzature nel tempo, per evidenziare i problemi più gravi e ricorsivi e di conseguenza modificare la strategia manutentiva, già presente nell'azienda, con la finalità di prevedere questi guasti, intervenire in tempo e ridurre il tempo perso di produzione.

Infine, si procede ad affrontare la situazione della modifica degli standard prestazionali. A causa di un deficit di comfort acustico dei veicoli, rilevato negli ultimi anni, è stata presa la decisione di cambiare delle tolleranze di varie produzioni in azienda, questo riguarda anche le semiscatole differenziali NDA in analisi. Attraverso l'utilizzo di metodi di controllo statistico come le carte di controllo si effettua una valutazione dell'evoluzione nel tempo di questo scenario.

Capitolo 4

Qualità nei Processi Produttivi

(ISO 8402-1994)

*“Qualità è l’insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un **PRODOTTO** o di un **SERVIZIO**, che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite.”*

(ISO 9000-2015)

*“Qualità è l’insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un’**ENTITÀ**, che conferiscono ad essa la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite.”*

Le due norme sopracitate rappresentano la definizione di qualità in contesti aziendali per quanto concerne i processi produttivi. Possiamo notare come la prima ponga la sua attenzione solo sull’output produttivo, mentre l’aggiornamento fatto nel 1995 rende protagonista il concetto di “entità”.

Un’entità può essere:

- Un’attività o un processo
- I risultati di un’attività o di processi (siano essi tangibili o intangibili)
- Un’organizzazione
- Una combinazione delle precedenti

Allargare il campo ad un concetto generico di entità è la dimostrazione di come la nozione di qualità sia sempre stata in evoluzione nella storia parallelamente alle esigenze del mercato e del cliente. Sin dall’antichità con i primi lavori di artigianato e nel Medioevo con le corporazioni, era presente l’idea del controllo della propria produzione da parte dell’artigiano. Solo con l’avvento delle due Rivoluzioni Industriali si inizia a percepire la qualità

similmente a come la intendiamo oggi. Il progresso tecnologico, l'utilizzo dell'energia termica a partire dal carbone e in seguito dell'elettricità hanno determinato l'inevitabile passaggio dalla produzione artigianale ad una produzione di massa, che aveva necessità di essere standardizzata.

A partire dagli anni '20 del Novecento, il concetto di qualità cominciò a consolidarsi in ambito industriale, evolvendosi da semplice controllo del prodotto a elemento integrato nei processi gestionali e organizzativi delle grandi imprese emergenti dell'epoca.

Il conseguimento della qualità non dipendeva più esclusivamente dal singolo, ma da come si formalizzavano e progettavano i processi e la produzione era ormai interamente rivolta alla quantità, con conseguente difficoltà nel controllo di tutti i pezzi prodotti. Sulla base dell'esigenza di eseguire ispezioni o collaudi finali al termine di una produzione, venivano utilizzati i primi metodi statistici per il controllo della qualità, definiti **carte di controllo**.

Questi metodi, attuati solo a fine produzione, comportavano alcune problematiche in quanto i prodotti finiti che non superavano i controlli del collaudo finale venivano completamente scartati. Sebbene ciò garantisse la soddisfazione del cliente in termini di qualità, comportava al contempo la perdita totale del valore generato lungo l'intero processo produttivo (costo della materia prima, costo del lavoro aggiunto per ottenere il prodotto finito, energia utilizzata, macchinari che si sono usurati lavorando).

Il primo approccio risolutivo a questo problema viene attribuito a Walter A. Shewhart, considerato il padre del controllo statistico della qualità, che intorno agli anni '30 introdusse le carte di controllo, dette anche **carte di Shewhart**, con l'obiettivo di superare i controlli distruttivi su larga scala per i soli prodotti finiti, concentrando invece l'attenzione sulle delicate e critiche fasi intermedie del processo produttivo.

Grazie all'applicazione del campionamento statistico, è possibile analizzare sottoinsiemi rappresentativi dell'intero lotto o processo produttivo. Le non conformità e le anomalie riscontrate in tali campioni possono quindi essere utilizzate, tramite inferenza statistica, come indicatori attendibili dello stato complessivo di conformità dell'intero insieme controllato. Tale approccio è risultato utile soprattutto durante la Seconda Guerra Mondiale, quando la scarsità di risorse a disposizione e l'impiego di manodopera inesperta del settore comportavano un margine di errore molto più impattante.

Poiché i controlli statistici da soli non risultano sufficienti per ridurre in modo significativo gli errori e gli sprechi, si introducono i concetti di **affidabilità** e **manutenibilità** e si applicano tecniche di controllo qualità già nella fase progettuale. Nello specifico si

vogliono determinare in modo preciso gli aspetti operativi e il ciclo di vita di un prodotto, per garantirne le prestazioni attese entro un orizzonte temporale definito, ed anche pianificare la manutenzione necessaria per assicurarne la continuità funzionale nel tempo.

Dopo un lungo periodo di sviluppo in cui il concetto di qualità ha progressivamente acquisito centralità nei sistemi produttivi, a partire dagli anni '50 si assiste a una significativa battuta d'arresto. Tale inversione di tendenza è imputabile alla carenza di risorse nel secondo dopoguerra e a un contesto economico dominato da una forte domanda di mercato. In questa fase, le imprese orientano le proprie strategie principalmente verso l'aumento della capacità produttiva, privilegiando la quantità rispetto alla qualità. La priorità diventa quindi quella di soddisfare una domanda crescente in termini numerici, piuttosto che garantire un elevato livello di soddisfazione del cliente.

Parallelamente, nello stesso periodo, si assiste alla progressiva affermazione del concetto di **Total Quality Control**[1], promosso in particolare dal contesto industriale giapponese e influenzato dai principi della **Lean Production**. Questo approccio, fortemente sostenuto da figure di riferimento come W. Edwards Deming e Joseph M. Juran, si propone di superare la visione tradizionale del controllo qualità limitato all'ambito produttivo, estendendolo in modo sistemico a tutte le funzioni aziendali, con l'obiettivo di ottimizzare l'intera catena del valore.

A partire dagli anni '70 e '80 il concetto di qualità si evolve ulteriormente con il concetto di assicurazione della qualità (*Quality Assurance*[2]) che introduce metodologie e procedure formalizzate a garanzia della conformità dei processi, con vere e proprie normative e certificazioni. Questo porta a definire norme tecniche internazionali, tra cui la serie **ISO 9000** e la **ISO 9001** quale standard di riferimento per i sistemi di gestione della qualità. La qualità diventa così non solo un criterio interno di gestione e miglioramento continuo, ma anche uno strumento di comunicazione esterna, con valenza commerciale, reputazionale e istituzionale. Il concetto esce definitivamente dai confini aziendali, assumendo una dimensione normativa a livello nazionale e internazionale, e configurandosi come elemento distintivo della governance organizzativa contemporanea.

In questo contesto in cui il significato di qualità è decisamente cambiato rispetto a quello del passato sono ben delineate varie scuole di pensiero

4.1 Scuole di pensiero nella qualità

4.1.1 A.V. FIGENBAUM

Nel 1951 Figenbaum introduce il concetto di *Total Quality Control* sulla base della sua esperienza presso la General Electric. In tale contributo propone una visione innovativa della qualità intesa non più come attività circoscritta al controllo del prodotto finale, ma come funzione strategica estesa all'intero sistema. Infatti, secondo Feigenbaum il focus non deve essere solo sul prodotto ma anche su tutti gli aspetti di vita aziendale. La qualità viene così concepita come un principio gestionale trasversale, capace di orientare e coordinare strategicamente tutte le funzioni e i processi aziendali, dalla progettazione alla logistica, dalle risorse umane alla gestione finanziaria, con l'obiettivo di garantire efficienza, coerenza e competitività a lungo termine.

4.1.2 W.E. DEMING

A W. Edwards Deming è riconosciuto un ruolo significativo per quanto concerne il concetto di qualità d'impresa. Come consulente fu frequentemente invitato a tenere seminari o a collaborare direttamente con aziende con l'obiettivo di promuovere il miglioramento delle performance produttive e organizzative.

Deming ebbe diversi contatti con il contesto industriale e statistico giapponese; in particolare nel 1947 collaborò con Kaoru Ishikawa alla preparazione del censimento del 1951, un'esperienza che influenzò la sua visione sistemica della qualità secondo i principi della *lean production* da lui stesso diffusi negli Stati Uniti.

Il pensiero di Deming si fonda sul principio del miglioramento continuo concepito sia come processo sistematico di riduzione delle cause di variabilità e difettosità nei processi, sia come strategia per l'innovazione tecnologica e il rafforzamento della competitività aziendale attraverso la progettazione e produzione di prodotti all'avanguardia.

Un elemento chiave del modello proposto da Deming è il coinvolgimento attivo del *top management*. Il dirigente, secondo Deming, non deve limitarsi a ruoli direttivi astratti, ma deve possedere una conoscenza approfondita delle dinamiche operative dell'azienda, promuovere una cultura della qualità e garantire la coerenza sistemica tra obiettivi, processi e risultati. Questo orientamento è sintetizzato nei suoi "14 punti per la gestione", contenuti nell'opera *Out of the Crisis* (1986), che rappresentano le linee guida fondamentali per una trasformazione profonda del management industriale.

Deming teorizzò e promosse inoltre l'utilizzo rigoroso degli strumenti dell'analisi statistica

per il controllo e il miglioramento della qualità, come l'analisi della varianza (ANOVA), i test di ipotesi e, in particolare, le carte di controllo per l'identificazione delle cause speciali di variazione, per il monitoraggio della stabilità dei processi produttivi e per la prevenzione degli scostamenti qualitativi.

A Deming si deve in particolare un modello concettuale, il Ciclo di Deming, per il miglioramento continuo della qualità sul lungo periodo, attraverso un ciclo iterativo articolato in 4 fasi. Oltre alla sua applicazione nei processi produttivi, il modello si configura come uno strumento gestionale trasversale, finalizzato a diffondere all'interno dell'intera organizzazione una cultura della qualità e l'adozione di metodi strutturati e sistematici per ottenere l'eccellenza operativa. In questo contesto, il Ciclo di Deming contribuisce a promuovere un elevato livello di integrazione e collaborazione tra le risorse umane, al punto che l'approccio al miglioramento continuo tende a consolidarsi e diventa un know-how insito nell'impresa. Per le quattro fasi fondamentali che lo contraddistinguono questo modello è conosciuto anche con l'acronimo **PDCA** (Plan–Do–Check–Act).

1. **Plan** (progettare/pianificare)

Fase in cui vengono definiti gli obiettivi di miglioramento, individuate le criticità nei processi e progettate le azioni correttive o preventive, il tutto supportato da un'analisi strutturata dei dati disponibili e da una valutazione delle variabili critiche di processo.

2. **Do** (agire/realizzare)

Nella seconda fase si esegue l'implementazione controllata e su scala limitata delle soluzioni progettate, con l'obiettivo di testarne l'efficacia in un contesto operativo circoscritto, riducendo il rischio associato a cambiamenti estesi.

3. **Check** (controllare)

Questa è la fase di testing in cui i risultati ottenuti vengono analizzati e confrontati con gli output attesi e definiti in fase di pianificazione, al fine di valutare la validità delle soluzioni messe in atto e analizzare eventuali scostamenti rispetto agli obiettivi prefissati. Nel caso emergano deviazioni significative, i dati raccolti e le rappresentazioni grafiche vengono elaborate e convertite in informazioni operative. L'analisi di più cicli applicati agli stessi processi permette di identificare tendenze utili per comprendere le aree di miglioramento per raggiungere la completezza, la coerenza e l'adeguatezza del piano iniziale.

4. **Act** (stabilizzare/correggere)

Quest'ultima fase del ciclo, punta a consolidare il piano definito in forma circoscritta, adottando le soluzioni correttive ai casi in cui si sono evidenziate discrepanze significative tra risultati attesi e verificati.

In questa fase si procede all'analisi delle cause che hanno portato a queste divergenze con l'intento di capitalizzare l'esperienza acquisita e arricchire il patrimonio informativo disponibile, in modo da affrontare le successive iterazioni del ciclo con una base conoscitiva più solida.

Qualora invece l'esecuzione del piano sia risultata conforme alle previsioni e senza problemi/anomalie rilevanti, è possibile ricominciare il ciclo con l'obiettivo di un ulteriore perfezionamento, oppure applicare il metodo PDCA ad altri processi o aree organizzative, estendendo la logica del miglioramento continuo all'intero sistema aziendale.

4.1.3 **J. JURAN**

Il pensiero di Joseph M. Juran è in linea con quello di W. Edwards Deming, condividendone l'impostazione sistemica e il focus sull'importanza del miglioramento continuo della qualità. Tuttavia, Juran si distingue per un approccio maggiormente pragmatico e orientato all'applicazione concreta dei principi della qualità nei contesti organizzativi. Egli pone infatti un'enfasi peculiare sull'esperienza pratica, attribuendo un ruolo centrale alla raccolta e all'analisi dei dati, nonché alla formulazione di conclusioni operative basate su evidenze empiriche

Le direttrici fondamentali del pensiero di Juran possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- **Diagnosi delle disfunzioni organizzative e progettazione dei rimedi:** Juran propone un approccio analitico volto all'identificazione sistematica delle cause che ostacolano l'efficienza e l'efficacia dei processi aziendali. A partire da tale diagnosi, egli sottolinea la necessità di elaborare interventi correttivi mirati e sostenibili.
- **Istituzionalizzazione del miglioramento continuo:** Il miglioramento non deve essere concepito come un'attività episodica, bensì come un processo strutturato e permanente, integrato nella cultura organizzativa e supportato da strumenti gestionali appropriati.

- **Comunicazione dei risultati in termini economici:** Juran insiste sull'importanza di tradurre gli esiti delle iniziative di qualità in metriche monetarie, in modo da renderli comprensibili e rilevanti per il top management. L'adozione di un linguaggio economico-manageriale è, a suo avviso, fondamentale per ottenere il coinvolgimento e il supporto strategico dei vertici aziendali.
- Pianificazione e analisi della qualità sin dalla fase progettuale: La qualità deve essere incorporata fin dalle prime fasi della progettazione di prodotti, servizi e processi. Ciò implica un'attenta attività di pianificazione che consenta di prevenire difetti e inefficienze, piuttosto che intervenire ex post per correggerli.

4.1.4 P.B. CROSBY

Philip B. Crosby adotta un approccio alla qualità connotato da una forte valenza manageriale e commerciale, promuovendo una visione in cui la qualità non rappresenta un costo da sostenere, ma una strategia in grado di generare importanti vantaggi economici nel medio e lungo periodo. Tale impostazione trova espressione nella sua affermazione più nota, "*Quality is free*", che sintetizza la convinzione secondo cui l'eliminazione degli errori e la prevenzione dei difetti si traducono in un sostanziale risparmio per l'organizzazione, riducendo sprechi, rilavorazioni e insoddisfazione del cliente.

Crosby attribuisce un ruolo centrale alle risorse umane nel processo di gestione della qualità, affermando che essa non ha origine nei sistemi o nelle tecnologie, ma nelle persone. Il coinvolgimento, la formazione e la responsabilizzazione del personale rappresentano, nella sua visione, le leve principali per ottenere performance qualitative elevate e durature.

Dal punto di vista metodologico, Crosby propone un'analisi dei processi aziendali che si fonda sulla scomposizione delle attività in fasi distinte, ciascuna delle quali viene trattata come un'entità autonoma riconducibile al modello cliente-fornitore interno. Tale approccio consente di individuare, per ogni fase, i punti critici e le opportunità di miglioramento, valorizzando le interazioni tra le diverse unità operative come elementi chiave per la costruzione della qualità complessiva.

Tale impostazione mira a diffondere una cultura della qualità come responsabilità collettiva, integrata nelle attività quotidiane e orientata al raggiungimento dell'eccellenza operativa.

4.1.5 K. ISHIKAWA

Kaoru Ishikawa è uno dei più importanti esponenti del *Total Quality Management* e della *Lean Production* in Giappone. La sua visione innovativa e i suoi metodi hanno condizionato le pratiche della gestione della qualità industriale utilizzate fino ad oggi a livello globale; tra i suoi contributi metodologici più noti si annoverano il **diagramma causa-effetto** (conosciuto anche come "*diagramma di Ishikawa*" o "*a lisca di pesce*"), uno strumento analitico finalizzato all'individuazione delle cause radice dei problemi qualitativi, e l'implementazione dei **circoli della qualità**, gruppi di lavoro autonomi composti da operatori coinvolti nei processi produttivi, i quali partecipano attivamente all'identificazione, analisi e risoluzione delle criticità operative, promuovendo il miglioramento continuo dal basso.

Tali strumenti si inseriscono in una visione fortemente partecipativa della qualità, in cui l'intero personale aziendale è responsabilizzato e coinvolto nei processi di miglioramento. Secondo Ishikawa, la **qualità deve essere anteposta al profitto**, in quanto solo attraverso una rigorosa attenzione alla qualità è possibile conseguire risultati economici sostenibili nel lungo periodo. Al contrario, una logica orientata esclusivamente al profitto di breve termine, trascurando la qualità, può condurre a una progressiva erosione della competitività, fino alla perdita di quote di mercato.

La qualità per Ishikawa è concepita in funzione del cliente e non si limita alla conformità tecnica dei processi produttivi. Egli identifica un'equivalenza concettuale tra qualità e soddisfazione del cliente, sostenendo che ogni attività di miglioramento deve partire dall'ascolto sistematico delle esigenze del mercato e dell'utente finale.

Per realizzare concretamente questa visione, Ishikawa sottolinea l'importanza del confronto continuo con la concorrenza e della ricerca preventiva degli errori. In tal senso, promuove l'adozione sistematica di controlli statistici sempre più anticipati lungo la catena produttiva, al fine di individuare tempestivamente le non conformità e prevenire il loro impatto negativo a valle.

4.2 Lean Production

Come già evidenziato, nel secondo dopoguerra, in particolare a partire dagli anni '50, il Giappone affrontò una fase di grave crisi economica, conseguente alla sconfitta nella Seconda Guerra Mondiale. Le imprese nazionali si trovarono in condizioni di estrema difficoltà, caratterizzate da scarsità di risorse materiali, finanziarie e infrastrutturali. In tale

contesto, emerse la necessità impellente di ripensare radicalmente i modelli produttivi al fine di garantire la sopravvivenza e il rilancio dell'apparato industriale nazionale.

Grazie alla **Toyota Motor Corporation**, fondata nel 1937, si sviluppò il **Toyota Production System (TPS)**, un nuovo paradigma di gestione della produzione successivamente conosciuto come **Lean Production** o *produzione snella*. Questo sistema innovativo fu formalizzato e implementato principalmente grazie al contributo di **Taiichi Ohno**, ingegnere e manager Toyota, il quale elaborò una struttura organizzativa capace di coniugare efficienza produttiva e flessibilità operativa.

Il TPS si fonda sull'eliminazione sistematica degli sprechi (*muda*), sull'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse disponibili e sull'adattamento continuo della produzione alle reali esigenze del mercato. In un contesto di vincoli stringenti, questo modello si dimostrò particolarmente efficace nel garantire la massima resa con il minimo impiego di risorse, rappresentando una risposta strategica alla scarsità e aprendo la strada a una nuova filosofia industriale basata sul **miglioramento continuo** (*kaizen*), il **just-in-time**, l'**autonomazione** (*jidoka*) e il **coinvolgimento attivo del personale operativo**.

Il Toyota Production System rappresentò sia uno mezzo per rilanciare il settore manifatturiero giapponese, sia un modello di efficienza di gestione per la produzione a livello globale.

Il principio guida della Lean Production può essere sintetizzato nel motto: "*fare meglio con meno risorse*". Tale approccio si fonda sulla ricerca costante di cambiamenti incrementali e sul miglioramento continuo dei processi, attraverso un'analisi sistematica volta a distinguere chiaramente tra le attività che generano valore e quelle che non lo generano. Nel modello Lean, è considerata attività a valore aggiunto qualsiasi operazione che, durante il processo produttivo, contribuisca ad accrescere il valore percepito ed effettivo del prodotto per il cliente. Al contrario, tutte le attività che non apportano tale incremento sono classificate come **sprechi** e, pertanto, devono essere eliminate o ridotte al minimo. Il fulcro di questa filosofia si sposta quindi dalla produzione in sé alla creazione di valore per il cliente. L'obiettivo principale è fornire un prodotto conforme alle specifiche, ma anche far percepire al cliente il valore di ciò che acquista. Questo orientamento implica un ripensamento dell'intera catena del valore, in funzione della domanda reale e delle aspettative del mercato.

La metodologia operativa che consente di attuare concretamente i principi della Lean Production è il **Just In Time (JIT)**. Questo sistema prevede la produzione del bene giusto, nella quantità esatta richiesta, nel momento preciso in cui viene domandato, e

alle condizioni concordate con il cliente. Il JIT consente di ridurre al minimo le scorte, migliorare la flessibilità produttiva e garantire una maggiore reattività rispetto alle variazioni della domanda, contribuendo in modo determinante all'efficienza e alla competitività dell'impresa.

La logica della *Lean Production* può essere sintetizzata attraverso cinque pilastri fondamentali, che costituiscono la struttura metodologica di riferimento per l'implementazione efficace di un sistema produttivo snello:

1. Definizione del valore per il cliente

Il primo passo consiste nell'identificare con precisione quale sia il valore percepito e atteso dal cliente, ovvero ciò per cui il cliente è disposto a pagare. Tale definizione è essenziale per orientare ogni attività aziendale verso l'effettiva soddisfazione della domanda.

2. Mappatura del flusso di valore

Attraverso l'utilizzo di strumenti di analisi visiva come il Value Stream Mapping (VSM), si procede all'identificazione e alla rappresentazione di tutti i flussi di processo, sia materiali sia informativi, che contribuiscono alla realizzazione del prodotto. Questo consente di distinguere le attività a valore aggiunto da quelle superflue, che generano sprechi e inefficienze.

3. Creazione di un flusso continuo e bilanciato

Una volta isolati i flussi che producono valore, il processo viene riprogettato per garantire la continuità operativa tra le varie fasi, evitando interruzioni, attese o accumuli.

4. Adozione della logica *Pull* basata sulla domanda effettiva

Il modello produttivo deve essere guidato da una logica pull, in cui ogni fase viene attivata solo in presenza di una richiesta reale da parte del cliente. Questo consente una gestione efficiente delle risorse, limitando la produzione in eccesso e riducendo le scorte.

5. Ricerca costante della perfezione

L'organizzazione è chiamata a perseguire sistematicamente l'ottimizzazione dei propri processi, attraverso l'adozione di nuove soluzioni che consentano di ridurre i tempi, eliminare gli sprechi e accrescere il valore generato per il cliente. Questa

tensione verso la perfezione promuove una cultura aziendale dinamica, orientata alla qualità e all'innovazione.

Nell'ambito della Lean Production, si è visto che è centrale il processo di identificazione sistematica e continua delle attività prive di valore aggiunto (muda), al fine di eliminarle. Per le attività non a valore aggiunto ma indispensabili per il funzionamento dei processi aziendali, si persegue l'obiettivo di minimizzarne l'incidenza attraverso l'ottimizzazione e la standardizzazione. Nella Lean Production, è essenziale individuare costantemente tutto ciò che non genera valore, ovvero gli sprechi, e eliminarlo. Per le attività che, pur non creando valore, sono comunque necessarie per il funzionamento dell'azienda, l'obiettivo è ridurle al minimo o ottimizzarle il più possibile.

La Lean Production identifica sette categorie principali di spreco che ostacolano l'efficienza dei processi produttivi e riducono il valore percepito dal cliente finale. Tali sprechi devono essere sistematicamente individuati ed eliminati o, laddove ciò non sia possibile, minimizzati attraverso interventi mirati.

Le principali tipologie di sprechi sono:

1. Sovrapproduzione

Rappresenta la produzione di beni in quantità superiori alla domanda effettiva o in anticipo rispetto ai tempi richiesti dal mercato. Questo fenomeno, tipico del modello make-to-stock, comporta l'immobilizzazione di risorse in scorte di magazzino, con conseguente incremento dei costi operativi e riduzione della flessibilità produttiva.

2. Attese

Includono tutti i tempi morti e le interruzioni non necessarie all'interno del ciclo produttivo, in cui operatori, macchinari o materiali restano inoperosi. È fondamentale distinguere tra il tempo effettivo di lavorazione e il tempo totale di attraversamento del processo (lead time), evidenziando così i momenti di inattività come fonte di inefficienza.

3. Trasporti

Ogni spostamento di materiali, semilavorati o prodotti finiti tra differenti aree di lavoro comporta un costo aggiuntivo e aumenta il rischio di danneggiamenti o perdite. Tali movimentazioni, se non strettamente necessarie, costituiscono uno spreco e dovrebbero essere ridotte tramite una migliore configurazione dei layout produttivi.

4. Perdite di processo

Comprendono tutte le inefficienze operative che causano deviazioni dagli standard

di processo, inclusi rallentamenti, difetti, scarti, rilavorazioni, eccessivo consumo di risorse o instabilità dei risultati. La presenza di non conformità sia compromette la qualità sia riduce la capacità effettiva del sistema produttivo.

5. **Scorte**

L'accumulo di materiali, semilavorati o prodotti finiti oltre i livelli strettamente necessari determina un'immobilizzazione di capitale, uno spreco di spazio e un aumento del rischio di obsolescenza o deterioramento. Le scorte in eccesso rappresentano dunque una forma latente di inefficienza.

6. **Movimenti inutili**

Riguardano gli spostamenti non ergonomici o non necessari compiuti dagli operatori all'interno della postazione di lavoro. Questi devono essere progettati per essere il più possibile rapidi, semplici e standardizzati, riducendo lo sforzo fisico e il tempo impiegato.

7. **Difetti e rilavorazioni**

La realizzazione di articoli non conformi, che necessitano di rilavorazione o devono essere scartati, determina un consumo inefficiente di risorse, di tempo e di materiali. Questa situazione infatti determina l'aumento dei costi operativi e incide in modo negativo sulla qualità, a scapito della soddisfazione del cliente e della reputazione dell'organizzazione. La qualità deve essere costruita nel processo, prevenendo errori piuttosto che correggendoli a posteriori.

4.3 **Value Stream Map**

Secondo i principi della lean production, uno degli strumenti metodologici più importanti per l'analisi e il miglioramento dei processi è la **Value Stream Mapping (VSM)**, una soluzione utile a visualizzare tutti i flussi di valore di un determinato processo produttivo [3]. Questa metodologia permette di visualizzare, attraverso un diagramma di flusso, l'intera catena del valore (*value stream*) di un processo produttivo o di un'erogazione di servizi, mettendo in evidenza le attività a valore aggiunto e quelle non.

Attraverso la VSM, è possibile ottenere una visione integrata dei flussi materiali e informativi che attraversano il sistema produttivo, facilitando l'identificazione delle inefficienze, delle interruzioni, dei colli di bottiglia e dei disallineamenti tra i diversi attori coinvolti. L'analisi risultante costituisce la base per la progettazione di interventi correttivi, che

possono includere anche la riconfigurazione del layout, l'introduzione di nuove logiche di gestione e la ridefinizione del flusso operativo.

La Value Stream Mapping si articola nelle seguenti fasi:

1. **Identificazione degli attori e dei processi chiave:** si individuano le unità organizzative e operative rilevanti per il flusso oggetto di analisi.
2. **Mappatura dello stato attuale (Current State Map o AS-IS):** si rappresenta la situazione esistente, evidenziando i flussi fisici e informativi e quantificando i principali indicatori di performance (lead time, takt time, tempi ciclo, scorte, ecc.).
3. **Progettazione dello stato futuro (Future State Map o TO-BE):** sulla base dell'analisi dei dati raccolti, si definisce un modello ottimizzato del processo, in linea con i principi lean.
4. **Implementazione:** si procede con l'esecuzione del piano di miglioramento, eventualmente integrato da attività di kaizen, formazione del personale e adeguamento infrastrutturale.

La Value Stream Mapping si configura quindi come uno strumento strategico per la trasformazione lean, in quanto consente di supportare decisioni informate e condivise orientate all'eliminazione degli sprechi e all'incremento del valore per il cliente.

4.3.1 VSM AS-IS (2020-2022)

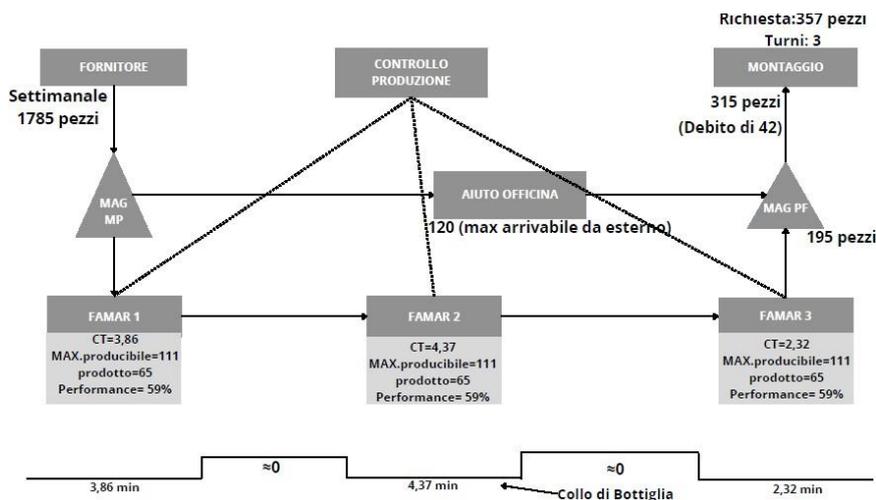


Figura 4.1. Value Stream Map As-Is dal 2020 al 2022

La presente *Value Stream Map* (Fig.4.1) rappresenta lo stato attuale (*AS-IS*) del processo produttivo, relativo al periodo compreso tra il 2020, anno in cui è stata implementata l'attuale linea di lavorazione, e il 2022, quando si è registrato un incremento significativo della domanda.

In questa configurazione, la linea produttiva è costituita da tre macchine utensili in serie, dedicate a operazioni successive di tornitura, come descritto in precedenza.

I principali attori implicati nel flusso sono:

- Il **fornitore**, che rifornisce il materiale grezzo;
- Il **controllo produzione**, responsabile della pianificazione e del monitoraggio;
- Una **terza parte esterna** a cui vengono temporaneamente affidate alcune lavorazioni per compensare l'insufficiente capacità produttiva interna;
- L'**unità di montaggio**, considerata il cliente interno del processo, destinataria del prodotto finito (scatole differenziali).

Fino al 2022, con una domanda media giornaliera di circa 300 pezzi, la capacità produttiva è stata in grado di soddisfare i fabbisogni attraverso una combinazione di produzione interna e lavorazioni esternalizzate. L'aumento della domanda a 357 pezzi/giorno ha causato un disallineamento tra capacità produttiva e fabbisogno, generando un arretrato quotidiano di 42 pezzi.

Dal punto di vista dei flussi fisici, si osserva che i tempi non a valore aggiunto sono ridotti al minimo, a eccezione di casi anomali legati a guasti o rallentamenti dovuti all'usura degli impianti. Il trasferimento del semilavorato tra le macchine avviene mediante braccio meccanico, con tempi di movimentazione dell'ordine di pochi secondi, coerenti con una logica di ottimizzazione del flusso.

Il sistema opera secondo una logica push, in cui i pezzi vengono movimentati lungo le stazioni sulla base delle previsioni di produzione definite a monte, indipendentemente dalla domanda effettiva a valle. Questo approccio è giustificato dalla disponibilità di dati storici affidabili, che permettono al fornitore di consegnare 1.785 pezzi settimanalmente, i quali vengono stoccati quotidianamente in un'area dedicata adiacente alla FAMAR 1, minimizzando gli sprechi legati ai movimenti interni. Il caricamento dei pezzi nella macchina avviene quindi in modo efficiente e con tempi contenuti.

Per quanto riguarda il trasporto verso l'area di montaggio, esso richiede alcuni minuti e rappresenta un tempo non a valore aggiunto per il cliente. Tuttavia, la riorganizzazione logistica o la modifica del layout finalizzata a ridurre tale spreco risulta di difficile

attuazione, poiché le UTE di montaggio gestiscono prodotti provenienti da diverse aree aziendali e non sono specializzate per singole tipologie. Un eventuale spostamento delle postazioni comporterebbe un impatto negativo su altri flussi interni.

Come prima misura correttiva, si è deciso di aumentare la capacità produttiva interna al fine di:

- Ridurre progressivamente il ricorso all'esternalizzazione;
- Soddisfare l'intera domanda senza generare ritardi.

L'analisi del **collo di bottiglia** ha individuato nella FAMAR 2, con un tempo ciclo di 4,37 minuti, il principale limite alla produttività dell'isola. Per risolvere tale criticità, si è proceduto all'acquisto di una seconda macchina identica, installata in parallelo, con l'obiettivo di raddoppiare la capacità del nodo critico e bilanciare il flusso complessivo del sistema.

4.3.2 VSM AS-IS (2023-2024)

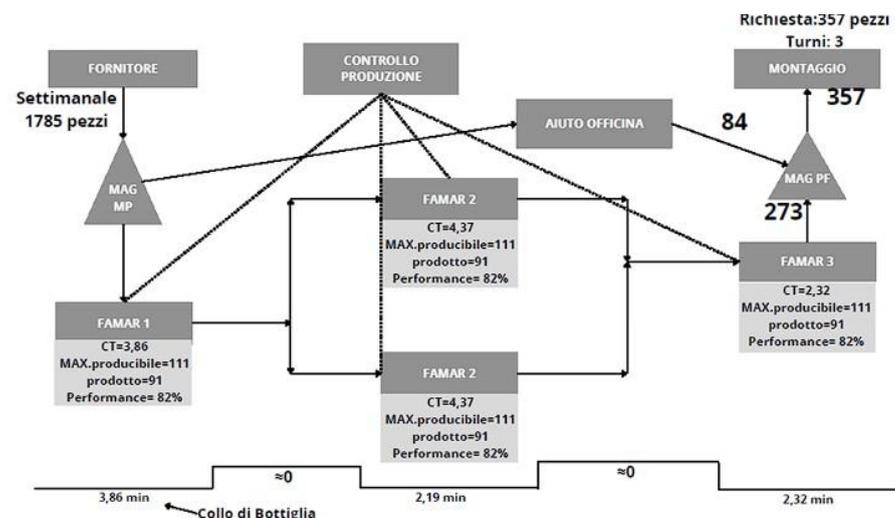


Figura 4.2. Value Stream Map As-Is dal 2023 al 2024

La seconda mappatura (Fig.4.2) evidenzia gli effetti derivanti dall'integrazione della seconda macchina **FAMAR 2B** nel sistema produttivo, avvenuta a partire dal 2023. La principale variazione riguarda il **tempo totale di attraversamento** del prodotto lungo il processo: l'operatività parallela delle macchine FAMAR 2A e 2B consente infatti di ridurre di circa il 50% il tempo a valore aggiunto.

Questa modifica si traduce in un significativo incremento della produzione per turno, permettendo di soddisfare la domanda giornaliera senza ritardi. Parallelamente, si osserva una riduzione consistente nella quantità di prodotti finiti esternalizzati, diminuiti di circa quaranta unità giornaliere.

Un altro miglioramento rilevante riguarda l'efficienza complessiva del sistema produttivo: il tasso di efficienza è passato dal 59% del sistema precedente all'82% dopo l'introduzione della seconda macchina.

Attualmente, la situazione risulta sostanzialmente stabile, con il processo in grado di rispettare le richieste produttive salvo imprevisti quali guasti o rotture dei macchinari. In condizioni operative ottimali, l'isola produttiva funziona senza ritardi nelle consegne. L'unica criticità residua consiste nella necessità di esternalizzare una quota marginale della produzione, imputabile ai limiti prestazionali delle macchine, sebbene ciò non comprometta la continuità del flusso verso il reparto di montaggio né generi accumuli di arretrati.

4.3.3 FUTURE STATE MAP (2025)

Nell'ottica del miglioramento continuo e della riduzione sistematica degli sprechi, la seconda configurazione implementata, con l'introduzione della FAMAR 2B, rappresenta un'evoluzione positiva rispetto allo scenario iniziale, ma non può ancora considerarsi ottimale dal punto di vista dell'efficienza e della sostenibilità economica della produzione. L'attenzione si concentra ora sulla possibilità di ridurre ulteriormente il ricorso all'esternalizzazione, che costituisce un costo significativo per l'impresa, sia in termini di Materiali o Risorse esterne sia per l'impatto sulla gestione logistica e sulla qualità del controllo processo. Per avere un esempio quantitativo nella tabella sotto sono riportati i costi che mensilmente vengono spesi per acquistare esternamente il prodotto finito.

	gen-24	feb-24	mar-24	apr-24	mag-24	giu-24	lug-24	ago-24	set-24	ott-24	nov-24	dic-24	TOTALE
Quantità Scatola Differenziale 7185703	3146	3719	6865	3495	3760	2620	3321	1302	2956	2668	2810	1051	37713
Costo unitario Scatola differenziale 7185703	28,00 €	28,00 €	28,00 €	28,00 €	28,00 €	28,00 €	28,22 €	28,35 €	28,58 €	28,75 €	28,91 €	28,96 €	339,77 €
Costo mensile totale	88.088,00 €	104.132,00 €	192.220,00 €	97.860,00 €	105.280,00 €	73.360,00 €	93.718,62 €	36.911,70 €	84.482,48 €	76.705,00 €	81.237,10 €	30.436,96 €	1.064.431,86 €

Figura 4.3. Costi Make or Buy del prodotto finito nel 2024

Coerentemente con la logica di intervento adottata nel caso precedente, le ipotesi attualmente in valutazione prevedono la parallelizzazione delle attività svolte dalla FAMAR 1 o dalla FAMAR 3. Quest'ultima, in particolare, è stata già identificata come un nodo critico nella catena del valore, il cui potenziamento permetterebbe di ridurre sensibilmente i volumi di lavorazioni affidati a fornitori esterni.

Tuttavia, l'introduzione di un'ulteriore macchina rappresenta un investimento ad alto impatto economico, e richiede quindi un'attenta analisi di costo-beneficio. A differenza del caso del 2022, in cui l'acquisto della FAMAR 2B si è reso indispensabile per evitare il mancato soddisfacimento della domanda, la situazione attuale non presenta caratteristiche di tale emergenza. Di conseguenza, la decisione va ponderata tenendo conto non solo della capacità produttiva potenziale, ma anche dei vincoli di budget, dei tempi di ammortamento e del ritorno atteso sull'investimento.

La *Future State Map 2025* prevede una produzione caratterizzata da maggiore efficienza interna e minore dipendenza dalle risorse esterne, e ad un equilibrio tra prestazioni operative, sostenibilità economico-finanziaria e flessibilità del sistema produttivo.

PRO

- **Incremento della capacità produttiva interna:** la duplicazione della macchina identificata come collo di bottiglia determina una sensibile riduzione del tempo ciclo, replicando l'effetto positivo già riscontrato con l'integrazione della FAMAR 2B nel sistema produttivo. Questo intervento elimina la dipendenza da lavorazioni esterne e permette una maggiore resilienza operativa, rendendo il sistema in grado di assorbire eventuali picchi di domanda futuri.
- **Controllo completo sulla qualità del prodotto:** L'internalizzazione totale del processo consente di garantire che tutte le lavorazioni siano eseguite in conformità agli standard qualitativi definiti dall'azienda, eliminando la variabilità associata alla produzione esterna e riducendo i rischi legati a non conformità, ritardi o indisponibilità dei fornitori in situazioni critiche.
- **Ottimizzazione di costi e tempi di implementazione:** L'adozione di una macchina già presente all'interno dello stabilimento comporta vantaggi in termini

di ridotti tempi di messa a regime, formazione del personale e costi di manutenzione. Il know-how tecnico è già consolidato, permettendo un'integrazione rapida ed efficiente nel processo produttivo esistente.

CONTRO

- **Elevato costo di investimento:** L'installazione di un nuovo macchinario comporta un impegno economico rilevante, al quale si devono aggiungere i costi fissi ricorrenti, quali manutenzione ordinaria e straordinaria, consumo energetico e personale dedicato alla gestione e supervisione dell'impianto.
- **Rischio di sottoutilizzo in caso di calo della domanda:** Qualora la domanda dovesse subire una contrazione, il nuovo asset produttivo potrebbe risultare sovradimensionato rispetto alle esigenze effettive, portando a un basso tasso di utilizzo e a una scarsa redditività dell'investimento. I costi già sostenuti per l'acquisto, l'installazione, la formazione e l'avviamento non sarebbero recuperabili, trasformando la macchina in una risorsa improduttiva, ovvero uno spreco sistemico secondo i principi della Lean Production.
- **Impatto sul layout e ribilanciamento del flusso produttivo:** L'introduzione di una nuova unità richiede una riprogettazione del layout esistente e una riprogrammazione dei turni e delle sequenze operative, con potenziale impatto negativo sull'efficienza complessiva. Come già osservato nell'implementazione del 2023, la riallocazione dei carichi di lavoro può generare nuovi colli di bottiglia, sovraccaricare macchinari datati e aumentare la frequenza di malfunzionamenti, fermi impianto e guasti tecnici. In uno scenario di blocco produttivo, l'azienda sarebbe nuovamente costretta a ricorrere all'esternalizzazione, vanificando l'obiettivo principale dell'investimento.

Dall'analisi delle diverse alternative emerse durante lo studio del sistema produttivo, si evince che la soluzione apparentemente più diretta consisterebbe nell'installazione di un nuovo macchinario. Tuttavia, una valutazione secondo i principi della Lean Production evidenzia come tale intervento comporti rischi significativi: l'introduzione di una nuova risorsa produttiva, sebbene volta a ridurre criticità operative, potrebbe generare nuovi sprechi, contravvenendo all'obiettivo di snellimento e rischiando di innescare un circolo vizioso anziché un miglioramento sostenibile.

La strategia della parallelizzazione dei flussi operativi consente una riduzione del *lead*

time fino alla fase di assemblaggio. Tuttavia, se l'approccio è orientato al miglioramento continuo (*Kaizen*), è fondamentale analizzare l'impatto dell'intervento sull'equilibrio complessivo del sistema, tenendo conto delle interdipendenze tra le varie fasi del processo. L'acquisizione di un nuovo impianto, quindi, non rappresenta una soluzione sistematicamente vantaggiosa: se da un lato potrebbe risolvere specifici colli di bottiglia, dall'altro rischia di introdurre nuove complessità a livello gestionale, logistico e impiantistico. Risulta quindi necessario orientarsi verso soluzioni alternative che siano coerenti con i principi del miglioramento continuo e dell'eliminazione sistematica degli sprechi, in piena aderenza ai principi della Lean Production.

L'analisi delle inefficienze ha evidenziato come il fattore critico principale sia il tempo ciclo macchina. L'ipotesi di installazione di un nuovo macchinario è stata formulata in risposta all'esigenza di ridurre il tempo ciclo operativo, identificato come principale vincolo alla capacità produttiva dell'isola. Negli ultimi mesi del 2024, si è avviato uno studio mirato sull'ottimizzazione del layout produttivo, al fine di ridurre il tempo ciclo senza incorrere in investimenti eccessivi.

Dalla *Value Stream Mapping* (VSM) emerge la criticità della macchina FAMAR 1 con un tempo ciclo pari a 3,86 minuti. Questo valore, infatti, genera un ritardo medio di circa 1,5 minuti nella lavorazione rispetto alle macchine FAMAR 2A, FAMAR 2B e FAMAR 3, evidenziando quindi un potenziale miglioramento strutturale.

Tra le operazioni critiche eseguite dalla FAMAR 1 figura la *foratura del foro spina*, un'operazione trasversale destinata alla realizzazione dell'alloggiamento per il perno del differenziale, fondamentale per il corretto posizionamento degli ingranaggi conici satelliti. Tale lavorazione ha un tempo ciclo medio di circa 30 secondi.

Considerato che le macchine FAMAR 2A e 2B sono tecnicamente idonee a eseguire questa operazione, si è deciso di trasferire la foratura del foro spina dalla FAMAR 1 alle due FAMAR 2, con una conseguente riduzione del tempo ciclo complessivo dell'isola a 3,36 minuti. Tale intervento si stima possa consentire un incremento della capacità produttiva dell'isola fin sopra i 100 pezzi prodotti, senza sovraccaricare le risorse esistenti, come mostrato in Fig.4.4.

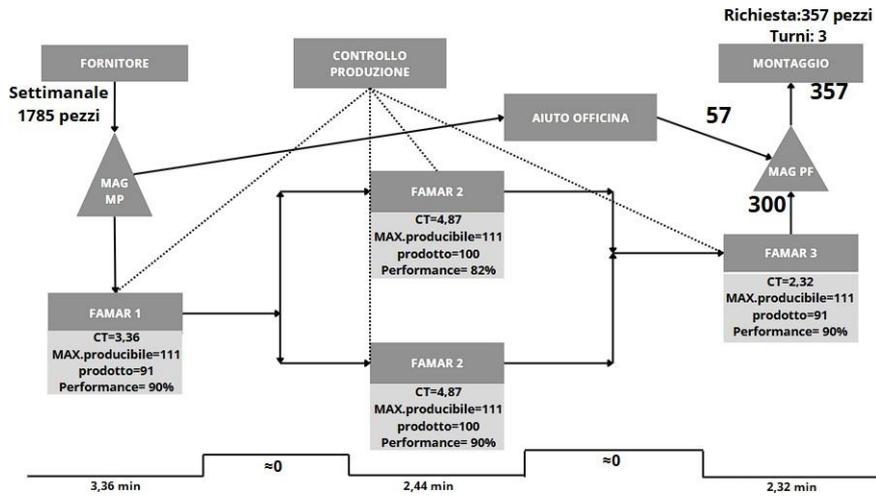


Figura 4.4. Future State Map

Tuttavia, intervenire ulteriormente sull'isola produttiva risulta complesso a causa delle limitazioni e delle interdipendenze evidenziate. Occorre sottolineare che la *Value Stream Mapping* (VSM) rappresenta un modello teorico del flusso produttivo in condizioni ideali, senza considerare le perdite reali derivanti da guasti, manutenzioni straordinarie e fenomeni di degrado o usura degli impianti.

Essa consente di concentrare l'attenzione su specifici aspetti del processo, ma non sostituisce un'analisi completa dell'efficienza reale degli impianti.

Pertanto, una volta approfondite le opportunità di miglioramento relative al layout e al flusso produttivo, risulta prioritario analizzare i dati storici di guasto, manutenzione e disponibilità delle macchine, per valutare con maggiore precisione l'impatto delle inefficienze tecniche sulla capacità produttiva complessiva. Una gestione inefficace di questi fattori incide negativamente sulle prestazioni complessive del sistema produttivo, comportando un incremento dei costi operativi e una conseguente riduzione della competitività dell'impresa.

Capitolo 5

Analisi guasti e manutenzione

L'efficienza e la disponibilità dei macchinari costituiscono due parametri fondamentali per la valutazione delle prestazioni di un impianto produttivo, in particolare nel contesto del settore Automotive. Un'analisi accurata di tali indicatori consente di individuare criticità operative e inefficienze all'interno del sistema produttivo, offrendo alla direzione aziendale elementi oggettivi per orientare strategie di miglioramento e ottimizzazione dei processi. [4]

Tali considerazioni risultano pienamente applicabili all'isola di tornitura oggetto del seguente elaborato. Nel corso di questo capitolo, si propone un'analisi storica dei guasti verificatisi a partire dall'avviamento della linea, focalizzando l'attenzione sull'approccio manutentivo adottato fino ad oggi. L'obiettivo è individuare possibili criticità e aree di intervento migliorativo, con lo scopo di aumentare la capacità produttiva e contenere la frequenza dei guasti sulle macchine utensili FAMAR.

Partendo dai dati storici relativi ai guasti, vengono calcolati e analizzati diversi indicatori di performance manutentiva. Sulla base dell'individuazione dei guasti maggiormente impattanti, si procede all'impiego della tecnica **FMEA** (*Failure Mode and Effects Analysis*) per sviluppare un piano di intervento mirato al perfezionamento dell'approccio manutentivo esistente.

La manutenzione costituisce una funzione strategica all'interno dei sistemi produttivi industriali, poiché è orientata alla prevenzione dei guasti e al mantenimento della continuità operativa dei processi di lavorazione per la realizzazione del prodotto finito. Nel corso del tempo, l'approccio alla manutenzione ha subito un'evoluzione significativa, accentuata dall'adozione dei principi della Lean Production [5].

Storicamente, la manutenzione era concepita in chiave **reattiva**, ovvero come una necessità da affrontare esclusivamente in seguito a un guasto o a un fermo macchina. Questa visione, tuttavia, penalizza l'efficienza complessiva del sistema, generando tempi morti significativi e ritardi nella produzione, con conseguente impatto negativo sulla puntualità delle consegne. Tali inefficienze costituiscono una delle principali fonti di spreco che la filosofia Lean si propone di eliminare.

In alternativa all'approccio reattivo, si sono sviluppate due strategie manutentive più efficaci: la **manutenzione preventiva** e la **manutenzione predittiva**.

La **manutenzione preventiva** si basa sull'esecuzione programmata di interventi periodici, indipendentemente dalle effettive condizioni operative del macchinario. Essa prevede l'elaborazione di piani manutentivi strutturati, supportati da software gestionali che raccolgono e analizzano dati storici e operativi. Questo approccio consente una riduzione significativa dei guasti improvvisi, ma presenta alcune limitazioni. In particolare, i guasti possono comunque verificarsi nel periodo compreso tra due interventi programmati, rendendo necessarie azioni correttive straordinarie con conseguente incremento dei costi. Inoltre, l'esecuzione di interventi non sempre necessari comporta il rischio di "over-maintenance", ovvero una manutenzione superflua che compromette l'ottimizzazione dei costi.

La **manutenzione predittiva** rappresenta un'evoluzione dell'approccio preventivo e si fonda su un principio di intervento proattivo, basato sull'analisi delle condizioni reali dei macchinari. Essa si avvale di sensori e sistemi di monitoraggio in tempo reale, in grado di rilevare segnali deboli quali vibrazioni, temperatura e rumore, al fine di identificare precocemente potenziali anomalie o difetti. Tale approccio consente di pianificare gli interventi manutentivi in prossimità del guasto atteso, ottimizzando i costi e riducendo al minimo i tempi di fermo non pianificati.

Sebbene entrambe le strategie condividano l'obiettivo di mantenere in efficienza il parco macchine, la manutenzione predittiva si distingue per l'elevato livello di accuratezza e tempestività, rendendola la metodologia più aderente alla logica della Lean Production e più vantaggiosa nell'ottica dell'eccellenza operativa.

5.1 Analisi guasti e KPI

L'insieme di dati che sono analizzati nella presente trattazione è estrapolato dal software gestionale aziendale SAP. Quando si verifica un guasto o si rileva un allarme in un'apparecchiatura, il responsabile del turno deve registrare immediatamente l'evento all'interno del sistema, secondo le procedure operative previste.

Nel database di SAP i dati si possono trovare con le voci:

- **Ubicazione**

Serve per indicare in fase di estrapolazione dati a quale UTE di lavorazione fanno riferimento

- **Tipo Avviso**

Rappresenta la tipologia di avviso che è stata inserita su SAP.

I guasti sono segnati con Z1

- **Definizione equipment**

Nome del macchinario

- **Testo breve avviso**

Il testo con cui si spiega la motivazione dell'avviso prevede:

- **Data inizio guasto**

- **Data fine guasto**

- **Ora inizio guasto**

- **Ora fine guasto**

- **Data avviso**

- **Ora avviso**

Dopo aver estrapolato dal database tutti i guasti del periodo che intercorre tra il 2020 e il 2024, al fine di garantire una visione più strutturata e di entrare maggiormente nel dettaglio delle criticità e delle ricorrenze dei fermi macchina, si è eseguita una classificazione di tutti i guasti indicando qual è stato effettivamente l'impatto determinato dal guasto, quali sono le varie alternative di manutenzione eseguita e infine qual è la sua natura.

Le tipologie di guasto sono classificate come:

- **Guasto meccanico**

Include malfunzionamenti riconducibili a danneggiamenti, usura o disallineamenti di componenti puramente meccanici, quali mandrini, torrette, alberi, guide lineari o elementi in movimento. Questa tipologia di guasto deriva generalmente da cause fisiche dipendenti dal ciclo operativo o all'invecchiamento dei materiali.

- **Guasto mecatronico**

Questa categoria comprende guasti in cui il componente coinvolto è meccanico, ma l'origine del malfunzionamento è di tipo elettronico. I problemi si manifestano tipicamente attraverso errori di funzionamento, attuazione non corretta o mancata esecuzione dei movimenti, dovuti a malfunzioni del sistema di controllo, del software o dell'alimentazione elettrica, piuttosto che da un difetto meccanico intrinseco.

- **Guasto pneumatico**

Comprende tutte le anomalie relative al sistema di alimentazione ad aria compressa. Le cause principali sono riconducibili a perdite o danneggiamenti di valvole, tubazioni o cilindri pneumatici, che possono compromettere le movimentazioni automatiche o il corretto funzionamento di dispositivi come sportelli, pinze o sistemi di presa dei pezzi.

- **Guasto idraulico/fluidico**

Riguarda malfunzionamenti nei circuiti idraulici o fluidici, inclusi quelli per la gestione dell'olio e dei liquidi refrigeranti. Le principali problematiche includono perdite nei condotti, pressioni non conformi agli standard di funzionamento e difetti nei componenti di regolazione del flusso, quali valvole e pompe.

- **Guasto elettrico/elettronico**

Questa tipologia comprende guasti relativi a componenti elettrici ed elettronici, come inverter (drive), schede di controllo, alimentatori, cavi di trasmissione e sensori. Poiché tali guasti possono influire anche sul comportamento di componenti meccanici, si verifica spesso una sovrapposizione con la categoria dei guasti mecatronici.

- **Guasto di controllo o software**

In questa categoria rientrano le anomalie derivanti da malfunzionamenti nei sistemi di controllo logico (**PLC** – *Programmable Logic Controller*) e nei sistemi di controllo numerico (**CNC** – *Computer Numerical Control*). Il PLC rappresenta il centro

di controllo della macchina, responsabile dell'elaborazione dei segnali provenienti da sensori, pressostati e finecorsa, e dell'attivazione delle operazioni successive attraverso attuatori, valvole e motori. Il CNC, invece, gestisce le traiettorie e le operazioni ad alta precisione, come il movimento degli assi e il controllo degli utensili, risultando fondamentale per garantire la qualità geometrica delle lavorazioni.

- **Guasto termico**

Comprende malfunzionamenti causati da inefficienze nei sistemi di raffreddamento o da surriscaldamenti anomali. Tali guasti possono avere effetti negativi sia sui singoli componenti meccanici sia sull'intero processo produttivo, compromettendo la stabilità operativa della linea.

A seguito della classificazione funzionale delle segnalazioni di guasto, sono stati calcolati tre *Key Performance Indicator (KPI)* fondamentali per la valutazione delle prestazioni dell'impianto in relazione alla gestione dei malfunzionamenti. Tali indicatori consentono un'analisi quantitativa dell'efficacia e dell'efficienza del sistema manutentivo adottato.

MTTR (*Mean Time to repair*)

Il MTTR rappresenta il tempo medio necessario per eseguire la riparazione di un guasto e ripristinare il normale stato operativo del macchinario o del componente interessato. Questo indicatore è essenziale per valutare la rapidità e l'efficacia dell'intervento manutentivo.

Valori ridotti di MTTR indicano un'elevata efficienza operativa del reparto manutenzione, che può derivare da un buon livello di formazione del personale tecnico, da una gestione ottimale dei ricambi, oppure dalla semplicità degli interventi richiesti. Un basso MTTR può anche riflettere l'efficacia delle strategie di manutenzione preventiva o predittiva, che contribuiscono a mantenere in condizioni ottimali sia i macchinari che i loro componenti.

MTBF (*Mean Time between failure*)

Il MTBF esprime il tempo medio di funzionamento di un'attrezzatura tra due guasti consecutivi, escludendo i fermi macchina dovuti a operazioni pianificate come il setup o la manutenzione preventiva. È un parametro fondamentale per valutare l'affidabilità del macchinario lungo il suo ciclo di vita e per stimare la frequenza dei guasti. A differenza del MTTR, il MTBF non misura la durata della riparazione, ma la ricorrenza dei guasti: un valore elevato di MTBF indica una maggiore affidabilità, in quanto i guasti si verificano con minore frequenza. Per questo motivo, MTTR e MTBF devono essere analizzati congiuntamente, al fine di ottenere un quadro completo delle prestazioni manutentive.

DISPONIBILITA' (*Availability*)

La disponibilità operativa (Availability) è un indicatore derivato dall'integrazione analitica dei parametri MTTR e MTBF. Esprime la percentuale di tempo in cui un macchinario è effettivamente disponibile per la produzione rispetto al tempo totale in cui avrebbe potuto essere operativo. L'indicatore tiene conto sia della frequenza dei guasti (MTBF), sia della rapidità con cui gli stessi vengono risolti (MTTR), ed è calcolato secondo la seguente formula:

$$Availability = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$$

Un valore elevato di disponibilità riflette un'elevata affidabilità e reattività del sistema manutentivo, oltre che una buona efficienza complessiva dell'impianto.

5.1.1 FAMAR 1

Segnalazione guasto	Tipologia guasto	Descrizione - Impatto del guasto	Legame con manutenzione (intervento pratico)	Tempo fermo macchina [ore]	Numero di segnalazioni
Anomalia ciclo lavorazione più perdita aria	Pneumatico + Software	Interruzione ciclo + perdita di pressione, macchina si arresta	Controllo e riparazione perdite sui tubi aria, reset ciclo e verifica stato valvole pneumatiche	677,59	1
Guasto cuscinetti mandrino	Meccanico	Rumorosità e surriscaldamento	Sostituzione cuscinetti	8	2
Allineare testa revolver	Meccanico	Testa disallineata causa errori di posizionamento	Allineamento manuale della testa revolver tramite strumenti di riferimento	640,92	1

Anomalia funzionamenti	Meccatronico - Elettrico	Azionamenti di mandrino e torretta non rispondono, la macchina resta ferma	Diagnosi con software CN, sostituzione o ripristino drive difettoso	524,55	3
Anomalia asse A	Meccatronico	L'asse A non si muove correttamente, blocco lavorazione	Verifica encoder e motore, controllo cavi segnale/ alimentazione, sostituzione se necessario	424,85	1
Anomalia azionamento torretta	Meccatronico	Torretta non ruota o ruota male, interruzione ciclo	Diagnosi motore/driver torretta, sostituzione azionamento o riparazione componenti	281,04	1
Anomalia asse A	Meccatronico	L'asse A non si muove correttamente, blocco lavorazione	Verifica encoder e motore, controllo cavi segnale/ alimentazione, sostituzione se necessario	424,85	1
Anomalia azionamento torretta	Meccatronico	Torretta non ruota o ruota male, interruzione ciclo	Diagnosi motore/driver torretta, sostituzione azionamento o riparazione componenti	281,04	1

Anomalia bloccaggio pezzo	Pneumatico - Meccanico	Il pezzo non è serrato correttamente, ciclo non avviabile	Controllo gruppo di serraggio, verifica cilindro, elettrovalvole, pulizia o sostituzione guarnizioni	235,09	2
Non si accende	Elettrico	Nessuna alimentazione, macchina completamente spenta	Verifica quadro elettrico, sostituzione fusibili o alimentatore, interruttore principale	198,38	2
Testina motorizzata T4 bloccata	Meccanico	Testina bloccata, impossibilità di eseguire operazioni con l'utensile	Smontaggio testina, sblocco meccanico, verifica cuscinetti o organi interni	175,15	1
In allarme non si resetta	Elettronico - PLC	Allarme persistente, blocco macchina	Diagnosi software PLC, verifica logici di reset, ripristino parametri se corrotti	127,36	1
Presa elemento	Pneumatico - Robotico	Il robot non riesce a prendere il pezzo, blocco linea automatica	Verifica ventose/pinze, regolazione pressione aria, sostituzione sensori o attuatori	122,83	5

5.1 – Analisi guasti e KPI

Pressione gas refrigeratore	Termico - Refrigerazione	Pressione gas fuori range < refrigeratore non funziona correttamente	Verifica livello gas, controllo pressostati, ripristino pressione tramite ricarica refrigerante	115,58	3
Attendere il collegamento con l'NC/PLC	Software - Comunicazione	La macchina non avvia perché non comunica con CN/PLC	Verifica cavi di rete, reset PLC/CN, controllo schede di comunicazione	108,15	1
Si spegne	Elettrico	Arresto improvviso della macchina	Controllo alimentazione generale, verifica interruttori, ricerca guasti su scheda alimentazione	107,84	1
Torretta non allineata	Meccanico	Torretta fuori posizione < impossibile cambio utensile o lavorazione	Allineamento manuale torretta, verifica sensori di posizione	97,41	1
Anomalia rotazione torretta	Meccatronico	Torretta non ruota < impossibilità di cambio utensili o di proseguimento ciclo	Diagnosi azionamento rotazione, controllo sensori, ripristino meccanico o sostituzione motore	86,04	1
Macchina in emergenza	Elettrico - PLC	Ciclo bloccato, sistema in 53 arresto d'emergenza	Verifica stato pulsanti emergenze, controllo cablaggio sicurezza, reset generale macchina	85,01	2

Anomalia frigo pressione gas	Termico - Re- frigerazione	Pressione gas anomala < rischio di surriscaldamento	Controllo refri- geratore, puli- zia filtri, veri- fica pressosta- ti e ripristino parametri	83,12	1
Anomalia azio- namento asse A	Meccatronico	Asse A non si riferenzia, macchina non avviabile	Verifica drive asse, controllo encoder, rilan- cio referenzia- zione tramite CN	79,67	1
Controllare allineamento mandrino	Meccanico	Mandrino disallineato < possibili errori di lavorazione	Controllo posizione mandrino, regolazione meccanica allineamen- to, eventuale controllo flangia	71,72	1
Perdita acqua	Idraulico - Ter- mico	Perdita da circuiti re- frigerante < rischio surriscaldamento o danni elettrici	Identificazione punto perdita, sostituzio- ne tubi o guarnizio- ni, rabbocco fluido	49,98	1
Perdite aria Famar 1-2-3	Pneumatico	Perdita aria diffusa < calo di efficien- za, problemi con attuatori pneumatici	Ricerca punto di perdita, sostituzione tubi, raccordi, fascette o valvole	44,80	1

Perdita aria	Pneumatico	Perdita generica di aria < può causare malfunzionamenti su organi pneumatici	Ricerca perdita, riparazione o sostituzione di tubi, guarnizioni o componenti	44,00	5
Sostituzione Euchner difettoso	Sicurezza - Elettrico	Microinterruttore Euchner guasto < blocco apertura/chiusura porta sicurezza	Sostituzione microinterruttore Euchner con componente nuovo, verifica cablaggio	35,37	1
Sportello non apre	Meccatronico - Sicurezza	Impossibilità di aprire sportello < accesso negato alla cella/macchina	Verifica blocco elettromagnetico, controllo Euchner, sblocco manuale se previsto	34,88	1
Anomalia rotazione torretta	Meccatronico	Torretta non ruota < fermo produzione per impossibilità cambio utensile	Verifica motore rotazione, drive e sensori, riallineamento torretta, ripristino	31,82	1
Anomalia esce fumo da sopra	Elettrico - Termico	Presunto surriscaldamento o corto circuito < rischio incendio, macchina bloccata	Ispezione cablaggi, controllo ventole/raffreddamento, test quadri elettrici, messa in sicurezza	31,28	1

Anomalia serraggio pezzo in lavorazione	Meccanico	Serraggio inefficace < pezzo instabile, possibile scarto o collisione	Verifica ganasce, cilindri di serraggio, controllo sensori presa e sistema idraulico/pneumatico	29,02	1
Collisione torretta	Meccanico	Impatto fisico torretta < possibile disallineamento e danneggiamento utensili	Allineamento torretta, verifica utensili, controllo giochi meccanici e sensori	29,02	1
Anomalia sensore presa pezzo	Elettrico - Sensori	Sensore non rileva correttamente il pezzo < errore ciclo, macchina si blocca	Test sensore, pulizia ottica/meccanica, sostituzione sensore o ripristino segnale	28,26	1
Verificare allineamento torretta	Meccanico	Possibile disallineamento torretta < problemi in lavorazione e cambio utensili	Controllo posizione, riallineamento manuale, verifica sensori e feedback elettronici	25,78	2
Anomalia azionamento assi	Elettrico - Drive	Uno o più assi non rispondono < fermo macchina	Controllo drive e motori, reset errori, verifica alimentazione e sensori	25,15	1
Torretta da allineare	Meccanico	Torretta disallineata < errore ⁵⁶ di lavorazione o cambio utensile	Riallineamento meccanico/elettronico della torretta, verifica encoder	23,76	1
Perdita refrigerante da pressostato	Idraulico - Meccanico	Fluido refrigerante fuoriesce < rischio	Sostituzione o riparazione	22,12	1

			pressostato e		
--	--	--	---------------	--	--

Allineamento torretta	Meccanico	Torretta fuori posizione < errore lavorazione	Riallineamento con sistema CN, verifica encoder e attuatori	15,88	1
Anomalia asse U	Elettrico -Drive	Errore su asse U < blocco operazione associata (es. carico/scarico)	Verifica drive, encoder, reset allarme asse	15,78	1
Anomalia assi	Elettrico -Drive	Problema diffuso su più assi < macchina bloccata	Verifica parametri drive, test movimentazione manuale, reset, diagnosi CN	15,13	1
Tubo aria rotto	Pneumatico	Perdita di pressione < malfunzionamenti attuatori pneumatici	Sostituzione tubo danneggiato, test impianto per perdite	15,04	2
Anomalia frigo	Termico - Elettrico	Malfunzionamenti sistema refrigerante < surriscaldamento	Diagnosi frigo, pulizia scambiatori, verifica livello fluido e ventole	14,97	1
Azionamento non pronto	Elettrico -Drive	Drive in errore < asse non disponibile	Controllo stato drive, reset, sostituzione modulo se necessario	14,25	1
Anomalia presa robot	Meccatronico	Errore presa robot < pezzo non manipolato correttamente	Verifica pinza, cilindro presa, controllo sensori presenza/pressione	11,88	1

Regolare corsa misuratore	Meccanico	Misuratore non arriva correttamente a posizione < errore misura	Registrazione meccanica della corsa, verifica attuatore, sensori	10,68	1
Scatta termica	Elettrico	Sovraccarico circuito < interruzione alimentazione	Controllo causa sovraccarico, verifica impianto e riarmo termico	10,42	1
Anomalia azionamenti assi	Elettrico - Drive	Uno o più assi non si muovono correttamente < fermo macchina	Diagnosi drive, reset, verifica cablaggi e motori, controllo parametri	10,09	1

Tabella 5.1. Lista segnalazioni più impattanti FAMAR 1

Durata media di un guasto MTTR	29,52
Tempo medio tra 2 guasti MTBF	114,23
AVAILABILITY	79,47%

Tabella 5.2. KPI FAMAR 1

Per la macchina **FAMAR 1**, nel periodo compreso tra il 2020 e il 2024, sono state registrate 180 segnalazioni di guasto. Ai fini della presente analisi sono stati considerati esclusivamente i guasti che hanno generato un fermo macchina superiore alle 10 ore, soglia individuata poiché eccedente alla durata di un turno standard di produzione (8 ore). Tale criterio ha condotto alla selezione di 70 eventi significativi, i quali hanno causato complessivamente un'interruzione del processo produttivo pari a 4981,32 ore, corrispondente al 93,75% del totale delle ore di fermo derivanti dalle 180 segnalazioni complessive. Ne consegue che il filtro adottato è pienamente rappresentativo e adeguato a una valutazione affidabile degli impatti e delle possibili strategie di miglioramento.

Nel contesto operativo considerato, la linea produttiva funziona su tre turni giornalieri da 8 ore ciascuno, al netto di 30 minuti di pausa per turno, per un totale di 22,5 ore lavorative al giorno. Considerando 230 giorni lavorativi annui, le ore di disponibilità teorica per la produzione ammontano a 5175 ore all'anno. Alla luce di questi dati, risulta evidente la rilevanza dell'impatto generato dai guasti: in un arco temporale di 5 anni, la

macchina FAMAR 1 ha accumulato un numero di ore di inattività pari all'intero potenziale produttivo di un anno, rappresentando una perdita significativa in termini di output industriale. A conferma della criticità della situazione, come si vede nella Tabella 3, l'indicatore di Availability si attesta al 79,5%, un valore decisamente inferiore rispetto agli standard attesi per un impianto del settore automotive, dove solitamente si richiedono valori superiori al 90%.

Il valore dell'indicatore **MTBF** si attesta su circa 114 ore, equivalenti a 4 giorni e 18 ore di funzionamento medio tra un guasto e il successivo. Sebbene tale prestazione non rispecchi ancora gli standard di affidabilità desiderati, rappresenta una base di partenza significativa per futuri interventi di ottimizzazione.

La criticità principale emerge tuttavia dall'analisi dell'indicatore **MTTR** che risulta pari a 29,52 ore. Questo valore indica che, mediamente, ogni guasto comporta più di un'intera giornata lavorativa di fermo macchina, con conseguente perdita produttiva e impatto negativo sull'efficienza complessiva dell'impianto.

Un MTTR così elevato è sintomatico di carenze nella gestione manutentiva, sia in termini di organizzazione che di tempestività ed efficacia degli interventi. Ciò evidenzia la necessità di una revisione strategica dell'approccio alla manutenzione, con l'introduzione di strumenti e metodologie più evolute e reattive, al fine di ridurre drasticamente i tempi di inattività e ottimizzare la performance del sistema produttivo.

5.1.2 FAMAR 2

Segnalazione guasto	Tipologia guasto	Descrizione - Impatto del guasto	Legame con manutenzione (intervento pratico)	Tempo fermo macchina [ore]	Numero di segnalazioni
Perdita olio idraulico	Meccanico	Fuoriuscita di olio da circuito idraulico, rischio fermo macchina	Individuazione perdita, sostituzione guarnizioni/-tubi	341,18	1
Torretta in collisione	Meccanico	Danno meccanico per urto, disallineamento	Controllo geometria, riallineamento, verifica sensori	301,57	1
Y11 errore hardware trasduttore	Elettrico - Elettronico	Errore lettura trasduttore asse, fermo macchina	Diagnosi elettronica, sostituzione trasduttore o scheda controllo	257,55	1
Foratura attacco flangia spostata	Meccanico -Qualità	Difetto geometrico su pezzo lavorato	Verifica utensile/ attrezzaggio, correzione programma	124,19	1
Refrigeratore KO	Elettrico - Termico	Impianto di raffreddamento non funziona, rischio surriscaldamento	Riparazione/ sostituzione refrigeratore, controllo livelli e flussi	95,97	1
Anomalia PLC	Elettrico - Elettronico	PLC non comunica, blocco funzioni automatiche ₆₁	Reset, verifica connessioni, sostituzione PLC	83,01	1
Perdita olio	Meccanico	Lubrificazione compromessa, rischio grippaggi	Ricerca punto perdita, sostituzione tubazioni o raccordi	68,02	2

Perdita aria	Meccanico - Pneumatico	Calo pressione aria, possibi- le blocco movi- mentazioni	Verifica im- pianto aria, riparazione tubi, raccordi	63,80	2
Anomalia pressione refrigerante	Elettrico - Ter- mico	Pressione ano- mala, rischio inefficiacia refrigerazione	Verifica pres- sostato, livello e circuito refrigerante	58,12	1
CN KO	Elettrico - Elettronico	Controllo numerico non opera- tivo, fermo completo	Riavvio, veri- fica alimenta- zione, sostitu- zione scheda o modulo	49,40	1
Allineamento torretta	Meccanico	Torretta disal- lineata, rischi di collisione o lavorazioni er- rate	Riallineamento tramite ciclo o manua- le, verifica encoder	47,94	1
Valvola in blocco	Meccanico -Pneuma- tico	Blocco valvo- la attuazione, mancata fun- zione (aria/o- lio)	Smontaggio, pulizia o so- stituzione valvola	44,99	1
Sorveglianza profilo asse Z	Elettronico	Controllo errore su mo- vimento asse Z	Verifica sen- sori/encoder, controlli software	43,27	1
Rottura viti perno foro spina	Meccanico	Parti di fissaggio rot- te, rischio allentamenti	Sostituzione viti/perni, verifica coppie serraggio	38,72	1

Riparo interno bucato	Meccanico -Sicurezza	Protezione danneggiata, rischio sicurezza	Sostituzione lamiera o riparo danneggiato	32,96	1
Anomalia azionamento	Elettrico -Meccatronico	Assi non si muovono correttamente, fermo macchina	Diagnosi servoazionamento, sostituzione drive o motore	30,20	2
Anomalia braccio Marposs	Meccatronico - Qualità	Sistema di misura non si muove o legge male	Controllo braccio, sostituzione sensori/attuatori	29,72	1
Anomalia hardware asse Z	Elettrico - Elettronico	Errore elettronico asse Z, non esegue movimenti	Diagnosi scheda, sostituzione encoder o drive	26,23	1
scheda A/D	Elettrico - Elettronico	Problema conversione segnale, dati non corretti	Sostituzione scheda A/D	21,52	2
Fotocellula presenza pezzo	Elettrico -Sensori	Rilevamento pezzo errato o assente	Pulizia o sostituzione fotocellula	16,80	1
Controllare allineamento torretta	Meccanico	Sospetto disallineamento, rischio collisioni o difetti lavorazione	Controllo geometrico e ripristino posizione torretta	16,30	1

Analisi guasti e manutenzione

Anomalia asse X	Elettrico - Meccatronico	Movimento errato o assente asse X, possibile blocco lavorazione	Verifica drive, motore e sensori asse	15,66	1
Anomalia pressostato refrigerante	Elettrico - Termico	Pressostato rileva pressione anomala, sistema refrigerante inefficiente	Controllo/ sostituzione pressostato, verifica circuito refrigerante	15,57	1
EV refrigerante	Meccanico -Elettrico	Elettrovalvola non funziona, interruzione flusso refrigerante	Verifica/ sostituzione elettrovalvola	13,42	1
Anomalia misuratore	Meccatronico - Controllo	Sistema di misura non attivo o rileva male, rischio errore dimensionale	Pulizia/sostituzione, verifica attuatori	13,23	1
Anomalia PEL	Elettrico - Sicurezza	Anomalia circuito di sicurezza (PEL = Protezione Elettromeccanica Locale)	Verifica contatti, cavi, centralina sicurezza	12,88	1
Anomalia carico/ scarico pezzo	Meccatronico - Automazione	Blocco nella movimentazione pezzo, rischio fermo ciclo	Diagnosi pneumatica o automatismi, controllo fincorsa/sensori	10,99	1
Perdita di refrigerante da pressostato	Meccanico	Gocciolamento o perdita evidente vicino al pressostato	Serraggio raccordi, sostituzione guarnizioni o pressostato	10,82	1

Robot in anomalia	Meccatronico - Robotica	Robot non risponde o fuori ciclo	Diagnosi PLC/robot, reset o intervento assistenza tecnica	10,12	1
Anomalia sistema misura asse Z	Elettronico - Controllo	Rilevamento posizione errato sull'asse Z, rischio lavorazioni errate	Verifica sensore/ trasduttore, ritaratura	9,99	1
Non apre dosatore allo scarico pezzo	Pneumatico - Meccanico	Blocco evacuazione pezzo, interruzione ciclo	Controllo attuatore, elettrovalvola o ostruzioni meccaniche	9,98	1
Anomalia posizionamento tastatore	Meccatronico - Controllo	Tastatore non scende correttamente o perde la posizione	Verifica guida, attuatore pneumatico/ elettrico	9,83	1
Anomalia asse A	Meccatronico	L'asse A non si muove correttamente, blocco lavorazione	Verifica encoder e motore, controllo cavi segnale/ alimentazione, sostituzione se necessario	424,85	1
Anomalia azionamento torretta	Meccatronico	Torretta non ruota o ruota male, interruzione ciclo	Diagnosi motore/driver torretta, sostituzione azionamento o riparazione componenti	281,04	1

Tabella 5.3. Lista segnalazioni più impattanti FAMAR 2

Durata media di un guasto MTTR	16,39
Tempo medio tra 2 guasti MTBF	181,13
AVAILABILITY	91,70%

Tabella 5.4. KPI FAMAR 2

Per la macchina FAMAR 2 sono state registrate 131 segnalazioni di guasto, per un

totale complessivo di 2147,54 ore di fermo macchina, valore pari a meno della metà di quanto osservato nel caso della FAMAR 1. Nel sistema gestionale SAP, le anomalie relative alla FAMAR 2A e 2B vengono inserite sotto un'unica voce, in quanto si tratta di due unità identiche, caratterizzate da funzionalità equivalenti, configurazione operativa condivisa e un piano manutentivo comune.

Come già eseguito per l'analisi della FAMAR 1, si è proceduto con l'estrazione e la valutazione delle 36 segnalazioni di guasto più rilevanti, ossia quelle che hanno comportato un'interruzione del processo produttivo superiore alla durata di un turno lavorativo standard (8 ore). Tali eventi, pur costituendo una parte minoritaria del totale, hanno generato 1923,95 ore di inattività, corrispondenti **all'89,6% delle ore totali di fermo macchina** registrate. Questo conferma anche in questo caso l'opportunità di concentrare l'analisi su tali guasti, in quanto altamente rappresentativi del comportamento reale dell'impianto. A differenza della FAMAR 1, l'indicatore di **Availability** mostra un valore positivo (Tabella 5), con una disponibilità operativa superiore al 90%. In un contesto produttivo ad alta intensità come quello automotive, tale risultato costituisce un segnale incoraggiante, purché non si riscontrino altre criticità di natura tecnica o organizzativa.

Anche il valore dell'indicatore **MTBF** si colloca su livelli soddisfacenti, con una media di circa un guasto ogni 7 giorni. Questo intervallo operativo è considerato adeguato per i ritmi e le caratteristiche del processo analizzato, garantendo margini gestionali compatibili con interventi manutentivi pianificati.

L'indicatore che presenta le maggiori criticità operative è invece il **MTTR**. Nonostante il valore risulti inferiore rispetto alla FAMAR 1, con una media di 16 ore per ciascun intervento correttivo, il tempo di ripristino risulta comunque elevato. Questo comporta la perdita di due turni produttivi consecutivi per ogni guasto significativo, con impatti rilevanti sulla produttività complessiva e sulla capacità di mantenere la continuità operativa. Si rende pertanto necessario un approfondimento mirato sui guasti che hanno maggiormente contribuito all'elevato MTTR, al fine di individuare le cause prevalenti e definire azioni correttive efficaci sul piano manutentivo.

5.1.3 FAMAR 3

Segnalazione guasto	Tipologia guasto	Descrizione - Impatto del guasto	Legame con manutenzione (intervento pratico)	Tempo fermo macchina [ore]	Numero di segnalazioni
Non lavora l'asse X	Elettrico - Drive	L'asse X è inattivo, blocco lavorazione e movimenti	Verifica drive, cablaggio motore, encoder e diagnostica CN	975,66	1
Anomalia PLC	Elettrico - Elettronico	Comando non ricevuto o sequenza ciclo interrotta	Controllo stato PLC, diagnosi e possibile sostituzione scheda	174,21	1
Anomalia pressione gas	Termico - Fluido	Pressione gas refrigerante fuori range, inefficienza raffreddamento	Verifica pressostati, carico gas, eventuale perdita	156,29	1
Non tiene le misure (STRUMENTO MISURA)	Meccanico - Elettronico	Scostamenti dimensionali sui pezzi, controllo qualità compromesso	Controllo e ritaratura strumento di misura, verifica giochi meccanici	67,95	1
Molla bilanciamento rotta	Meccanico	Molla danneggiata, perdita equilibrio su movimentazione verticale	Sostituzione molla bilanciamento	49,83	1
Anomalia filtri refrigeranti intasati	Termico - Fluido	Raffreddamento inefficace, rischio sovratemperatura utensile o mandrino	Pulizia o sostituzione filtri refrigerante	37,49	1

5.1 – Analisi guasti e KPI

Anomalia timeout misuratore	Elettrico-PLC	Il tastatore o strumento di misura non risponde entro il tempo previsto	Verifica collegamenti e sequenza PLC	26,98	1
Non salgono irrigiditori, perdita aria	Pneumatico - Meccanico	Rigidità struttura assente, rischio instabilità pezzo o lavorazione errata	Verifica perdite, attuatori, tubi e valvole	25,00	1
Anomalia sportello intermedio bloccato	Meccanico- Elettrico	Lo sportello non si apre/chiude correttamente, impedisce il ciclo macchina	Controllo attuatore, sensori, ostruzioni meccaniche	14,93	1
Anomalia pressostato refrigerante	Termico- Elettrico	Sensore pressione refrigerante in errore, arresto sicurezza	Controllo pressostato, sostituzione se guasto	14,35	2
Anomalia perdita aria	Pneumatico	Perdita di aria compressa, impatti su attuatori e movimentazioni	Ricerca perdite, sostituzione tubi/giunti	13,40	1
Time out posizionatore elemento	Meccanico- Elettrico	Il posizionatore pezzo non arriva in tempo, blocco della sequenza	Diagnosi su attuatore, controlli meccanici ed elettrovalvola	12,59	1
Valvola refrigerante non chiude	Termico- Meccanico	Refrigerante continua a fluire ^{6,9} , rischio perdite e sovrautilizzo	Ispezione valvola, sostituzione guarnizioni o corpo valvola	12,32	1

Sostituzione pipetta su trasporto	Meccanico	Ugello o elemento di trasporto danneggiato, rischio errata movimentazione	Sostituzione pipetta (componentistica trasporto)	12,31	1
Finecorsa manina ribaltatore	Elettrico- Sensori	Rilevamento posizione ribaltatore assente, errore ciclo	Controllo e sostituzione finecorsa	11,33	1
Anomalia tastatore	Meccanico-Elettronico	Tastatore non funziona, misure assenti o errate	Verifica collegamento, pulizia o sostituzione tastatore	10,16	1

Tabella 5.5. Lista segnalazioni più impattanti FAMAR 3

Durata media di un guasto MTTR	28,54
Tempo medio tra 2 guasti MTBF	410,02
AVAILABILITY	93,49%

Tabella 5.6. KPI FAMAR 3

Delle 59 segnalazioni di guasto totali registrate per la macchina in esame, sono state analizzate le prime 17 occorrenze, in quanto responsabili di circa il 96% delle ore complessive di fermo macchina accumulate tra il 2020 e il 2024, pari a 1684 ore. Tale valore risulta significativamente inferiore rispetto a quanto osservato sulle altre due unità FAMAR, indicando un comportamento prestazionale nettamente più efficiente.

La valutazione degli indicatori manutentivi principali dimostra quanto già emerso dall'analisi complessiva: l'**MTBF** è uguale a 410,02 ore, pari a circa 17 giorni lavorativi di operatività continua tra un evento di guasto e il successivo.

In coerenza con quanto indicato dall'**MTBF**, anche l'indicatore di **Availability** risulta elevato (Tabella 7), con valori prossimi al livello ottimale. La macchina mantiene un'elevata disponibilità operativa, essendo soggetta a un numero contenuto di guasti e a un utilizzo efficiente delle ore lavorative disponibili. Tuttavia, permane una criticità legata

al valore dell'MTTR. Sebbene la frequenza dei guasti sia contenuta, i tempi medi di ripristino si mantengono elevati, con valori paragonabili a quelli della FAMAR 1, la macchina con le performance più critiche della linea. Tale aspetto compromette parzialmente l'efficacia complessiva del sistema, rendendo necessaria un'analisi approfondita delle cause che determinano tali ritardi nei tempi di intervento, al fine di individuare azioni correttive e migliorative in ambito manutentivo

5.2 Analisi di Pareto

Gli indicatori KPI hanno fornito un primo livello di analisi utile a delineare il quadro generale delle criticità ricorrenti lungo la linea produttiva, offrendo una visione sintetica ma significativa delle principali inefficienze operative. In questo paragrafo, si vuole approfondire l'analisi attraverso l'utilizzo del diagramma di Pareto, uno strumento analitico che consente di identificare in maniera quantitativa le cause principali delle inefficienze operative, facilitando l'individuazione degli aspetti critici da approfondire nella successiva analisi FMEA.

Alla base del diagramma vi è il principio empirico 80/20, secondo cui l'80% dei risultati deriva da un 20% delle cause. Nel contesto analizzato, l'obiettivo è individuare quel limitato numero di guasti che risulta responsabile della maggior parte del tempo complessivo di fermo macchina, nonché le anomalie che si verificano con maggiore frequenza. Agendo su queste specifiche problematiche, è possibile conseguire un significativo miglioramento dell'efficienza operativa e della capacità produttiva complessiva dell'impianto.

Considerando che le segnalazioni dei guasti vengono inserite nel sistema gestionale SAP da operatori differenti, con possibili variazioni nella nomenclatura tra i diversi turni, si è resa necessaria una fase di normalizzazione e accorpamento delle voci. Pertanto, tra le oltre 70 segnalazioni analizzate, numerosi eventi riferiti al medesimo guasto ma descritti con diciture differenti sono stati raggruppati in categorie omogenee, successivamente rappresentate nel diagramma di Pareto come uniche voci aggregate.

In una fase successiva, per ottenere un livello di analisi più granulare, i guasti sono stati ulteriormente classificati in base alla tipologia tecnica (meccanica, elettrica, pneumatica, software, ecc.), al fine di confermare quanto emerso dalla prima aggregazione ed entrare nel dettaglio delle cause tecniche e manutentive associate.

Tale procedura analitica è stata applicata in modo coerente a oggetto dello studio, garantendo una visione comparativa strutturata e funzionale all'elaborazione di un piano

di miglioramento manutentivo mirato.

5.2.1 FAMAR 1

	TEMPO FERMO MACCHINA	PERCENTUALE SU TOTALE
ANOMALIE AZIONAMENTI	1525,97	31,29%
ANOMALIE ALLINEAMENTI PEZZI MECCANICI	923,73	18,94%
PERDITA GAS	766,39	15,72%
PERDITA GAS	766,39	15,72%
ANOMALIE NEL BLOCCAGGIO E SERRATURA DEI PEZZI	427,09	8,76%
PROBLEMI ALIMENTAZIONE ELET- TRICA	344,70	7,07%
ANOMALIE AL PLC O CN	235,51	4,83%
ANOMALIE FUNZIONAMENTO RE- FRIGERATORE	233,63	4,79%
TESTINA MOTORIZZATA T4 BLOC- CATA	175,15	3,59%
PERDITA FLUIDO	106,83	2,19%
SOVRACCARICO	41,70	0,86%
SOSTITUZIONE EUCHNER DIFETTO- SO PORTA CELLA	35,37	0,73%
SPORTELLO NON APRE	34,88	0,72%
TUBO ARIA ROTTO	15,04	0,31%
REGOLARE CORSA MISURATORE	10,68	0,22%

Tabella 5.7. Tempo fermo macchina dei guasti FAMAR 1 per tipologia di segnalazione

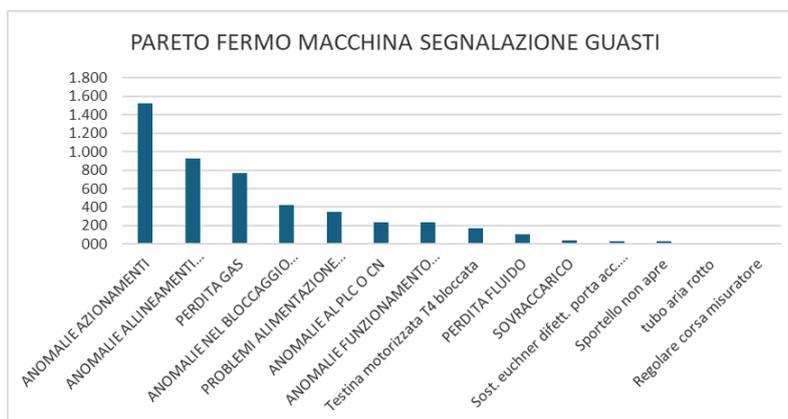


Figura 5.1. Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 1

	RICORSIVITA'	PERCENTUALE SUL TOTALE
ANOMALIE AZIONAMENTI	15	22,39%
ANOMALIE NEL BLOCCAGGIO E SERRATURA DEI PEZZI	10	14,93%
ANOMALIE ALLINEAMENTI PEZZI MECCANICI	9	13,43%
PERDITA GAS	7	10,45%
PERDITA FLUIDO	6	8,96%
ANOMALIE FUNZIONAMENTO REFRIGERATORE	5	7,46%
PROBLEMI ALIMENTAZIONE ELETTRICA	5	7,46%
ANOMALIE AL PLC O CN	2	2,99%
SOVRACCARICO	2	2,99%
TUBO ARIA ROTTO	2	2,99%
TESTINA MOTORIZZATA T4 BLOCCATA	1	1,49%
SOSTITUZIONE EUCHNER DIFETTOSO PORTA CELLA	1	1,49%
SPORTELLO NON APRE	1	1,49%
REGOLARE CORSA MISURATORE	1	1,49%

Tabella 5.8. Ricorsività dei guasti FAMAR 1 per tipologia di segnalazione



Figura 5.2. Analisi di Pareto in base alla ricorsività per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 1

I diagrammi di Pareto (Fig.5.1 e Fig.5.2) evidenziano chiaramente che la principale fonte di indisponibilità a livello operativo per la macchina FAMAR 1 è da attribuire a guasti degli azionamenti.

Circa il 32% delle ore di fermo macchina è attribuibile a malfunzionamenti che compromettono il corretto funzionamento di organi fondamentali come il mandrino, la torretta e, in generale, gli assi di lavorazione, con particolare riferimento a problemi di rotazione o posizionamento, ad esempio nella torretta. Tale criticità è confermata anche dall'analisi della frequenza, che colloca gli azionamenti al primo posto tra le principali famiglie di guasto in termini di ricorrenza.

Una seconda area critica, strettamente correlata, riguarda i problemi di allineamento dei componenti meccanici. Si evidenziano 923,73 ore di inattività causate da anomalie di posizionamento relative alla testa revolver, al mandrino o ad altri elementi chiave della macchina utensile, che compromettono l'avvio del ciclo di lavorazione.

Ulteriori criticità rilevanti sono rappresentate da perdite nel circuito pneumatico, responsabili del 15,72% del tempo di fermo, e da malfunzionamenti nei sistemi di bloccaggio del pezzo. Questi ultimi, che costituiscono la seconda causa più frequente di guasto, riguardano situazioni in cui il serraggio del pezzo non avviene correttamente, sia durante la lavorazione che durante il trasferimento tramite braccio robotico. In tali casi, i sistemi di controllo (PLC/CNC) rilevano segnali incoerenti e attivano misure di sicurezza bloccando il ciclo produttivo per prevenire danni ai componenti.

Includendo anche le anomalie legate all'alimentazione elettrica, che da sole generano 344,7

ore di fermo macchina, si raggiunge complessivamente circa l'80% delle ore totali di indisponibilità, a fronte di solo il 20% delle categorie di guasto analizzate. Questo dato conferma la validità del principio di Pareto all'interno dell'ambito produttivo.

È importante notare che, sebbene i guasti relativi all'alimentazione elettrica non risultino tra i più ricorrenti in termini di frequenza, l'impatto sul tempo totale di fermo è comunque rilevante. Pertanto, questa tipologia di anomalia, unitamente a quelle precedentemente descritte, dovrà essere opportunamente considerata nell'ambito dell'analisi FMEA, al fine di ridurre sia la frequenza che la durata delle interruzioni produttive e migliorare la resilienza complessiva del sistema.

	TEMPO FERMO MACCHINA	PERCENTUALE SU TOTALE
Meccatronico	1480,45	25,57%
Meccanico	1155,15	19,95%
Pneumatico	1151,24	19,88%
Software	870,75	15,04%
Elettrico	777,41	13,43%
Termico	264,91	4,58%
Idraulico	90,26	1,56%

Tabella 5.9. Tempo fermo macchina guasti FAMAR 1 per natura del guasto

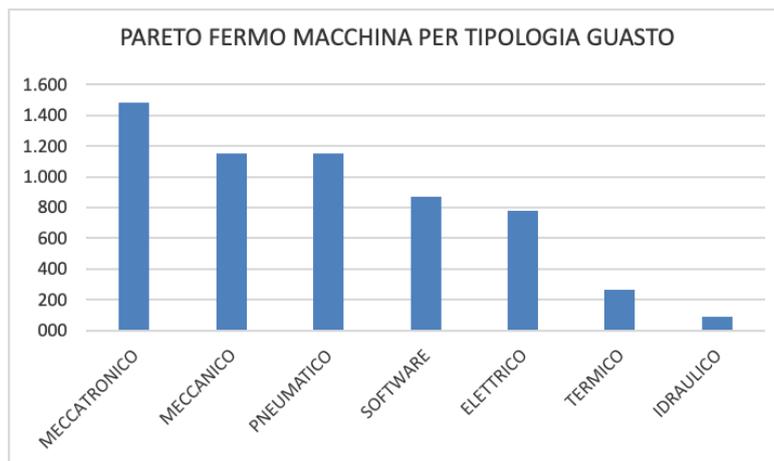


Figura 5.3. Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per natura del guasto FAMAR 1

	RICORSIVITA'	PERCENTUALE SU TOTALE
Meccatronico	19	25,68%
Meccanico	17	22,97%
Pneumatico	13	17,57%
Software	10	13,51%
Elettrico	6	8,11%
Termico	5	6,76%
Idraulico	4	5,41%

Tabella 5.10. Ricorsività guasti FAMAR 1 per natura del guasto

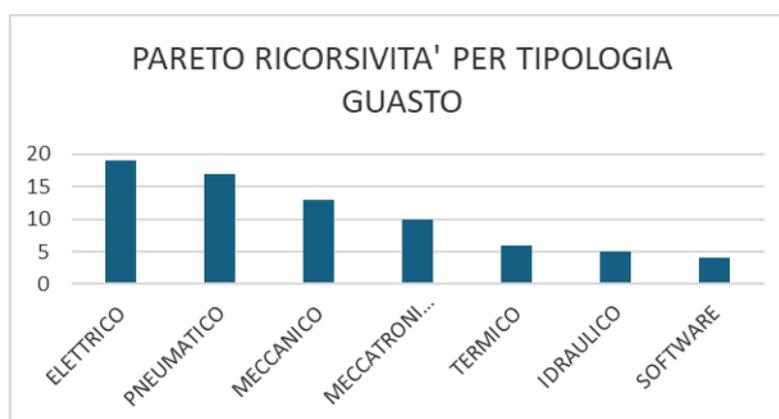


Figura 5.4. Ricorsività guasti FAMAR 1 per natura del guasto

Un'analisi di Pareto aggiuntiva (Fig.5.3 e Fig.5.4), condotta sulla base della classificazione tecnica dei guasti, consente di affinare ulteriormente la comprensione delle principali criticità emerse sulla macchina FAMAR 1, offrendo una prospettiva più qualitativa e ingegneristicamente orientata. Mentre l'analisi precedente, basata sulla frequenza delle segnalazioni, ha fornito un quadro quantitativo della distribuzione dei guasti, questa seconda valutazione permette di esplorare in modo più mirato la natura tecnica dei malfunzionamenti.

I risultati ottenuti confermano le evidenze emerse nei diagrammi precedenti: i guasti di tipo meccanico e meccatronico rappresentano le categorie con il maggior impatto in termini di fermo macchina. Ciò suggerisce la necessità di focalizzare l'attenzione su quei sottosistemi integrati in cui la stretta interazione tra componenti meccanici ed elementi di controllo elettronico può costituire un punto critico, come già osservato nei problemi legati all'azionamento degli assi e al funzionamento delle torrette.

Anche i guasti di natura pneumatica risultano rilevanti, sia per frequenza sia per impatto, a conferma delle problematiche già riscontrate in precedenza, quali perdite di pressione, malfunzionamenti di attuatori e danneggiamento di valvole, con conseguenti interruzioni nelle operazioni svolte da dispositivi automatizzati, come i robot di carico e scarico. Infine, i guasti elettrici si confermano tra i più ricorrenti, pur non rientrando tra quelli con il maggiore impatto in termini di indisponibilità operativa. La coerenza tra le evidenze emerse nelle diverse analisi eseguite rafforza la validità del processo valutativo adottato e fornisce un riscontro oggettivo sulle principali aree di intervento manutentivo per il miglioramento dell'affidabilità complessiva del sistema.

5.2.2 FAMAR 2

	TEMPO FER- MO MACCHI- NA	PERCENTUALE SU TOTALE
PERDITA OLIO	409,20	21,27%
ANOMALIA ALLINEAMENTO	385,63	20,04%
Y11 ERRORE HARDWARE TRASDUTTORE	257,55	13,39%
ANOMALIE AL PCL O CN	132,41	6,88%
FORATURA ATTACCO FLANGIA SPOSTATA	124,19	6,46%
ANOMALIA AZIONAMENTO	101,82	5,29%
REFRIGERATORE KO	95,97	4,99%
ANOMALIA PRESSIONE REFRIGERANTE	73,69	3,83%
PERDITA ARIA	63,80	3,32%

VALVOLA IN BLOCCO	44,99	2,34%
SORVEGLIANZA PROFILO ASSE Z	43,27	2,25%
ROTTURA VITI PERNO FORO SPINA	38,72	2,01%
RIPARO INTERNO BUCATO	32,96	1,71%
SCHEDA A/D	21,52	1,12%
FOTOCPELLULA PRESENZA PEZZO	16,80	0,87%
EV REFRIGERANTE	13,42	0,70%
ANOMALIA MISURATORE	13,23	0,69%
ANOMALIA PEL	12,88	0,67%
ANOMALIA CARICO/SCARICO PEZZO	10,99	0,57%
PERDITA DI REFRIGERANTE DA PRESSO-STATO	10,82	0,56%
ROBOT IN ANOMALIA	10,12	0,53%
NON APRE DOSATORE ALLO SCARICO PEZZO	9,98	0,52%

Tabella 5.11. Tempo fermo macchina dei guasti FAMAR 2 per tipologia di segnalazione



Figura 5.5. Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 2

	TEMPO FER- MO MACCHI- NA	PERCENTUALE SU TOTALE
ANOMALIA ALLINEAMENTO	5	13,89%
ANOMALIA AZIONAMENTO	5	13,89%
PERDITA OLIO	3	8,33%
ANOMALIE AL PCL O CN	2	5,56%
ANOMALIA PRESSIONE REFRIGERANTE	2	5,56%
PERDITA ARIA	2	5,56%
SCHEMA A/D	2	5,56%
Y11 ERRORE HARDWARE TRASDUTTORE	1	2,78%
FORATURA ATTACCO FLANGIA SPOSTATA	1	2,78%
REFRIGERATORE KO	1	2,78%
VALVOLA IN BLOCCO	1	2,78%
SORVEGLIANZA PROFILO ASSE Z	1	2,78%
ROTTURA VITI PERNO FORO SPINA	1	2,78%
RIPARO INTERNO BUCATO	1	2,78%
FOTOCELLULA PRESENZA PEZZO	1	2,78%
EV REFRIGERANTE	1	2,78%
ANOMALIA MISURATORE	1	2,78%
ANOMALIA PEL	1	2,78%
ANOMALIA CARICO/SCARICO PEZZO	1	2,78%
PERDITA DI REFRIGERANTE DA PRESSOSTATO	1	2,78%
ROBOT IN ANOMALIA	1	2,78%
NON APRE DOSATORE ALLO SCARICO PEZZO	1	2,78%

Tabella 5.12. Ricorsività dei guasti FAMAR 2 per tipologia di segnalazione

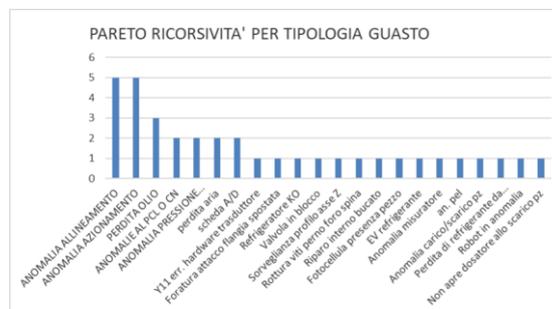


Figura 5.6. Analisi di Pareto in base alla ricorsività per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 2

	TEMPO FERMO MACCHINA	PERCENTUALE SU TOTALE
MECCANICO	970,88	47,81%
ELETTRICO	484,21	23,84%
TERMICO	169,66	8,35%
SOFTWARE	142,54	7,02%
PNEUMATICO	129,76	6,39%
MECCATRONICO	123,06	6,06%
IDRAULICO	10,82	0,53%

Tabella 5.13. Tempo fermo macchina guasti FAMAR 2 per natura del guasto

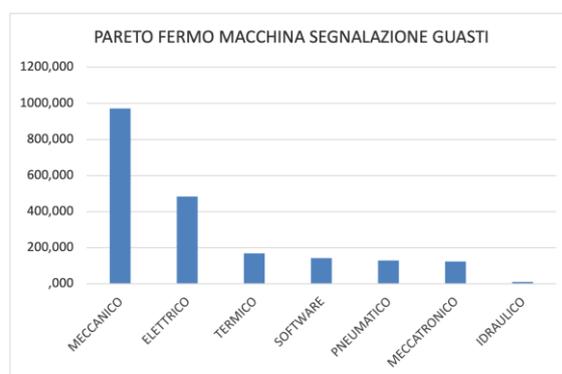


Figura 5.7. Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per natura del guasto FAMAR 2

	RICORSIVITA'	PERCENTUALE SU TOTALE
MECCANICO	9	23,68%
ELETTRICO	9	23,68%
MECCATRONICO	8	21,05%
PNEUMATICO	5	13,16%
SOFTWARE	3	7,89%
TERMICO	3	7,89%
IDRAULICO	1	2,63%

Tabella 5.14. Ricorsività guasti FAMAR 2 per natura del guasto

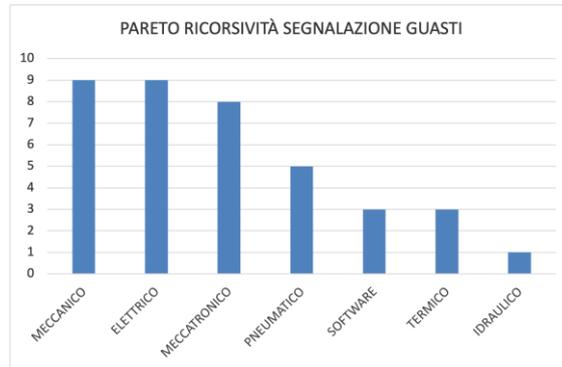


Figura 5.8. Analisi di Pareto in base alla ricorsività per natura del guasto FAMAR 2

L'analisi dei primi due diagrammi di Pareto (Fig. 12 e Fig. 13), evidenzia la ricorrenza di alcune tipologie di guasti già identificate nel caso della FAMAR 1, confermando la loro rilevanza anche per la FAMAR 2. In particolare, le anomalie legate agli azionamenti e agli allineamenti strutturali risultano tra le cause principali di indisponibilità operativa, con un'incidenza complessiva superiore all'80% del tempo totale di fermo macchina. Queste tipologie di guasto si configurano, inoltre, come le più frequenti, ciascuna con cinque segnalazioni registrate. Come mostrato nella Figura 14 e nella Figura 15, l'analisi incrociata con la classificazione per natura tecnica conferma ulteriormente la rilevanza delle problematiche meccaniche, che da sole costituiscono circa il 50% delle criticità rilevate sulla macchina.

La seconda categoria di guasti per impatto e frequenza è quella di natura elettrica. In particolare, le anomalie relative all'hardware del trasduttore hanno generato un totale di 484,21 ore di inattività, rappresentando un fattore significativo di inefficienza.

Emergono inoltre nuove criticità non rilevate come prioritarie nel caso della FAMAR 1. Le perdite di liquidi, in particolare olio lubrificante, mostrano un'incidenza maggiore rispetto al passato. Similmente, anche se con frequenza relativamente contenuta, i guasti software (inclusi malfunzionamenti a carico del controllo numerico CNC e del PLC) causano lunghi tempi di fermo e richiedono un'attenzione specifica nella fase di progettazione del piano manutentivo. Trattandosi di malfunzionamenti che interessano i sistemi di controllo e supervisione, è necessario considerare con attenzione il loro impatto sull'intera architettura della linea.

Rispetto alla FAMAR 1, i guasti di natura pneumatica risultano meno critici. Tuttavia, assume maggiore rilevanza la componente termica: sebbene non ricorrente, essa si

posiziona tra le prime tre categorie per tempo totale di indisponibilità. Il guasto più rappresentativo in tal senso è "refrigeratore KO", associato all'inefficienza del sistema di raffreddamento e al conseguente surriscaldamento della macchina, che può compromettere l'intero processo produttivo. Infine, tra le anomalie da considerare nella successiva analisi FMEA, assume particolare rilevanza la segnalazione riferita alla "foratura attacco flangia spostato".

Pur trattandosi di un evento isolato, il guasto ha richiesto ben 124,19 ore per essere risolto e ha comportato la produzione di pezzi non conformi a causa del difetto geometrico indotto da un utensile danneggiato. Si tratta di un guasto rilevante non solo per l'elevato tempo di fermo, ma anche per le conseguenze sulla qualità del prodotto finito.

5.2.3 FAMAR 3

	TEMPO FERMO MACCHINA	PERCENTUALE SU TOTALE
NON LAVORA ASSE X	975,66	60,42%
ANOMALIA PLC	174,21	10,79%
AN PRESSIONE GAS	156,29	9,68%
NON TIENE LE MISURE (STRUM. MISURA)	67,95	4,21%
MOLLA BILANCIAMENTO ROTTA	49,83	3,09%
NON SALGONO IRRIGIDITORI, PERDITA ARIA	38,39	2,38%
ANOMALIA FILTRI REFRIGERANTI INTASATI	37,49	2,32%
ANOMALIA TIMEOUT MISURATORE	26,98	1,67%
ANOMALIA SPORTELLO INTERMEDIO BLOCCATO	14,93	0,92%
ANOMALIA PRESSOSTATO REFRIGERANTE	14,35	0,89%
TIME OUT POSIZIONATORE ELEMENTO	12,59	0,78%
VALVOLA REFRIGERANTE NON CHIUDE	12,32	0,76%
SOSTITUZIONE PIPETTA SU TRASPORTO	12,31	0,76%
FINECORSA MANINA RIBALTATORE	11,33	0,70%
ANOMALIA TASTATORE	10,16	0,63%

Tabella 5.15. Tempo fermo macchina dei guasti FAMAR 3 per tipologia di segnalazione

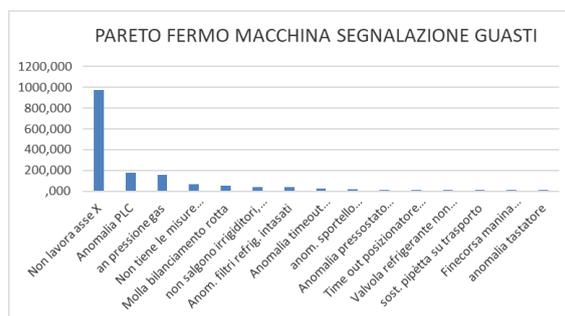


Figura 5.9. Analisi di Pareto in base al tempo fermo macchina per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 3

	RICORSIVITA'	PERCENTUALE SU TOTALE
NON SALGONO IRRIGIDITORI, PERDITA ARIA	2	11,76%
ANOMALIA PRESSOSTATO REFRIGERANTE	2	11,76%
NON LAVORA ASSE X	1	5,88%
ANOMALIA PLC	1	5,88%
AN PRESSIONE GAS	1	5,88%
NON TIENE LE MISURE (STRUM. MISURA)	1	5,88%
MOLLA BILANCIAMENTO ROTTA	1	5,88%
ANOMALIA FILTRI REFRIGERANTI INTASATI	1	5,88%
ANOMALIA TIMEOUT MISURATORE 1		5,88%
ANOMALIASPORTELLO INTERMEDIO BLOCCATO 1		5,88%
TIME OUT POSIZIONATORE ELEMENTO	1	5,88%
VALVOLA REFRIGERANTE NON CHIUDE	1	5,88%
SOSTITUZIONE PIPETTA SU TRASPORTO	1	5,88%
FINECORSA MANINA RIBALTATORE	1	5,88%
ANOMALIA TASTATORE	1	5,88%

Tabella 5.16. Ricorsività dei guasti FAMAR 3 per tipologia di segnalazione

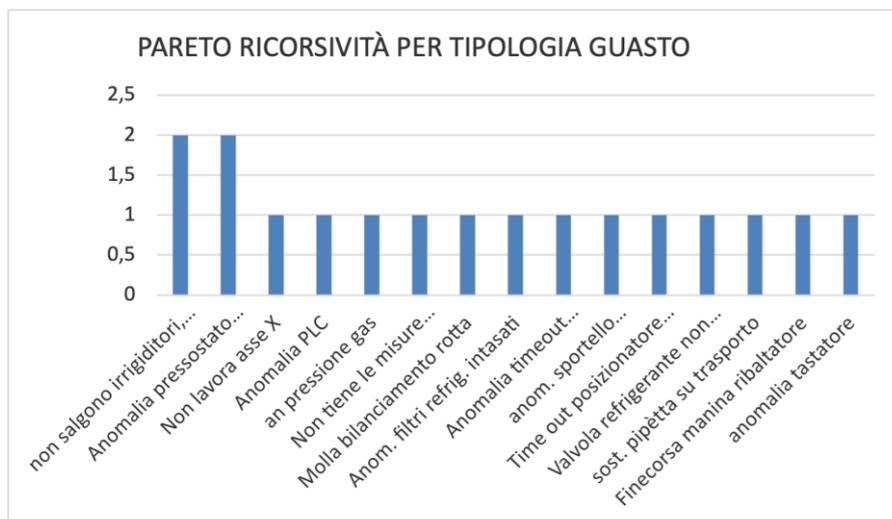


Figura 5.10. Analisi di Pareto in base alla ricorsività per tipologia di segnalazione guasto FAMAR 3

	TEMPO FERMO MACCHINA	PERCENTUALE SU TOTALE
ELETTRICO	986,99	59,74%
SOFTWARE	201,20	12,18%
TERMICO	170,64	10,33%
MECCANICO	167,41	10,13%
IDRAULICO	49,81	3,02%
PNEUMATICO	38,39	2,32%
MECCATRONICO	37,68	2,28%

Tabella 5.17. Tempo fermo macchina guasti FAMAR 3 per natura del guasto

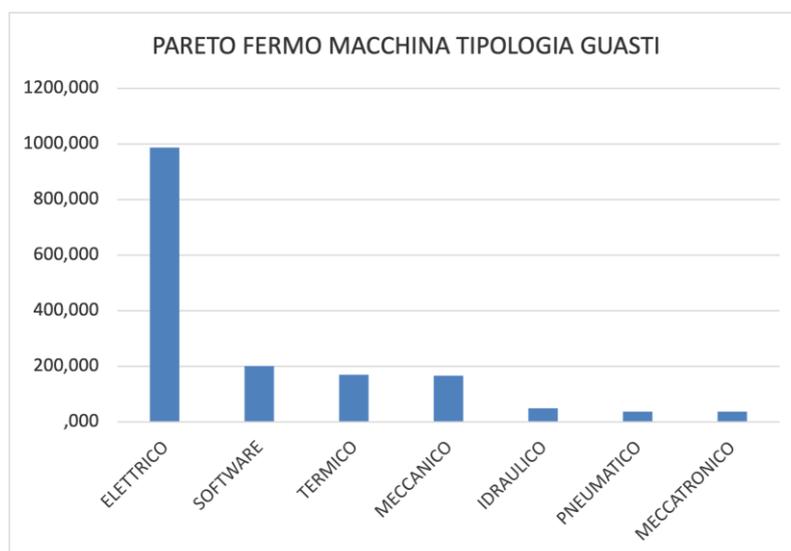


Figura 5.11. Analisi di Pareto in base alla ricorsività per natura del guasto FAMAR 3

	RICORSIVITA'	PERCENTUALE SU TOTALE
MECCANICO	5	22,73%
ELETTRICO	4	18,18%
TERMICO	4	18,18%
MECCATRONICO	3	13,64%
PNEUMATICO	2	9,09%
SOFTWARE	2	9,09%
IDRAULICO	2	9,09%

Tabella 5.18. Ricorsività guasti FAMAR 3 per natura del guasto

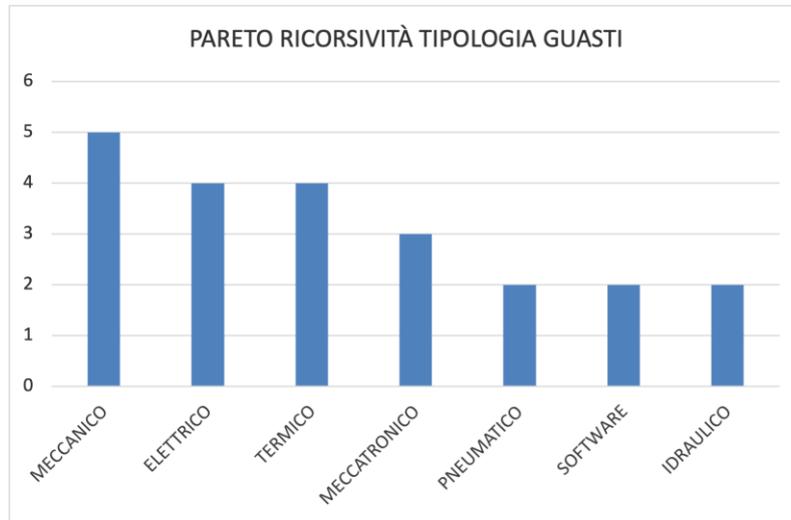


Figura 5.12. Analisi di Pareto in base alla ricorsività per natura del guasto FAMAR 3

L'analisi di Pareto (Fig.5.9,5.10,5.11,5.12 16,17,18,19) evidenzia come la FAMAR 3 rappresenti la macchina più stabile e bilanciata tra le tre, caratterizzata da un numero ridotto di guasti e da una bassa frequenza di occorrenza, sebbene risulti particolarmente suscettibile a quelli ad alto impatto. La criticità più evidente è quella dei guasti elettrici, a causa della segnalazione “non lavora asse x”; rappresentano più della metà dei tempi di fermo macchina, nei *failure* mode bisognerà sicuramente ragionare su come comportarsi di fronte a questo problema dell'interfaccia elettrica dell'asse x che lo ha tenuto bloccato per più di 975 ore.

Al secondo posto troviamo i guasti di software e di controllo, a conferma che le anomalie del PCL o CN non avvengono spesso, ma quando accadono sono molto critiche, poiché, essendo problemi logici, non è mai facile diagnosticare il problema velocemente, infatti per sole 2 segnalazioni, l'indisponibilità è stata maggiore di 200 ore.

La terza voce che prendiamo in considerazione dal primo diagramma per completare l'80% è l'analisi pressione gas, un guasto termico legato ad una pressione errata del gas refrigerante che necessita di monitoraggio costante per prevenire il rischio di surriscaldamento del sistema. La classificazione per natura conferma che con una frequenza di 4 guasti e le circa 170 ore di indisponibilità sono la terza famiglia critica di anomalie della FAMAR 3. Le componenti meccatroniche e pneumatiche sono meno frequenti e impattanti che in precedenza, a differenza di quella meccanica che si conferma sempre molto importante

da controllare in tutte le macchine, in questo caso per usura o rottura di strumenti come quelli di misura o la molla di bilanciamento, ferma per quasi 50 ore, a conferma di come la maggior parte delle criticità di questa apparecchiatura siano casuali e saltuarie, ma ci sia comunque una lenta prontezza nel reagire.

5.3 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

La **FMEA** è una metodologia impiegata per identificare, valutare e mitigare i potenziali modi di guasto in sistemi, componenti o processi, con l'obiettivo di ridurre o eliminare i rischi associati e prevenire il manifestarsi di errori. Nell'ambito aziendale, la FMEA viene adottata per individuare le cause di malfunzionamenti o difetti produttivi, valutarne la severità e la probabilità di occorrenza, e definire le priorità per l'implementazione di azioni correttive e preventive. Questo approccio consente di analizzare gli effetti dei guasti sul processo produttivo o sul sistema nel suo complesso, facilitando la definizione di strategie mirate a prevenire il loro verificarsi.

I principali vantaggi dell'adozione della FMEA sono:

- **Incremento della disponibilità operativa:**

L'applicazione della FMEA consente di identificare soluzioni atte a ridurre, o ove possibile eliminare, i guasti, garantendo così una maggiore continuità operativa delle macchine. Contestualmente, la standardizzazione delle procedure operative e la formazione del personale coinvolto sulle modalità di intervento riducono la probabilità di errori umani e minimizzano i tempi di inattività non pianificata, contribuendo a una più elevata disponibilità degli impianti.

- **Riduzione dei costi di manutenzione correttiva:**

L'identificazione preventiva delle modalità di guasto e delle relative azioni proattive consente di anticipare gli eventi critici e di passare da un approccio reattivo a uno preventivo o predittivo. Ciò comporta una diminuzione della frequenza degli interventi d'emergenza e, di conseguenza, una riduzione significativa dei costi associati alla manutenzione straordinaria.

- **Miglioramento dell'efficienza aziendale:**

Nel caso in cui si verificano comunque guasti, nonostante l'adozione di misure preventive, l'analisi sistematica condotta mediante FMEA consente un intervento più tempestivo e mirato da parte del personale tecnico. La conoscenza preventiva delle

dinamiche di guasto facilita la diagnosi e il ripristino, con una conseguente riduzione dei tempi di fermo e un miglioramento dell'efficienza complessiva del sistema produttivo.

- **Potenziamento della sicurezza sul lavoro:**

La FMEA, includendo anche l'analisi delle conseguenze potenziali dei guasti sulla sicurezza degli operatori, consente di identificare e mitigare i rischi per la salute e la sicurezza. Ciò permette di implementare contromisure specifiche per evitare situazioni pericolose, contribuendo alla creazione di un ambiente di lavoro più sicuro e conforme alle normative vigenti.

La metodologia FMEA prevede una struttura tabellare in cui le colonne sono destinate all'inserimento dei dati rilevanti per l'analisi. Gli elementi fondamentali da riportare includono:

- **Modo di Guasto**

È la modalità secondo cui il componente o il sistema in esame può perdere la capacità di assolvere il proprio compito.

- **Effetti del Modo di Guasto**

Viene definito l'impatto conseguente all'occorrenza della modalità di guasto, identificando gli effetti che tale evento può generare sul sistema o sul processo

- **Indice di gravità (G)**

Valore compreso tra 1 e 10 espresso su una scala qualitativa, che esprime il grado di danneggiamento a cui è sottoposto il prodotto se si verifica il modo di guasto

- **Causa del Modo di Guasto**

Identificazione delle cause scatenanti responsabili dell'insorgenza della specifica modalità di guasto.

- **Indice di probabilità (P)**

È espresso su una scala convenzionale qualitativa con valori compresi tra 1 e 10, ma ognuno di essi fa riferimento a una condizione di tipo verbale. Indica la probabilità di occorrenza associata a una specifica modalità di guasto. Quantifica la frequenza attesa con cui può manifestarsi una determinata modalità di guasto all'interno del sistema analizzato.

• **Indice di rilevabilità (R)**

Questo indice rappresenta la probabilità di non far arrivare al cliente prodotti con caratteristiche difettose dovute al modo di guasto in questione. Analogamente ai parametri di Gravità (G) e Rilevabilità (P), anche la Probabilità di Occorrenza viene valutata su una scala qualitativa da 1 a 10, tuttavia con un andamento inverso, in cui valori più elevati indicano una minore frequenza di accadimento

• **Indice di priorità del rischio (IPR)**

$IPR = G \cdot P \cdot R$ Stabilisce la priorità dei modi guasti, quali modi di guasto sono più critici e necessitano di maggiore attenzione. Sintetizza i 3 indici, più IPR è alto, prima dovrò risolvere il problema di quel modo di guasto.

Attività manutentiva	Origine intervento	Frequenza	Descrizione intervento
Revisione mandrino di bloccaggio	Presente	Ogni anno	Mantaggio e controllo integrità e funzionalità del mandrino
Ispezione assi X e Z	Presente	Ogni 3 mesi	Verifica allineamento X/Z, gioco meccanico e usura
Ispezione torretta e testa revolver	Nuovo	Ogni anno	Controllo gioco e rotazione utensili su supporti rotanti revolver
Controllo integrità tubi e trafilamenti	Presente	Ogni 3 mesi	Ispezione visiva e funzionale di eventuali perdite
Pulizia/sostituzione filtri impianto pneumatico	Presente	Ogni 3 mesi	Mantenimento efficienza filtrazione aria compressa

Lubrificazione molle bilanciamento testa Z	Presente	Ogni 3 mesi	3h Verifica per as- evitare grippaggio e se usura molla Z
Verifica accumulatore a sacca	Aggiornato	Ogni 6 mesi	3h Verifica presenza e idrianut-egrità della sacca li- gas co
Sostituzione batteria tampone CNC/PLC	Aggiornato	Ogni anno	3h Sostituzione preven- di tiva batterie tampo- conn-e memoria trol- lo
Controllo morsetti bordo macchina	Aggiornato	Ogni 3 mesi	3h Tempi antofissaggio e ele- ssidazione morsetti tri- di collegamento co
Monitoraggio vibrazio- nale mandrini/assi	Nuovo	Continuo	3h SMA mandrini, accelero- as- metrici per rilevare si squilibri o giochi X/Z
Termografia armadi elettrici e drive	Nuovo	Continuo	3h Rilevamento anoma- eletti- e termiche nei qua- tri- dri elettrici ci, in- ver- ter

Tabella 5.19. Ricorsività guasti FAMAR 3 per natura del guasto

5.4 Implementazione nuovo piano manutentivo

Per sviluppare un nuovo piano manutentivo comprensivo di interventi preventivi e predittivi, è fondamentale analizzare preliminarmente l'approccio manutentivo attualmente adottato dall'azienda.

Fino al 2024 il piano riguardava solamente azioni di tipo preventivo visualizzabili nelle schede di manutenzione aziendali:

- **Smontaggio e revisione mandrino di bloccaggio.** eseguita ogni anno e impiega 3 ore

- **Ispezione assi scorrimento X/Z.** Eseguita ogni 3 mesi, impiega 40 minuti.
- **Ispezione e regolazione pressione azoto dell'accumulatore a sacca.** Eseguita ogni anno, impiega 30 minuti.
- **Lubrificazione molle di bilanciamento testa porta mandrino asse Z.** Eseguita ogni 3 mesi, impiega 30 minuti
- **Ispezione integrità e posizione tubi impianti fluidici parte superiore macchina e controllo presenza trafilamenti.** Eseguita ogni 3 mesi, impiega 30 minuti
- **Pulizia/ sostituzione filtro impianto pneumatico.** Eseguita ogni 3 mesi, impiega 15 minuti
- **Sostituzione olio e pulizia vasca centralina idraulica.** Eseguita ogni anno, impiega 1 ora
- Svuotamento e pulizia centralina lubrificazione. Eseguita ogni anno, impiega 1 ora
- **Controllo funzionalità serrature e guarnizioni armadio elettrico.** Eseguita ogni anno, impiega 15 minuti
- **Sostituzione batteria tampone del CNC e del PLC. Eseguita ogni 2 anni, impiega 30 minuti.**
- **Sostituzione accumulatore a sacca.** Eseguita ogni anno, impiega 1 ora.
- **Controllo stato morsette a bordo macchina.** Eseguita ogni 6 mesi, impiega 15 minuti

A seguito del confronto tra le schede di manutenzione attualmente in uso e i risultati emersi dall'analisi FMEA, è possibile definire in modo tecnico quali attività devono essere confermate e quali, invece, necessitano di una revisione.

Le operazioni di smontaggio e revisione del mandrino di bloccaggio, così come l'ispezione periodica degli assi X e Z, risultano imprescindibili, in quanto strettamente correlate a componenti coinvolti in due delle modalità di guasto più critiche individuate lungo la linea: le anomalie degli azionamenti e degli allineamenti. Tra i principali elementi soggetti a disallineamento si segnalano, inoltre, la torretta e la testa revolver, due sottosistemi meccanici che, mediante l'alloggiamento di più utensili, permettono la lavorazione su più

assi. Alla luce della loro funzione analoga e dell'elevata incidenza nei guasti riscontrati, si propone di estendere anche a questi componenti la stessa attività di manutenzione preventiva prevista per il mandrino, da eseguire con cadenza annuale.

Dal punto di vista dell'affidabilità dell'impianto fluidico, l'indice di criticità evidenzia una rilevanza significativa delle perdite di fluido, sia refrigerante che lubrificante. Tali fenomeni, se non adeguatamente monitorati, possono condurre al surriscaldamento dell'impianto e a una lubrificazione non efficace dei componenti meccanici, accelerandone l'usura. Pertanto, le attività di controllo dei trafilamenti e l'ispezione dell'integrità delle tubazioni, attualmente previste ogni tre mesi, devono essere mantenute nel piano manutentivo. Allo stesso modo, per contenere i guasti di natura pneumatica, soprattutto riguardanti valvole e dispositivi di serraggio, è opportuno confermare la manutenzione ordinaria dell'impianto pneumatico, inclusa la pulizia e sostituzione trimestrale dei relativi filtri, in quanto azioni efficaci per prevenire l'insorgenza di tali problematiche.

L'attività di lubrificazione delle molle di bilanciamento, attualmente eseguita con frequenza trimestrale, non richiede alcuna variazione trattandosi di una misura di manutenzione preventiva già consolidata. Dall'analisi FMEA, la rottura della molla risulta associata a un basso indice di criticità, indicando un evento a bassa frequenza e limitato impatto, dimostrando che la strategia manutentiva messa in atto è efficace nel prevenire tale guasto, manifestatosi in precedenza come conseguenza indiretta di problematiche pregresse. Pertanto, non si evidenzia la necessità di incrementare o ridurre la frequenza di questa attività, risultando più opportuno concentrare l'attenzione su altri elementi critici del sistema.

Un componente critico per la gestione dell'energia idraulica è l'accumulatore a sacca, la cui funzione consiste nell'immagazzinare energia sotto forma di fluido in pressione. Il principio di funzionamento prevede l'ingresso dell'olio che, comprimendo la sacca contenente gas, genera energia destinata a supportare il movimento verticale della testa sull'asse Z durante la lavorazione. Alla luce delle recenti anomalie rilevate, si raccomanda l'introduzione di una verifica semestrale dell'integrità dell'accumulatore, al fine di monitorarne la tenuta e prevenire perdite di gas.

Considerato l'elevato numero di segnalazioni di anomalie generate dai sistemi di controllo (PLC e CNC), si suggerisce di anticipare la sostituzione delle batterie tampone a cadenza annuale, in luogo dell'attuale intervallo biennale. Tale intervento mira a ridurre i malfunzionamenti imputabili a perdita di dati o instabilità nel controllo numerico.

Dall'analisi FMEA emerge che, pur con una bassa probabilità di accadimento ($P=3$), i

guasti all'alimentazione elettrica presentano un indice di criticità elevato, con impatti rilevanti sui tempi di fermo macchina. Per mitigare tale rischio, si raccomanda di eseguire un'ispezione trimestrale dei morsetti a bordo macchina. Essi costituiscono punti di connessione dei cavi elettrici e, se non correttamente serrati o soggetti a ossidazione, possono generare falsi contatti e surriscaldamenti localizzati. Tali condizioni compromettono l'affidabilità dei segnali scambiati tra sensori, trasduttori e i controllori (PLC/CNC), causando errori operativi e interruzioni di processo.

Il corretto e continuo funzionamento dei sistemi di automazione industriale, in particolare dei software **PLC** e **CNC**, rappresenta un elemento cruciale per la continuità del ciclo produttivo. L'interruzione automatica del ciclo avviene ogniqualvolta ricevono input discordanti rispetto ai parametri previsti in fase di programmazione. Anche se l'attivazione della modalità d'emergenza evita danni più gravi a componenti meccanici o elettronici, individuare con immediatezza la causa del guasto non è sempre possibile. Per questo motivo, si consiglia di affiancare alla manutenzione preventiva già esistente delle attività di manutenzione predittiva. L'obiettivo è dotare l'impianto di strumentazione per il monitoraggio continuo in grado di rilevare segnali premonitori di guasto e consentire interventi tempestivi, riducendo al minimo i fermi non pianificati.

5.4.1 Soluzioni proposte per il Monitoraggio Predittivo

-Sensori accelerometrici su mandrini e assi macchina

L'installazione di sensori accelerometrici di vibrazione su mandrini e assi di lavorazione, integrati con un sistema di acquisizione e analisi dati, consente il rilevamento in tempo reale di anomalie dinamiche (squilibri, disallineamenti, giochi meccanici). Questa misura permette la diagnosi preventiva e la gestione tempestiva di guasti quali:

- anomalie degli azionamenti,
- rottura delle molle di bilanciamento,
- bloccaggio della testina,
- disallineamento dei pezzi in lavorazione.

- Gestione intelligente della portata del sistema refrigerante

L'impianto attuale, progettato secondo le specifiche del costruttore delle macchine **FAMAR**, è configurato per mantenere una portata costante del fluido refrigerante su quattro unità operative simultaneamente

In caso di guasto a una singola macchina, non è possibile ridurre la portata verso l'unità inattiva senza danneggiare l'impianto idraulico, in quanto una chiusura delle valvole creerebbe **sovraccarico operativo** per la pompa. Il PLC, rilevando la variazione, provvede a bloccare l'intero ciclo. Per risolvere la criticità si può prevedere l'installazione di valvole di by-pass all'uscita della vasca di raccolta del refrigerante. In tal modo, si consente la **regolazione dinamica della portata** senza alterare l'equilibrio idraulico generale, evitando il blocco totale della produzione e tutelando l'integrità di tubazioni e componenti.

- Sensori termometrici a infrarossi per il monitoraggio elettrico

A prevenzione dei guasti elettrici causati dal surriscaldamento, è possibile predisporre sensori a infrarossi (IR) nelle cabine elettriche e sui moduli drive. Tali dispositivi garantiscono:

- il monitoraggio termico continuo,
- la generazione di allarmi in presenza di aumenti anomali di temperatura,
- la prevenzione di cortocircuiti e danni alla componentistica elettronica.

- Controllo dell'assorbimento motore asse X

Dall'analisi dei dati storici di fermo macchina relativi alla FAMAR 3, si è visto che la quasi totalità delle interruzioni è stata causata dal blocco dell'asse X. Per ridurre tale criticità, si suggerisce di installare una pinza amperometrica sull'alimentazione del motore dell'asse. Il sistema trasmette in tempo reale i dati al PLC, che li confronta con le curve di assorbimento attese. Scostamenti significativi sono indice di:

- usura meccanica,
- anomalie elettriche imminenti.

Il monitoraggio consente un intervento preventivo, riducendo la probabilità di guasti gravi e prolungati.

- Monitoraggio della pressione nel circuito refrigerante

Oltre alla misurazione della portata, è essenziale il controllo continuo della pressione del fluido refrigerante per garantire la corretta efficienza del sistema. Si propone l'installazione di logger di pressione a monte e a valle della pompa, al fine di rilevare in anticipo condizioni anomale quali:

- perdita di efficienza idraulica,

- perdite nel circuito,
- surriscaldamento del fluido.

Lo scostamento dai valori di riferimento costituisce un chiaro indicatore di deterioramento funzionale, permettendo un intervento predittivo e non reattivo, a tutela della disponibilità produttiva.

Di seguito è riportato uno schema riassuntivo di tutto il piano manutentivo:

Attività manutentiva	Origine intervento	Frequenza	Componenti interessati	Descrizione intervento
Revisione mandrino di bloccaggio	Presente	Ogni anno	Mandrino	Smontaggio e controllo integrità e funzionalità del mandrino
Ispezione assi X e Z	Presente	Ogni 3 mesi	Assi X/Z	Verifica allineamento, gioco meccanico e usura
Ispezione torretta e testa revolver	Nuovo	Ogni anno	Torretta, testa revolver	Controllo gioco e rotazione utensili su supporti rotanti
Controllo integrità tubi e trafilamenti	Presente	Ogni 3 mesi	Impianti fluidici	Ispezione visiva e funzionale di eventuali perdite
Pulizia/sostituzione filtri impianto pneumatico	Presente	Ogni 3 mesi	Sistema pneumatico	Mantenimento efficienza filtrazione aria compressa
Lubrificazione molle bilanciamento testa Z	Presente	Ogni 3 mesi	Testa asse Z	Lubrificazione per evitare grippaggio e usura molla

Verifica accumulatore a sacca	Aggiornato	Ogni 6 mesi	Accumulatore idraulico	Verifica pressione e integrità della sacca gas
Sostituzione batteria tampone CNC/-PLC	Aggiornato	Ogni anno	Sistema di controllo	Sostituzione preventiva batterie tampone memoria
Controllo morsetti bordo macchina	Aggiornato	Ogni 3 mesi	Impianto elettrico	Verifica fissaggio e ossidazione morsetti di collegamento
Monitoraggio vibrazionale mandrini/assi	Nuovo	Continuo	Mandrini, assi X/Z	Sensori accelerometrici per rilevare squilibri o giochi
Controllo assorbimento asse X	Nuovo	Continuo	Motore asse X	Monitoraggio assorbimento elettrico con pinza amperometrica
Analisi olio centralina idraulica	Nuovo	Ogni anno	Impianto idraulico	Verifica viscosità, contaminazione e degrado olio
Logger pressione refrigerante	Nuovo	Continuo	Sistema refrigerante	Rilevamento pressione pre/post pompa per segnalare anomalie
Valvola bypass circuito refrigerante	Nuovo	Permanente	Sistema refrigerante	Intervento progettuale per gestire la portata in modo flessibile

Tabella 5.20. Nuovo piano manutentivo aziendale

Capitolo 6

Controllo statistico di processo

Ogni processo produttivo, per quanto accuratamente progettato, regolato e automatizzato, è intrinsecamente soggetto a una certa variabilità naturale. Tale variabilità, definita come variabilità casuale o comune, è il risultato della somma di molteplici cause di natura aleatoria che agiscono in modo continuo e ripetitivo nel tempo. Quando un processo manifesta esclusivamente questo tipo di variabilità e si mantiene stabile, esso è considerato statisticamente **sotto controllo**.

Tuttavia, i processi produttivi non sono influenzati solo da queste condizioni. Ci sono alcuni fattori, denominati *specifici*, che non si manifestano casualmente e vanno ad inficiare sulla qualità del prodotto finito. Questa fonte di variabilità può dipendere per esempio da errori umani, da malfunzionamenti dei macchinari o dai materiali grezzi difettosi. Le conseguenze di questo tipo di variabilità sono molto più evidenti e pericolose di quelle casuali, che sono talvolta impercettibili, tanto da dare luogo a prestazioni inaccettabili. È detto *fuori controllo* il processo che lavora in presenza di questi fattori specifici.

Per via della variabilità, in ambito ingegneristico e produttivo non si può assegnare in termini assoluti una specifica dimensionale ad una determinata caratteristica del componente che si vuole realizzare. Bisogna mettere in conto la possibilità inevitabile che qualche pezzo prodotto presenti valori al di sotto di quelli richiesti o al di sopra, pur eseguendo tutto il processo alla perfezione. Di conseguenza, oltre alla specifica nominale stabilita in fase di progettazione del prodotto, occorre definire anche un intervallo di tolleranza, con due limiti agli estremi, centrato proprio sul valore di specifica nominale, ovvero il valore ideale che si spera abbia quella determinata caratteristica tecnica. I limiti di tolleranza superiori e inferiori sono scelti in modo da costruire un intervallo tale per cui tutti i prodotti che presentano un valore della variabile di riferimento, compreso

all'interno dell'intervallo, sono accettabili ed equivalenti, e la funzionalità del pezzo non è compromessa [7]. I pezzi, la cui dimensione è al di fuori dell'intervallo, sono considerati non conformi e devono essere rilavorati o scartati. Secondo quanto stabilito dalla norma **ISO 9000:2008**, un elemento è non conforme quando presenta almeno una caratteristica al di fuori dei limiti di tolleranza, anche se ciò non compromette direttamente la funzionalità del componente. È importante distinguere il concetto di non conformità da quello di **difettosità**: quest'ultima rappresenta una sottoclasse della non conformità, e si riferisce a situazioni in cui il mancato rispetto del requisito ha un impatto funzionale specifico sull'utilizzo del prodotto.

Sulla base di queste premesse nasce lo **Statistical Process Control (SPC)**, ovvero il Controllo Statistico di Processo, il cui obiettivo è rilevare tempestivamente la presenza di cause specifiche che alterano la stabilità del processo. Una rapida identificazione e distinzione tra variabilità naturale e anomala consente di minimizzare la produzione di articoli non conformi, contribuendo al miglioramento continuo del sistema produttivo.

Alla luce di queste considerazioni teoriche, risulta evidente come il controllo statistico di processo rappresenti uno strumento cruciale per mantenere sotto controllo la qualità, soprattutto in presenza di modifiche al processo produttivo che possono alterarne la stabilità o aumentare la probabilità di produrre pezzi non conformi.

Proprio questo è il caso che verrà analizzato nel presente capitolo. Tra i diversi obiettivi progettuali che concorrono alla definizione del comfort percepito in un veicolo industriale, assume particolare rilevanza quello relativo alla riduzione della rumorosità durante la marcia, soprattutto in condizioni di utilizzo prolungato o nei mezzi soggetti a sovrasfruttamento nel tempo.

Negli ultimi anni, infatti, si è osservata un'incidenza crescente di fenomeni di rumorosità anomala in esercizio, che ha portato il reparto tecnico a introdurre una serie di interventi correttivi sui componenti strutturali maggiormente coinvolti. Uno di questi ha interessato in particolare la scatola differenziale NDA, prodotta sulla linea di lavorazione FAMAR 1-2-3, con una modifica delle tolleranze dimensionali relative al foro di piantaggio cuscinetto (diametro nominale 60 mm). I limiti originari, compresi tra 60,011 mm e 60,030 mm, sono stati traslati verso destra portando l'intervallo a 60,021 mm ÷ 60,040 mm.

Il foro in oggetto accoglie il cuscinetto mediante montaggio a interferenza, sfruttando la dilatazione termica del componente interno. Questo tipo di accoppiamento, una volta realizzato, garantisce un serraggio stabile e duraturo senza la necessità di sistemi meccanici di fissaggio aggiuntivi.

L'ipotesi tecnica alla base della modifica è che uno spessore maggiore del diametro di piantaggio possa garantire una migliore tenuta dell'accoppiamento, limitando eventuali giochi meccanici e riducendo la probabilità di usura prematura, vibrazioni o rumori in fase di esercizio. Tuttavia, l'introduzione di nuovi limiti dimensionali ha generato una perturbazione significativa in un processo produttivo precedentemente stabile, con effetti evidenti sulla qualità del prodotto: nel periodo immediatamente successivo alla modifica, si è registrato un aumento sensibile della quantità di pezzi non conformi, a dimostrazione di un potenziale disequilibrio del processo.

A questa criticità si è sommato un secondo elemento: per rispettare i nuovi valori di spessore, mantenendo inalterati gli standard superficiali (rugosità di $1,6 \mu$), la tempra ha dovuto operare a temperature più elevate. Tale condizione ha influito negativamente sia sulla stabilità del trattamento termico sia sulla frequenza di difettosità, richiedendo in una fase successiva anche un adattamento della rugosità.

In questo contesto, diventa necessario condurre un'analisi approfondita dell'evoluzione del processo produttivo, valutando quando e come il sistema sia uscito dal regime di controllo statistico, quali siano state le cause predominanti (comuni o specifiche) e con quali conseguenze sul prodotto. Per fare questo ci avvaliamo proprio della SPC utilizzando le carte di controllo, strumento principale della statistica di controllo processuale [8].

6.1 Carte di controllo

Le **carte di controllo** (Fig.6.1), introdotte da **Walter A. Shewhart** negli anni Venti, rappresentano uno strumento centrale del controllo statistico di processo. A differenza di altri metodi che mirano a verificare la qualità del prodotto finito, le carte di controllo si concentrano sul monitoraggio e sulla stabilità del sistema produttivo nel suo complesso [9].

L'obiettivo principale è infatti quello di verificare, nel tempo, che il processo si mantenga stabile rispetto alle condizioni operative iniziali con cui è stato progettato.

Sebbene non agiscano direttamente sulla qualità del singolo prodotto, se una carta di controllo è stata costruita correttamente, e il processo rimane sotto controllo, si può ragionevolmente dedurre che anche i prodotti generati saranno conformi alle specifiche. Le carte di controllo, tuttavia, non certificano la conformità di ogni singolo pezzo, ma offrono una valutazione sistematica delle performance globali del processo.

Per avere validità statistica e fornire risultati affidabili, le carte di controllo si applicano

in contesti dove il processo è ripetitivo e la produzione avviene su grandi volumi, come nel caso industriale in oggetto che si sta analizzando.

Dal punto di vista statistico, la logica delle carte di controllo si basa sull'analisi di una variabile di processo significativa e sulla sua distribuzione probabilistica. L'approccio consiste nel confrontare la distribuzione iniziale della variabile (tempo t_0) con la distribuzione osservata nei tempi successivi. In termini tecnici, si verifica se la funzione di distribuzione di probabilità $F(x, 0, 0)$ rimane invariata nel tempo, ossia se $F(x, 0, 0) = F(x, 0, t)$. Quando questa relazione è soddisfatta, si può concludere che il sistema produttivo è stabile. Al contrario, se si evidenziano scostamenti significativi, questo segnala la presenza di cause anomale o non casuali che devono essere prontamente investigate e corrette, per evitare il rischio di produrre articoli non conformi.

Prima di illustrare le fasi operative dell'utilizzo delle carte, è utile chiarire brevemente le diverse tipologie di carte di controllo, che si differenziano in base alla natura della variabile monitorata.

Le carte si distinguono in due grandi categorie:

- **Carte per variabili**, utilizzate quando si analizzano **misurazioni quantitative** (es. diametro, lunghezza, peso);
- **Carte per attributi**, usate quando si controllano **caratteristiche qualitative** (es. conforme/non conforme, presenza di difetti, ecc.).

Tra le carte per variabili, le più utilizzate sono:

- **Carta $\bar{X} - R$** , che analizza la media e il range dei sottogruppi;
- **Carta $\bar{X} - S$** , che sostituisce al range la deviazione standard ed è più adatta quando i sottogruppi sono numerosi;

Le carte per attributi includono:

- **Carta p**, che monitora la proporzione di pezzi difettosi in ciascun campione;
- **Carta np**, adatta quando la dimensione del campione è costante;
- **Carta c**, che registra il numero di difetti per unità di prodotto;
- **Carta u**, simile alla precedente, ma normalizzata per unità di misura, utile se i campioni non hanno dimensioni costanti.

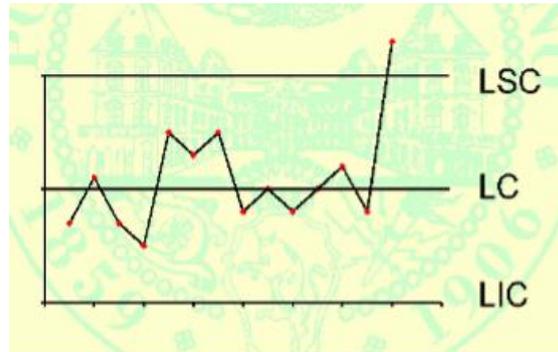


Figura 6.1. Ricorsività guasti FAMAR 1 per natura del guasto

L'utilizzo delle carte di controllo si articola in due fasi principali: la **fase di impianto** e la **fase di controllo**.

6.1.1 Fase di impianto

La **fase di impianto** rappresenta il momento iniziale in cui si definisce la configurazione statistica del processo, ovvero quando si desidera mettere sotto controllo un processo per la prima volta, oppure quando, a seguito di una modifica significativa, è necessario rieseguire l'analisi statistica del comportamento del sistema.

L'obiettivo è costruire una base di riferimento che rappresenti il comportamento naturale del processo in condizioni di stabilità. In questa fase, si effettua un campionamento sistematico di un numero adeguato di osservazioni, da cui si calcolano i valori medi e gli indici di dispersione (tipicamente il **range** o la **deviazione standard**) della variabile considerata. Questi dati permettono di costruire la carta di controllo, ovvero un diagramma cartesiano sul quale si tracciano i **limiti di controllo**:

- il **Limite Centrale (LC)**, che rappresenta il valore medio atteso;
- il **Limite di Controllo Superiore (LCS)**;
- il **Limite di Controllo Inferiore (LCI)**.

Questi limiti definiscono l'intervallo statisticamente atteso di variabilità del processo, e vengono calcolati con formule specifiche in funzione della tipologia di carta utilizzata.

Una volta tracciati i limiti, i campioni vengono inseriti nel diagramma e ci si attende che i punti si distribuiscano in maniera casuale e all'interno dei limiti. Se invece alcuni punti risultano fuori controllo, oppure mostrano pattern sistematici (es. trend crescenti,

ciclicità, gruppi di punti dallo stesso lato della media), è necessario investigarne la causa. I campioni anomali devono essere rimossi temporaneamente, e i limiti ricalcolati solo con i dati “in controllo”, fino a ottenere una configurazione stabile.

6.1.2 Fase di controllo

Conclusa la prima fase, si passa alla **fase di controllo**, in cui le carte vengono utilizzate per il monitoraggio operativo continuo del processo. Con frequenza prestabilita, vengono prelevati nuovi campioni e inseriti nella carta: se il sistema si mantiene entro i limiti, si procede regolarmente; in caso contrario, l’anomalia va immediatamente analizzata.

In questa fase è cruciale comprendere cosa si intende per “fuori controllo”. Nel controllo statistico di processo si assume che, in condizioni di stabilità, le variabili monitorate seguano una distribuzione normale. In tale contesto, i limiti di controllo definiscono un intervallo in cui ci si attende che i punti cadano con una probabilità molto elevata. Pertanto, la probabilità che un punto cada fuori da questi limiti pur in presenza di stabilità è molto bassa. Un punto fuori controllo può dunque rappresentare:

- un evento raro ma casuale (falso allarme), oppure
- un segnale reale dell’inizio di un’alterazione strutturale del processo.

In entrambi i casi è necessario verificare e intervenire tempestivamente, per evitare che la deviazione si consolidi in una deriva del sistema produttivo.

In conclusione, le carte di controllo sono uno strumento estremamente potente per prevenire la non conformità, ottimizzare il funzionamento del processo, e garantire una produzione statisticamente stabile e sotto controllo nel tempo. Il loro corretto utilizzo, attraverso le due fasi sopra descritte, costituisce una delle basi fondamentali per l’applicazione efficace dei principi della qualità industriale.

6.2 Analisi di stabilità del processo

6.2.1 Pre Modifica

Prima di procedere con l’analisi è importante chiarificare la differenza che persiste tra limiti di tolleranza e limiti di controllo.

I limiti di specifica derivano direttamente dalle esigenze progettuali e funzionali del componente: rappresentano gli estremi dimensionali entro cui una caratteristica deve ricadere affinché il pezzo venga considerato conforme. Sono imposti dall’ufficio tecnico in fase di

progettazione, tenendo conto delle tolleranze ammissibili per garantire il corretto funzionamento del prodotto finito. Non dipendono dal comportamento reale del processo, ma da ciò che il pezzo deve essere per rispettare i requisiti tecnici e funzionali.

I limiti di controllo, invece, sono calcolati sulla base della statistica del processo e descrivono l'intervallo entro il quale i valori misurati si distribuiscono naturalmente se il processo è sotto controllo, cioè se agiscono solo cause comuni di variabilità. Essi non riflettono requisiti progettuali, ma piuttosto il comportamento atteso del sistema produttivo in condizioni di stabilità.

In tal senso, i limiti di controllo non definiscono se un pezzo è conforme o meno, ma se il processo sta operando regolarmente. Un punto al di fuori dei limiti di controllo è segnale di possibili instabilità del processo, mentre un punto fuori specifica, ma dentro i limiti di controllo, segnala che il processo è stabile ma non ben centrato rispetto alle specifiche progettuali.

Nel caso specifico analizzato in questo capitolo, si sono costruiti i limiti di controllo in una fase precedente al cambiamento delle tolleranze imposte al diametro di piantaggio del cuscinetto della scatola differenziale NDA. Tali limiti riflettono il comportamento storico del processo prima dell'intervento. Lo spostamento verso destra della tolleranza, con valori ora compresi tra 60,021 mm e 60,040 mm, ha reso necessario valutare l'impatto di questa modifica sulla stabilità del processo stesso.

Come prima cosa si procede con la fase di impianto della carta scelta (carta \bar{X} -R) basandosi sui dati di campioni presi precedentemente alla modifica (Tabella 22). Vengono presi 10 campioni appartenenti a turni di lavoro diversi e di giorni diversi per aumentare la variabilità. Per ogni campione estratto si prende la media dei valori e il range. Una volta fatto questo si procede con il calcolo del **LCI**, **LC** e **LCS** sia per la carta della media sia per quella del range.

CAMPIONE	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Media	Range
1	60,0210	60,0200	60,0220	60,0250	60,0190	60,0214	0,006
2	60,0190	60,0250	60,0220	60,0190	60,0220	60,0214	0,006
3	60,0190	60,0190	60,0210	60,0140	60,0150	60,0176	0,007
4	60,0180	60,0170	60,0210	60,0170	60,0160	60,0178	0,005
5	60,0240	60,0190	60,0200	60,0160	60,0180	60,0194	0,008
6	60,0200	60,0170	60,0210	60,0180	60,0190	60,0190	0,004
7	60,0180	60,0260	60,0200	60,0170	60,0220	60,0206	0,009
8	60,0160	60,0210	60,0140	60,0160	60,0210	60,0176	0,007

9	60,0220	60,0210	60,0200	60,0190	60,0160	60,0196	0,006
10	60,0180	60,0190	60,0230	60,0210	60,0150	60,0192	0,008
						60,0194	0,0066

Tabella 6.1. Campione produttivo preso pre-modifica della tolleranza

CARTA \bar{X}

Y

$$LCI = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} = 60,0156mm$$

3

$$LC = \bar{x} = 60,0194mm$$

$$LCS = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} = 60,0232mm$$

Dove \bar{x} rappresenta la media delle medie di tutti i valori dei vari campioni, e A_2 è un parametro dipendente dalla numerosità dei campioni, in questo caso con $n=5$ vale 0,577.

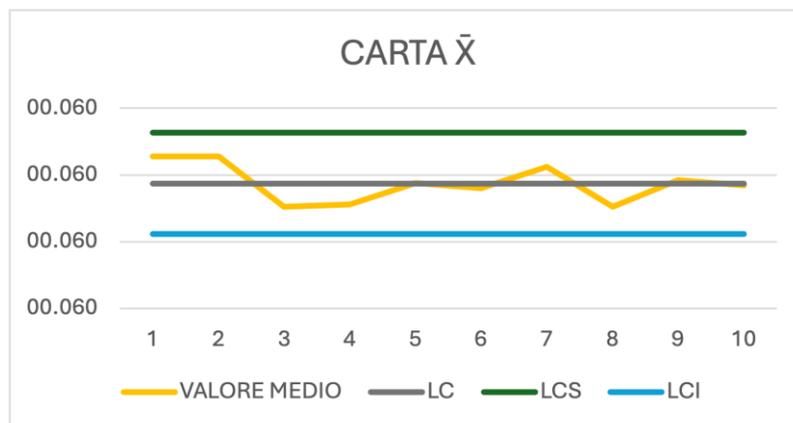


Figura 6.2. Carta di controllo \bar{X} pre-modifica

CARTA R

Y

$$LCI = D_4 \cdot \bar{R} = 0mm$$

3

$$LC = \bar{R} = 0,0066mm$$

$$LCS = D_3 \cdot \bar{R} = 0,01419mm$$

Dove \bar{R} rappresenta la media dei range dei vari campioni, mentre D_3 e D_4 sono anch'essi dei parametri dipendenti dalla numerosità del campione, in questo caso rispettivamente pari a 0 e 2,15.

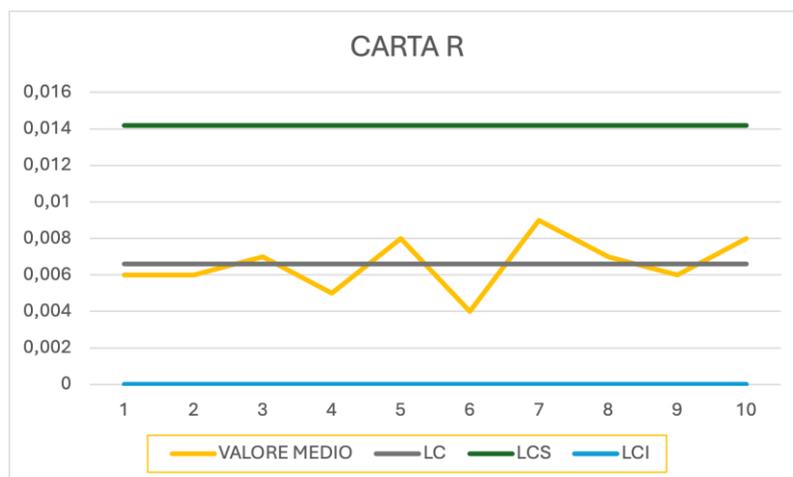


Figura 6.3. Carta di controllo R pre-modifica

Come si può vedere in questa fase pre-modifica il processo non presenta instabilità, non ci sono punti fuori controllo o accenni di trend di alcun tipo. Questa possibilità era preventivabile dato che si sta facendo riferimento ad un processo produttivo che ha operato sempre alla stessa modalità ciclicamente per anni; dunque, era prevedibile immaginare una certa stabilità.

6.2.2 POST MODIFICA

In seguito alla modifica dei limiti di specifica ci si trova molto probabilmente in una situazione di instabilità. La tolleranza si è spostata verso destra, di conseguenza la nuova distribuzione della variabile di riferimento sarà cambiata rispetto alla precedente.

In questo caso si analizzano più dati per avere più precisione di analisi, 15 campionamenti sempre con 5 valori ciascuno, si calcolano la media e la deviazione standard, si confrontano le due curve Gaussianhe.

CAMPIONE	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Media	Range
1	60,0320	60,0294	60,0326	60,0361	60,0292	60,0319	0,0069
2	60,0291	60,0291	60,0363	60,0331	60,0347	60,0324	0,0073
3	60,0281	60,0322	60,0281	60,0281	60,0399	60,0313	0,0118
4	60,0310	60,0223	60,0231	60,0278	60,0226	60,0254	0,0086
5	60,0259	60,0313	60,0264	60,0244	60,0392	60,0294	0,0148
6	60,0359	60,0291	60,0303	60,0243	60,0390	60,0317	0,0147
7	60,0278	60,0304	60,0254	60,0315	60,0221	60,0275	0,0094
8	60,0276	60,0288	60,0276	60,0374	60,0350	60,0313	0,0098
9	60,0299	60,0258	60,0333	60,0251	60,0337	60,0296	0,0086
10	60,0308	60,0222	60,0247	60,0308	60,0269	60,0271	0,0087
11	60,0330	60,0307	60,0295	60,0288	60,0325	60,0309	0,0042
12	60,0241	60,0271	60,0282	60,0342	60,0320	60,0291	0,0101
13	60,0314	60,0229	60,0313	60,0285	60,0240	60,0276	0,0084
14	60,0273	60,0324	60,0341	60,0337	60,0285	60,0312	0,0068
15	60,0266	60,0288	60,0313	60,0339	60,0369	60,0315	0,0103
						60,0299	0,0094

Tabella 6.2. Campione produttivo preso post-modifica della tolleranza

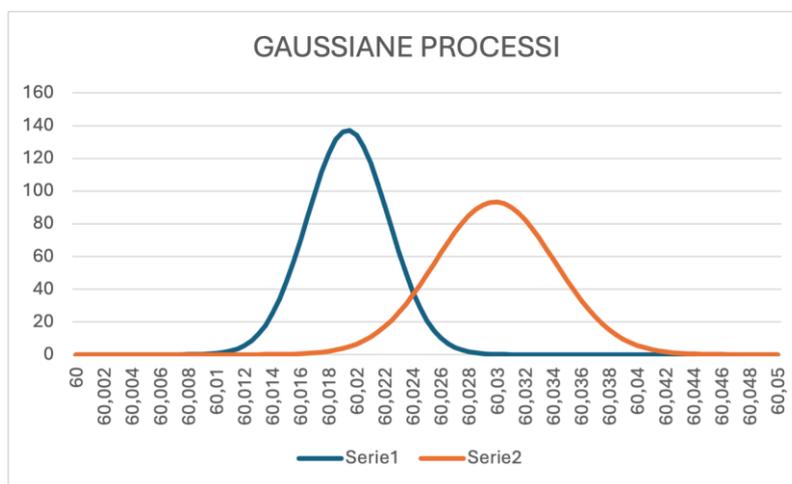


Figura 6.4. Rappresentazione delle curve Gaussiani prima e dopo la modifica della tolleranza

Il cambio di tolleranza è finalizzato a spostare la distribuzione Normale verso destra, al fine di inspessire il diametro del componente in questione. Tuttavia, le criticità che si notano sono: l'aumento della variazione standard (da 0,002905 a 0,004269), che abbassa e allarga la distribuzione, e la nuova media dei valori che non è esattamente centrata

ma spostata verso il limite di specifica inferiore. Queste due situazioni aumentano la probabilità che si presentino pezzi non conformi, al di fuori dei nuovi limiti di specifica. A livello grafico, succede che l'abbassamento e la vicinanza maggiore, anche se minima, verso uno dei due limiti, comporta più area coperta dalla distribuzione oltre i nuovi valori imposti (60,021:60,040) mm.

Per verificare se effettivamente troviamo differenze tra i due processi andiamo a confrontare i valori dell'indice di capacità di processo **Cpk** [10].

Il *process capability index* **Cpk** è una misura statistica che valuta quanti pezzi un processo produttivo può produrre entro i limiti di tolleranza, ed evidenzia quanto il processo è stabile e centrato rispetto ad essi. Più i valori sono alti, più il processo è affidabile.

La formula è:

$$Cpk = \min\left(\frac{\mu/LSL}{3\#}, \frac{USL - \mu}{3\#}\right)$$

dove:

- μ = media del processo (valore medio della produzione)
- $\#$ = deviazione standard del processo (variabilità)
- **USL** = limite superiore di specifica
- **LSL** = limite inferiore di specifica

-**Cpk** del processo pre-modifica:

- μ = 60,01936
- $\#$ = 0,00291
- USL = 60,030
- LSL = 60,011
- Cpk = 0,96

-**Cpk** del processo post-modifica:

- μ = 60,0299
- $\#$ = 0,0043

- USL=60,040
- LSL=60,021
- Cpk= 0,69

Se si hanno valori dell'indice inferiori all'1 significa che c'è la probabilità che si producano pezzi non conformi, dunque il valore della capacità successiva al cambiamento della tolleranza comporta che, se non si trovano le cause e non si agisce in tempo, in futuro ci si ritroverà molto spesso a scartare o rilavorare pezzi prodotti.

Per andare a definire quantitativamente l'impatto delle due distribuzioni sulle non conformità, si procede con la stima della probabilità di avere un pezzo al di fuori della tolleranza.

- PRE MODIFICA

Y

$$\bar{Y} Z_{LSL} = \frac{60,011 - 60,01936}{0,002905} = -2,88$$

$$\bar{Y} Z_{USL} = \frac{60,030 - 60,01936}{0,002905} = 3,66$$

$$P(X < LSL) = P(Z_{LSL} < -2,88) = 0,0020$$

$$P(X > USL) = 1 - P(Z_{USL} < 3,66) = 0,00013$$

Il totale della probabilità di fuori tolleranza è quindi 0,213%.

POST MODIFICA

Y

$$\bar{Y} Z_{LSL} = \frac{60,021 - 60,0299}{0,004269} = -2,09$$

$$\bar{Y} Z_{USL} = \frac{60,040 - 60,0299}{0,004269} = 2,37$$

$$P(X < LSL) = P(Z_{LSL} < -2,09) = 0,0183$$

$$P(X > USL) = 1 - P(Z_{USL} < 2,37) = 0,0089$$

Il totale della probabilità di fuori tolleranza è 2,72%. La percentuale di non conformi è aumentata di 10 volte rispetto allo scenario con i vecchi limiti di specifica.

Il passo successivo da mettere in atto è sicuramente quello di costruire una nuova carta di controllo con cui effettuare il monitoraggio nei mesi successivi.

Riutilizzando anche in questo caso i 15 campionamenti di cui siamo a disposizione, si calcolano nuovamente i limiti di controllo centrale, inferiore e superiore e, se anche il processo non sia al massimo della sua capacità, si nota subito come esso resti comunque

stabile e si possa mantenere così seppur sia necessario cercare la causa dell'eccessivo livello di non conformità.

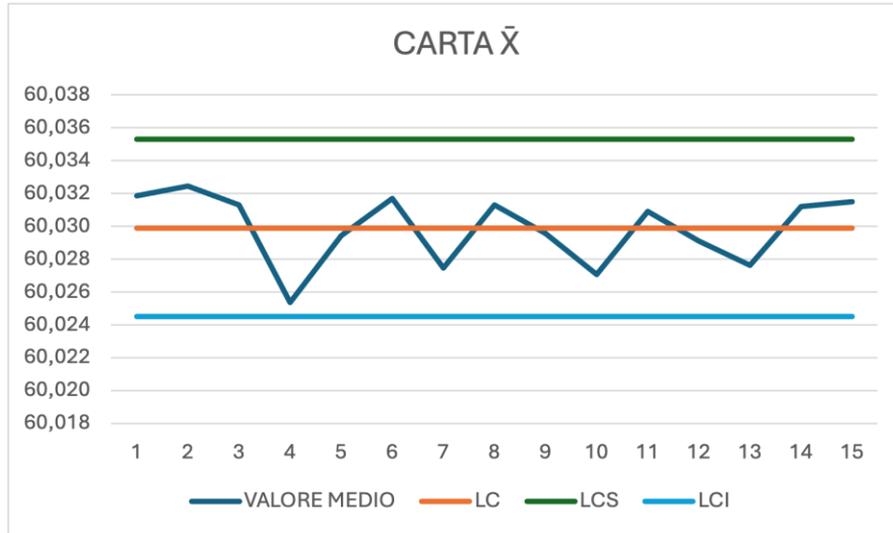


Figura 6.5. Carta di controllo \bar{X} post-modifica

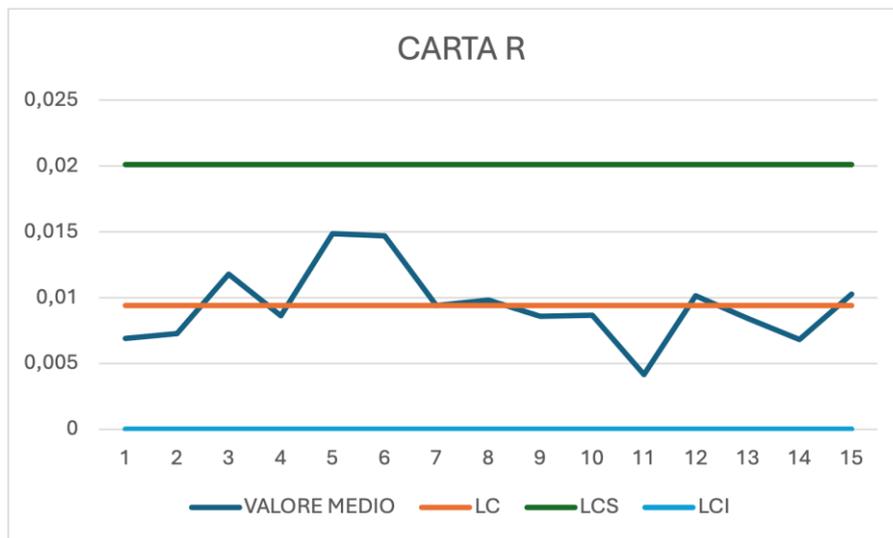


Figura 6.6. Carta di controllo R post-modifica

Successivamente, è stata trovata la causa di questo aumento di variabilità e della deviazione standard nel processo.

Questo comportamento trova giustificazione nell'inefficienza del trattamento termico di tempra, applicato al nuovo spessore del componente, che non consente di mantenere lo stesso livello di controllo sulla rugosità superficiale raggiunto precedentemente. La tempra, infatti, risulta non più adeguata a lavorare con le caratteristiche dimensionali modificate, determinando un aumento della variabilità e uno spostamento della media della rugosità verso valori meno favorevoli. Per garantire il rispetto dei nuovi limiti di tolleranza e migliorare la capacità del processo, è pertanto necessario ottimizzare il trattamento termico al fine di ridurre la rugosità superficiale e la sua variabilità, ristabilendo così condizioni operative stabili e controllate, come evidenziato dall'analisi delle carte di controllo.

La soluzione che si è deciso di attuare è quella di abbassare la soglia della rugosità da $1,6\mu\text{m}$ a $0,8\mu\text{m}$, proprio perché, per mantenere tale livello di rugosità, la tempra faticava e si surriscaldava eccessivamente andando a non lavorare più in condizioni ottimali. Una volta impostata questa nuova condizione di lavorazione si potrà monitorare con le nuove carte di controllo, dato che la stabilità del nuovo processo è stata dimostrata, e la causa di non conformità era determinata solo dal trattamento termico.

Capitolo 7

CONCLUSIONI

Nel presente elaborato sono state approfondite, mediante l'impiego di diverse metodologie analitiche, le principali leve strategiche finalizzate al miglioramento dell'Efficienza Complessiva degli Impianti (Overall Equipment Effectiveness, OEE) all'interno di un processo produttivo.

L'approccio adottato si è articolato secondo i tre indicatori fondamentali che compongono l'OEE: **disponibilità, prestazione e qualità**.

Attraverso l'applicazione del **Value Stream Mapping (VSM)** è stato possibile rappresentare graficamente il flusso di valore, individuando le principali inefficienze che impattano negativamente sulla performance produttiva. Tale analisi ha consentito di evidenziare, in modo sistematico, le perdite associate a tempi di attesa, colli di bottiglia e sprechi di risorse, offrendo così un supporto oggettivo per la definizione di interventi mirati al miglioramento dell'efficienza operativa.

Successivamente l'esame dei dati storici relativi ai guasti e alle attività manutentive ha permesso di indagare la componente della disponibilità degli impianti. I risultati ottenuti hanno sottolineato l'importanza di una gestione manutentiva efficace, sia essa programmata o straordinaria, nel contenimento dei tempi di fermo e nella salvaguardia della continuità produttiva.

Per quanto concerne la qualità, è stata adottata la metodologia della **Statistical Process Control (SPC)**, con particolare riferimento all'utilizzo delle carte di controllo. L'analisi condotta su un caso studio riguardante la modifica delle tolleranze di accoppiamento ha messo in luce come la comparsa di variabilità non naturale nel processo possa determinare un incremento dei prodotti non conformi. In questo contesto, l'impiego di strumenti statistici si è rivelato fondamentale per il monitoraggio costante, l'individuazione precoce

e la correzione tempestiva delle anomalie di processo.

Nel loro complesso le tecniche e le analisi presentate costituiscono una base metodologica solida per l'implementazione di strategie di **miglioramento continuo**. L'integrazione sinergica dei tre pilastri dell'OEE permette non solo di quantificare in maniera oggettiva l'efficienza produttiva, ma anche di attuare interventi concreti, basati su dati e modelli rigorosi, finalizzati alla riduzione delle perdite, all'incremento della produttività e al mantenimento di elevati standard qualitativi nel tempo.

Bibliografia

- [1] Nakajima, S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press., 1998.
- [2] Balestracci, D., *Quality Improvement: Practical Applications for Medical Group Practice*. MGMA – Particolarmente utile anche per ambienti non manifatturieri., 2005.
- [3] Rother, M., & Shook, J. , *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute., 2003.
- [4] Muchiri, P., & Pintelon, L. , *Performance measurement using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature review and practical application*. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535., 2008.
- [5] Levitt, J., *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance*. Industrial Press Inc, 2005.
- [6] Montgomery, D. C. , *Introduction to Statistical Quality Control (8th ed.)*. Wiley, 2020.
- [7] Grant, E. L., & Leavenworth, R. S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, 1996.
- [8] UNI ISO 11462-1:2004, *Guida all'applicazione dei metodi statistici – Parte 1: Selezione e applicazione delle tecniche per il controllo di processo*.
- [9] UNI ISO 7870-1:2014, *Carte di controllo – Parte 1: Linee guida generali*.
- [10] ISO 22514-7:2012, *Statistical methods in process management – Capability and performance – Part 7: Capability of measurement processes*.

Appendice A- Parametri carte di controllo

Tavola dei parametri per il calcolo dei limiti delle carte di controllo per variabili

Numerosità del campione <i>n</i>	Carta della media			Carta dello scarto tipo						Carta del range						
	Parametri per i limiti di controllo			Parametri per la linea centrale			Parametri per i limiti di controllo			Parametri per la linea centrale			Parametri per i limiti di controllo			
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	<i>l/c</i> ₄	<i>B</i> ₂	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	<i>l/d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.526	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Appendice B – Valori distribuzione normale

<i>z</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996
4.0	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997

z	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.91149	0.91309	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4.0	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

Appendice C -DATABASE GENERALE GUASTI

Ubicazione	Tipo avviso	Definizione equipment	Testo breve avviso	Data guasto	In Guasto	Data Fine Guasto	Ora Fine Guasto	Data avviso	Ora avviso	Tempo tot fermo macchina
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	non si accende cn	07/01/2020	08:19:04	07/01/2020	08:00:00	07/01/2020	08:19:04	0,68222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	errore circuito di ms. motore	08/01/2020	06:37:38	08/01/2020	08:00:00	08/01/2020	06:37:38	1,37277778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. pressostato refrigerante	13/01/2020	09:18:58	13/01/2020	10:11:42	13/01/2020	09:18:58	0,87888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	lampada interno	15/01/2020	23:18:12	16/01/2020	00:15:00	15/01/2020	23:18:12	0,94666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	macchina bruciata	02/03/2020	07:30:55	02/03/2020	08:00:00	02/03/2020	07:30:55	1,48472222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	non si accende cn	09/03/2020	13:39:50	09/03/2020	15:00:00	09/03/2020	13:39:50	1,33611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an carico scarico elemento	07/05/2020	11:10:39	07/05/2020	19:00:00	07/05/2020	11:10:39	7,8225
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	perdita aria fermo ribaltatore	08/05/2020	02:03:38	08/05/2020	10:00:00	08/05/2020	02:03:38	7,93944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Time out presa elemento	11/05/2020	06:11:54	11/05/2020	07:00:00	11/05/2020	06:11:54	0,80166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	video cn non si accende	18/05/2020	18:00:53	19/05/2020	04:00:00	18/05/2020	18:00:53	9,98527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. sist. misura asse Z	21/05/2020	02:41:42	21/05/2020	03:00:00	21/05/2020	02:41:42	0,305
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. pressostato refrigerante	22/05/2020	12:40:35	22/05/2020	13:30:00	22/05/2020	12:40:35	0,82361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. azionamenti	22/05/2020	20:21:41	22/05/2020	21:00:00	22/05/2020	20:21:41	0,63861111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. hardware asse Z	28/05/2020	12:03:10	29/05/2020	14:17:13	28/05/2020	12:03:10	26,2341667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An in carico/scarico elemento	04/06/2020	14:02:09	04/06/2020	14:30:00	04/06/2020	14:02:09	0,46416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an sovratemperatura armadio elettrico	11/06/2020	15:54:44	11/06/2020	20:35:01	11/06/2020	15:54:44	4,67138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an euehner rotto	18/06/2020	12:27:23	18/06/2020	16:33:16	18/06/2020	12:27:23	4,09805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	perdita aria	19/06/2020	18:00:27	19/06/2020	21:01:32	19/06/2020	18:00:27	3,01805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	an fermi ribaltatore	22/06/2020	17:05:04	22/06/2020	19:30:00	22/06/2020	17:05:04	2,41555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	tubo aria rotto	23/06/2020	18:37:28	24/06/2020	01:53:38	23/06/2020	18:37:28	7,26944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	perdita aria	24/06/2020	04:47:50	24/06/2020	05:10:00	24/06/2020	04:47:50	0,36944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an frigo non in pressione	06/07/2020	19:27:54	06/07/2020	20:00:00	06/07/2020	19:27:54	0,535
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	an pressione gas	06/07/2020	19:42:33	13/07/2020	08:00:00	06/07/2020	19:42:33	156,290833
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an refrigerante unita foratura	06/07/2020	19:43:33	06/07/2020	20:00:00	06/07/2020	19:43:33	0,27416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	an. ciclo lavorazione pz	07/07/2020	12:43:03	07/07/2020	16:26:24	07/07/2020	12:43:03	3,7225
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. ciclo lavorazione pz	27/07/2020	06:24:43	24/08/2020	12:00:00	27/07/2020	06:24:43	677,588056
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	perdita olio lubrif. eccessiva	25/08/2020	23:31:08	26/08/2020	01:00:00	25/08/2020	23:31:08	1,48111111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	perdita olio lubrif. eccessiva	26/08/2020	01:33:27	26/08/2020	03:30:13	26/08/2020	01:33:27	1,94611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	perdita aria	26/08/2020	07:35:27	26/08/2020	19:00:00	26/08/2020	07:35:27	11,40916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	an perdita aria	26/08/2020	07:36:18	26/08/2020	21:00:00	26/08/2020	07:36:18	13,395
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamento torretta	27/08/2020	07:27:40	08/09/2020	00:30:00	27/08/2020	07:27:40	281,038889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an euekner porta operatore	09/09/2020	12:22:34	09/09/2020	14:30:00	09/09/2020	12:22:34	2,12388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdite aria Famar 1-2-3	22/09/2020	00:11:54	23/09/2020	21:00:00	22/09/2020	00:11:54	44,8016667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Eliminare perdita aria	22/09/2020	00:13:13	22/09/2020	00:15:54	22/09/2020	00:13:13	0,04472222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Eliminare perdita aria	22/09/2020	00:14:25	22/09/2020	00:15:15	22/09/2020	00:14:25	0,01388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an ap portello	08/10/2020	17:51:03	08/10/2020	20:00:00	08/10/2020	17:51:03	2,14916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Sifone bucato	09/10/2020	20:44:04	09/10/2020	20:44:04	09/10/2020	20:44:04	0
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. Chiusura portello	14/10/2020	10:56:05	14/10/2020	10:56:06	14/10/2020	10:56:05	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. refrigerante	29/10/2020	03:31:31	29/10/2020	03:40:13	29/10/2020	03:31:31	0,145
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Manometro olio rotto sotto ribaltatore	02/11/2020	04:37:37	02/11/2020	07:30:00	02/11/2020	04:37:37	2,87305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. refrigerante	04/11/2020	00:37:49	04/11/2020	00:37:49	04/11/2020	00:37:49	1,1102E-16
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Monitor spento	06/12/2020	22:49:42	07/12/2020	17:00:00	06/12/2020	22:49:42	18,1716667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	An. sblocc. pinza	14/12/2020	06:33:01	14/12/2020	07:00:00	14/12/2020	06:33:01	0,44972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Alineare testa revolver	18/12/2020	04:04:40	13/01/2021	21:00:00	18/12/2020	04:04:40	640,922222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Fotocellula pres. pz ko	12/01/2021	23:18:45	13/01/2021	00:30:00	12/01/2021	23:18:45	1,1875
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an. refrigerante f2	26/01/2021	13:12:55	26/01/2021	16:29:20	26/01/2021	13:12:55	3,27361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	tubo aria marposs bucato	08/02/2021	07:53:15	08/02/2021	17:00:00	08/02/2021	07:53:15	9,1125

UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. sportello interno	08/02/2021	21:38:27	08/02/2021	23:50:49	08/02/2021	21:38:27	2,20611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Timeout discesa misuratore	11/02/2021	16:41:03	11/02/2021	23:28:10	11/02/2021	16:41:03	6,78527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	PRESSIONE GAS REFRIGERATORE	25/02/2021	15:51:30	26/02/2021	10:00:00	25/02/2021	15:51:30	18,1416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Timeout misuratore	02/03/2021	06:37:44	02/03/2021	06:45:00	02/03/2021	06:37:44	0,12111111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. misuratore macchina perdita aria	02/03/2021	19:29:40	03/03/2021	05:00:00	02/03/2021	19:29:40	9,50555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Regolare corsa misuratore	04/03/2021	10:19:09	04/03/2021	21:00:00	04/03/2021	10:19:09	10,6808333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. frigo pressione gas	06/03/2021	03:53:06	09/03/2021	15:00:00	06/03/2021	03:53:06	83,115
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an_pel	25/03/2021	12:37:05	26/03/2021	01:29:43	25/03/2021	12:37:05	12,8772222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia pel escluso	29/03/2021	22:44:53	30/03/2021	08:00:00	29/03/2021	22:44:53	9,25194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria	31/03/2021	06:34:47	31/03/2021	15:00:00	31/03/2021	06:34:47	8,42027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. bloccaggio pezzo	01/04/2021	16:38:03	01/04/2021	21:00:00	01/04/2021	16:38:03	4,36583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	ANOMALIA CHIUSURA VALVOLA REFRIGERANTE	03/04/2021	09:38:19	03/04/2021	09:38:19	03/04/2021	09:38:19	1,7764E-15
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	ANOMALIA CHIUSURA PORTA	06/04/2021	14:55:42	06/04/2021	20:06:26	06/04/2021	14:55:42	5,17888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Valvola refrigerante non chiude	06/04/2021	22:40:48	07/04/2021	11:00:00	06/04/2021	22:40:48	12,32
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	chiusura sportello	08/04/2021	16:31:12	08/04/2021	18:20:19	08/04/2021	16:31:12	1,81861111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia sportello intermedio	15/04/2021	23:25:42	16/04/2021	00:15:00	15/04/2021	23:25:42	0,82166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Verificare allineamento torretta	16/04/2021	04:52:18	17/04/2021	02:00:00	16/04/2021	04:52:18	21,1283333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia apertura pezzo	19/04/2021	14:43:40	19/04/2021	23:30:00	19/04/2021	14:43:40	8,77222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. ciclo	21/04/2021	02:00:52	21/04/2021	02:05:54	21/04/2021	02:00:52	0,08388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria	28/04/2021	06:57:52	28/04/2021	06:57:53	28/04/2021	06:57:52	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Time out chiusura sportello	30/04/2021	06:51:32	30/04/2021	07:00:56	30/04/2021	06:51:32	0,15666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	anomalia salita/discesa portella	06/05/2021	00:08:40	06/05/2021	01:00:00	06/05/2021	00:08:40	0,85555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Finecorsa manina ribaltatore	07/05/2021	17:40:12	08/05/2021	05:00:00	07/05/2021	17:40:12	11,33
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	anom car/scar pz	09/05/2021	23:18:24	09/05/2021	23:24:16	09/05/2021	23:18:24	0,09777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	azionamento asse Z ko	14/05/2021	01:02:31	14/05/2021	01:02:32	14/05/2021	01:02:31	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. azionamento asse Z	14/05/2021	02:13:50	14/05/2021	04:30:00	14/05/2021	02:13:50	2,26944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita da valvola refrigerante	18/05/2021	22:31:58	18/05/2021	22:31:59	18/05/2021	22:31:58	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia fine corsa	26/05/2021	09:45:35	26/05/2021	10:00:00	26/05/2021	09:45:35	0,24027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	anomalia f.c su carico scarico	26/05/2021	22:37:55	26/05/2021	22:51:10	26/05/2021	22:37:55	0,22083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia px interno macchina	26/05/2021	23:35:57	26/05/2021	23:35:58	26/05/2021	23:35:57	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Porta intermedio caduto	01/06/2021	16:25:32	01/06/2021	17:30:00	01/06/2021	16:25:32	1,07444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. azionamento asse A + asse non refer.	04/06/2021	13:19:41	07/06/2021	21:00:00	04/06/2021	13:19:41	79,6719444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia perdita aria	09/06/2021	15:27:43	09/06/2021	20:00:00	09/06/2021	15:27:43	4,53805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Sportello non apre	19/06/2021	11:37:26	20/06/2021	22:30:00	19/06/2021	11:37:26	34,8761111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia fine corsa ca/scarico	22/06/2021	06:34:20	22/06/2021	09:30:00	22/06/2021	06:34:20	2,92777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Tubi aria rotti	23/06/2021	13:59:47	23/06/2021	13:59:48	23/06/2021	13:59:47	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	vibrazioni mandrino	24/06/2021	07:53:36	24/06/2021	08:00:00	24/06/2021	07:53:36	0,10866667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Azionamento non pronto	29/06/2021	15:45:10	29/06/2021	21:00:00	29/06/2021	15:45:10	5,24722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Pressione gas refrigeratore elevata	30/06/2021	19:26:19	30/06/2021	19:26:20	30/06/2021	19:26:19	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia prelievo pezzo grezzo (asse Z)	05/07/2021	04:30:50	05/07/2021	14:00:00	05/07/2021	04:30:50	9,48611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria	06/07/2021	11:59:04	06/07/2021	12:10:53	06/07/2021	11:59:04	0,19694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Azionamento non pronto	08/07/2021	06:45:11	08/07/2021	21:00:00	08/07/2021	06:45:11	14,2469444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. asse U	08/07/2021	21:43:22	09/07/2021	13:30:00	08/07/2021	21:43:22	15,7772222

UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	non apre sportello cella di tornitura	12/07/2021	06:32:35	12/07/2021	08:30:06	12/07/2021	06:32:35	1,95861111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an. ch sport. intermedio	12/07/2021	07:24:35	12/07/2021	08:45:44	12/07/2021	07:24:35	1,3525
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	An. sorv. contomo asse X saltuario	13/07/2021	23:28:20	13/07/2021	23:28:20	13/07/2021	23:28:20	0
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. frigo	19/07/2021	18:46:36	19/07/2021	18:46:36	19/07/2021	18:46:36	0
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. refrigeratore	20/07/2021	16:49:41	20/07/2021	16:49:42	20/07/2021	16:49:41	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. refrigerante hp	26/07/2021	18:42:03	26/07/2021	21:00:00	26/07/2021	18:42:03	2,29916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	FC software asse X+ Timeout portella int.	30/07/2021	01:15:53	30/07/2021	03:30:56	30/07/2021	01:15:53	2,25083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria tubi rotti	30/07/2021	07:21:33	30/07/2021	13:00:00	30/07/2021	07:21:33	5,64083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Sost. euchner difett. porta acc. cella	31/07/2021	12:07:42	01/08/2021	23:30:00	31/07/2021	12:07:42	35,3716667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Euchner non chiude	31/07/2021	17:26:10	31/07/2021	17:26:11	31/07/2021	17:26:10	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	ANOMALIA AZIONAMENTI	06/08/2021	15:40:34	26/08/2021	21:00:00	06/08/2021	15:40:34	485,323889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an. rotaz. torretta	23/08/2021	06:57:22	26/08/2021	21:00:00	23/08/2021	06:57:22	86,0438889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia chiusura porta intermedio	06/09/2021	19:27:21	06/09/2021	22:00:00	06/09/2021	19:27:21	2,54416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Porta si apre mentre lavora	08/09/2021	18:46:51	08/09/2021	23:15:06	08/09/2021	18:46:51	4,47083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia asse A	11/09/2021	04:08:46	28/09/2021	21:00:00	11/09/2021	04:08:46	424,853889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Collisione asse X sportello scarico pz	20/09/2021	07:18:08	20/09/2021	10:56:38	20/09/2021	07:18:08	3,64166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Allineamento torretta	20/09/2021	16:33:51	22/09/2021	16:30:28	20/09/2021	16:33:51	47,9436111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia portella	29/09/2021	12:23:00	29/09/2021	16:00:00	29/09/2021	12:23:00	3,81666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an. refrigerante	29/09/2021	19:54:33	29/09/2021	21:00:00	29/09/2021	19:54:33	1,09083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. rotazione torretta	06/10/2021	13:10:32	07/10/2021	21:00:00	06/10/2021	13:10:32	31,8244444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Non lavora asse X	08/10/2021	02:20:12	17/11/2021	18:00:00	08/10/2021	02:20:12	975,663333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Eliminare perdita aria	10/10/2021	22:20:41	10/10/2021	23:03:14	10/10/2021	22:20:41	0,70916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia pressostato refrigerante	21/10/2021	05:25:47	21/10/2021	21:00:00	21/10/2021	05:25:47	15,5702778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	anom. sportello intermedio bloccato	28/10/2021	23:04:17	29/10/2021	14:00:00	28/10/2021	23:04:17	14,9286111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anom. portella interna	30/10/2021	00:17:02	30/10/2021	01:00:00	30/10/2021	00:17:02	0,71611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Asse X bloccato	01/11/2021	22:26:38	01/11/2021	22:26:39	01/11/2021	22:26:38	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Allineare torretta dopo collisione	06/11/2021	02:33:22	06/11/2021	02:34:00	06/11/2021	02:33:22	0,01055556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia bloccaggio pezzo	07/11/2021	23:52:48	08/11/2021	01:00:00	07/11/2021	23:52:48	1,12
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Controllare allineamento mandrino	19/11/2021	16:16:51	22/11/2021	16:00:00	19/11/2021	16:16:51	71,7191667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Rott. tubi aria	22/11/2021	20:59:55	22/11/2021	21:30:00	22/11/2021	20:59:55	0,50138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Allineamento torretta dopo collisione	23/11/2021	01:44:50	23/11/2021	21:00:00	23/11/2021	01:44:50	19,2527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamento assi	29/11/2021	03:50:51	30/11/2021	05:00:00	29/11/2021	03:50:51	25,1525
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Utensile T12 gioco eccessivo	07/12/2021	07:43:17	07/12/2021	07:43:18	07/12/2021	07:43:17	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	an pressostato refrigerante 86 0	09/12/2021	06:57:19	09/12/2021	10:00:00	09/12/2021	06:57:19	3,04472222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia pressostato refrigerante	09/12/2021	23:06:40	10/12/2021	13:00:00	09/12/2021	23:06:40	13,8888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Torretta in collisione	17/12/2021	23:55:46	30/12/2021	13:30:00	17/12/2021	23:55:46	301,570556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Valvola in blocco	07/01/2022	08:00:45	09/01/2022	05:00:00	07/01/2022	08:00:45	44,9875
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Non blocca il pezzo	01/02/2022	04:21:46	01/02/2022	06:00:00	01/02/2022	04:21:46	1,63722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	An. sportello intermedio (ore 21:30)	10/02/2022	01:40:13	10/02/2022	00:05:47	10/02/2022	01:40:13	-1,5738889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Sorveglianza profilo asse Z	17/02/2022	01:43:52	18/02/2022	21:00:00	17/02/2022	01:43:52	43,2688889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Sorv. profilo asse Z	17/02/2022	01:39:25	17/02/2022	01:40:00	17/02/2022	01:39:25	0,00972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	ribaltatore non preleva pz	21/02/2022	07:26:35	21/02/2022	08:00:00	21/02/2022	07:26:35	0,55694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	controll. allineam. torretta	14/03/2022	20:24:13	14/03/2022	23:59:00	14/03/2022	20:24:13	3,57972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Torretta non allineata	15/03/2022	10:35:32	19/03/2022	12:00:00	15/03/2022	10:35:32	97,4077778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita refrig. dal bicchiere del filtro	16/03/2022	01:01:40	16/03/2022	02:00:00	16/03/2022	01:01:40	0,97222222

UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Non si apre portello int. macchina	21/03/2022	19:39:04	21/03/2022	23:55:22	21/03/2022	19:39:04	4,27166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Controllare allineamento torretta	29/03/2022	15:39:06	29/03/2022	03:00:00	29/03/2022	15:39:06	-12,651667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Sportello intermedio	06/04/2022	16:48:21	06/04/2022	23:30:00	06/04/2022	16:48:21	6,69416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Mandrino motorizzato T10 bloccato	12/04/2022	01:54:23	12/04/2022	04:00:00	12/04/2022	01:54:23	2,09361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Funzioni manuali pagina HMI non funziona	15/04/2022	09:25:59	15/04/2022	13:00:00	15/04/2022	09:25:59	3,56694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Sportello intermedio non si chiude	15/04/2022	20:55:53	15/04/2022	23:30:00	15/04/2022	20:55:53	2,56681111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. fc carico/scarico	28/04/2022	04:02:53	28/04/2022	05:00:00	28/04/2022	04:02:53	0,95194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia sportello intermedio	14/05/2022	02:39:39	14/05/2022	03:40:00	14/05/2022	02:39:39	1,00583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia apertura chiusura riparo	18/05/2022	16:14:44	18/05/2022	23:30:00	18/05/2022	16:14:44	7,25444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia posizionamento tastatore	18/05/2022	19:10:01	19/05/2022	05:00:00	18/05/2022	19:10:01	9,83305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia sportello intermedio	19/05/2022	22:34:59	19/05/2022	23:41:15	19/05/2022	22:34:59	1,10444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Non apre sportello intermedio	22/05/2022	21:09:50	23/05/2022	00:30:00	22/05/2022	21:09:50	3,33611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Molla bilanciamento rotla	10/06/2022	10:10:13	12/06/2022	12:00:00	10/06/2022	10:10:13	49,8297222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Pressione gas refrigeratore elevata	14/06/2022	20:11:04	14/06/2022	21:00:00	14/06/2022	20:11:04	0,81555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an. refrigerante	15/06/2022	07:31:16	15/06/2022	12:00:00	15/06/2022	07:31:16	4,47888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. asse X	15/06/2022	13:20:16	16/06/2022	05:00:00	15/06/2022	13:20:16	15,66222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia carico/scarico pz	16/06/2022	17:00:19	17/06/2022	04:00:00	16/06/2022	17:00:19	10,9947222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Pressione gas refrigeratore	17/06/2022	23:35:53	20/06/2022	16:00:00	17/06/2022	23:35:53	64,4019444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita aria	17/06/2022	23:36:48	20/06/2022	04:00:00	17/06/2022	23:36:48	52,3866667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Perdita aria	17/06/2022	23:37:50	00/00/0000	00:00:00	17/06/2022	23:37:50	0
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	EUCHNER rotto	01/07/2022	15:31:01	01/07/2022	17:00:00	01/07/2022	15:31:01	1,48305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. fc sportello intermedio	04/07/2022	02:12:40	04/07/2022	11:04:09	04/07/2022	02:12:40	8,85805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Discesa misuratore + sportello intermedi	08/07/2022	01:44:10	08/07/2022	01:44:10	08/07/2022	01:44:10	-3,109E-15
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamenti assi pressostato	08/07/2022	10:04:05	08/07/2022	20:09:37	08/07/2022	10:04:05	10,0922222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	refrigerante	12/07/2022	17:50:35	12/07/2022	20:00:00	12/07/2022	17:50:35	2,15694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Tubo aria rotto	14/07/2022	21:13:49	15/07/2022	05:00:00	14/07/2022	21:13:49	7,76972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria + time out rulliera scarto	15/07/2022	05:20:34	15/07/2022	07:30:00	15/07/2022	05:20:34	2,15722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. perdita aria	17/07/2022	23:12:17	18/07/2022	02:00:00	17/07/2022	23:12:17	2,79527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. arresto pz tubo aria rotto	19/07/2022	21:23:59	19/07/2022	23:00:00	19/07/2022	21:23:59	1,60027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Time out discesa misuratore	20/07/2022	05:14:16	20/07/2022	09:30:00	20/07/2022	05:14:16	4,26222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia dosatore ingresso macchina	21/07/2022	04:53:01	21/07/2022	10:00:00	21/07/2022	04:53:01	5,11638889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	fotocellula presenza pz car/scar	23/07/2022	05:53:13	23/07/2022	06:00:00	23/07/2022	05:53:13	0,11305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia macchina spenta	26/07/2022	05:40:52	26/07/2022	08:00:00	26/07/2022	05:40:52	2,31888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Sportello lato CN non chiude	27/07/2022	00:16:42	27/07/2022	03:00:00	27/07/2022	00:16:42	2,72166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anom. filtri refrig. intasati	29/08/2022	00:30:24	30/08/2022	14:00:00	29/08/2022	00:30:24	37,4933333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria apert. sportello intermedio	29/08/2022	19:32:06	30/08/2022	01:00:00	29/08/2022	19:32:06	5,465
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	rottura T13 utensile bloccato	31/08/2022	02:15:42	31/08/2022	03:00:00	31/08/2022	02:15:42	0,73833333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Collisione torretta	31/08/2022	06:59:07	01/09/2022	12:00:04	31/08/2022	06:59:07	29,0158333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	robot fermo	08/09/2022	04:31:45	08/09/2022	05:10:00	08/09/2022	04:31:45	0,6375
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia pressostato alta pressione	07/10/2022	23:35:11	08/10/2022	00:35:11	07/10/2022	23:35:11	1

UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	An. pressostato refrigerante 38.2/38.3	10/10/2022	09:23:46	10/10/2022	17:00:00	10/10/2022	09:23:46	7,60388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia sportello intermedio	11/10/2022	03:52:38	11/10/2022	05:00:00	11/10/2022	03:52:38	1,12277778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Trasporto rotto	16/10/2022	23:11:48	17/10/2022	02:00:00	16/10/2022	23:11:48	2,80333333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Trasporto non allineato	17/10/2022	15:52:09	17/10/2022	15:52:10	17/10/2022	15:52:09	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia sportello	19/10/2022	07:58:14	19/10/2022	08:00:12	19/10/2022	07:58:14	0,03277778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Tubo apertura portello rotto	19/10/2022	14:33:59	19/10/2022	16:00:00	19/10/2022	14:33:59	1,43361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Video CN spento	27/10/2022	15:49:01	27/10/2022	18:00:00	27/10/2022	15:49:01	2,18305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	non ruota torretta	02/11/2022	12:51:29	02/11/2022	14:00:00	02/11/2022	12:51:29	1,14194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	time out ap. sportello	03/11/2022	08:44:33	03/11/2022	09:30:00	03/11/2022	08:44:33	0,7575
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita olio di lubrificazione	09/11/2022	13:32:48	09/11/2022	14:00:04	09/11/2022	13:32:48	0,45444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	da allineare torretta	16/11/2022	14:15:24	17/11/2022	14:00:42	16/11/2022	14:15:24	23,755
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia chiusura sportello lato CN	02/12/2022	22:49:28	02/12/2022	23:20:00	02/12/2022	22:49:28	0,50888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia termica	10/12/2022	03:34:19	10/12/2022	09:00:00	10/12/2022	03:34:19	5,42805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia ftc presenza pezzo	09/01/2023	23:36:08	10/01/2023	00:05:00	09/01/2023	23:36:08	0,48111111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Refrigeratore ko	13/01/2023	14:01:49	17/01/2023	14:00:00	13/01/2023	14:01:49	95,9697222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	cn bloccato	17/01/2023	20:55:54	17/01/2023	23:59:41	17/01/2023	20:55:54	3,06305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	azionamento non pronto dopo rott.ut	19/01/2023	18:21:54	20/01/2023	14:00:55	19/01/2023	18:21:54	19,6502778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Non si accende	23/01/2023	07:37:10	31/01/2023	14:00:00	23/01/2023	07:37:10	198,380556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. flusso refrigerazione c.i.	24/01/2023	23:57:14	25/01/2023	01:00:00	24/01/2023	23:57:14	1,04611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Allineare torretta dopo collisione	03/02/2023	05:18:46	03/02/2023	06:00:00	03/02/2023	05:18:46	0,68722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Controllare allineamento torretta	06/03/2023	13:42:19	07/03/2023	06:00:09	06/03/2023	13:42:19	16,2972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia pressostato refrigerante	23/03/2023	01:05:36	23/03/2023	06:00:42	23/03/2023	01:05:36	4,91833333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an sovra temperatura motore torretta	03/04/2023	17:20:38	03/04/2023	22:30:00	03/04/2023	17:20:38	5,15611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Filtro refrigerante intasato	11/04/2023	09:18:57	11/04/2023	09:30:28	11/04/2023	09:18:57	0,19194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	pressostato refrigerante	14/04/2023	12:23:03	14/04/2023	18:00:00	14/04/2023	12:23:03	5,61583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia chiusura sportello lato CN	17/04/2023	04:34:05	17/04/2023	09:30:00	17/04/2023	04:34:05	4,93194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia chiusura sportello lato CN	19/04/2023	00:47:19	19/04/2023	04:30:28	19/04/2023	00:47:19	3,71916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. flussostato lubrorefrig	20/04/2023	13:41:57	20/04/2023	16:00:00	20/04/2023	13:41:57	2,30083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Rottura viti pemo foro spina	26/04/2023	06:16:39	27/04/2023	21:00:00	26/04/2023	06:16:39	38,7225
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	controllare allineam torretta	27/04/2023	20:35:30	27/04/2023	20:35:31	27/04/2023	20:35:30	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an_press_refrig	02/05/2023	07:20:25	02/05/2023	12:00:00	02/05/2023	07:20:25	4,65972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an porta	04/05/2023	21:38:53	04/05/2023	22:00:00	04/05/2023	21:38:53	0,35194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia asse Z	06/05/2023	02:32:57	06/05/2023	07:45:19	06/05/2023	02:32:57	5,20611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia confronto dati NCK-PLC	08/05/2023	01:54:38	08/05/2023	07:20:10	08/05/2023	01:54:38	5,42555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia assi	09/05/2023	00:52:19	09/05/2023	16:00:00	09/05/2023	00:52:19	15,1280556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Time out presa elemento	10/05/2023	02:01:07	10/05/2023	06:00:00	10/05/2023	02:01:07	3,98138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	presa elemento	10/05/2023	13:05:53	10/05/2023	18:42:26	10/05/2023	13:05:53	5,60916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	CN bloccato	11/05/2023	01:53:19	11/05/2023	03:00:00	11/05/2023	01:53:19	1,11138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	anomalia apertura portello macchina	11/05/2023	12:21:37	11/05/2023	12:30:12	11/05/2023	12:21:37	0,14305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	xdita aria da tubo tastatore	11/05/2023	17:05:23	11/05/2023	17:30:41	11/05/2023	17:05:23	0,42166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Non si smonta punta porta cuspidi da tes	12/05/2023	12:17:28	12/05/2023	20:00:48	12/05/2023	12:17:28	7,72222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Si spegne	12/05/2023	18:09:47	17/05/2023	06:00:00	12/05/2023	18:09:47	107,836944
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	non si accende	15/05/2023	18:55:04	15/05/2023	18:55:05	15/05/2023	18:55:04	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Misuratore non lavora	16/05/2023	23:52:34	17/05/2023	02:00:00	16/05/2023	23:52:34	2,12388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Macchina in collisione	16/05/2023	23:53:44	17/05/2023	00:30:00	16/05/2023	23:53:44	0,60444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. portella interna	17/05/2023	04:03:38	17/05/2023	08:00:00	17/05/2023	04:03:38	3,93944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Ripetute anomalie 21612 e 27090	19/05/2023	11:30:25	19/05/2023	11:30:25	19/05/2023	11:30:25	/

UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia bloccaggio pezzo	19/05/2023	21:01:41	29/05/2023	15:00:00	19/05/2023	21:01:41	233,971944
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia misuratore	24/05/2023	03:01:18	24/05/2023	16:15:05	24/05/2023	03:01:18	13,2297222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Macchina in emergenza	29/05/2023	14:52:35	01/06/2023	21:00:00	29/05/2023	14:52:35	78,1236111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. pressione gas refrigeratore	30/05/2023	17:51:55	30/05/2023	21:00:00	30/05/2023	17:51:55	3,13472222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Pressione gas refrigeratore	15/06/2023	16:57:53	17/06/2023	02:00:00	15/06/2023	16:57:53	33,0352778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia E 39.5	19/06/2023	00:01:34	19/06/2023	05:51:59	19/06/2023	00:01:34	5,84027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia marposs	23/06/2023	05:40:18	23/06/2023	12:00:00	23/06/2023	05:40:18	6,32833333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	non esegue zero asse y	27/06/2023	13:15:53	27/06/2023	18:39:29	27/06/2023	13:15:53	5,39333333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	perdita olio refrigeratore	27/06/2023	19:16:33	27/06/2023	21:00:00	27/06/2023	19:16:33	1,72416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia frigo	30/06/2023	19:02:02	01/07/2023	10:00:00	30/06/2023	19:02:02	14,9661111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamenti	03/07/2023	05:25:15	04/07/2023	06:00:00	03/07/2023	05:25:15	24,5791667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an aspiratore 18 p	05/07/2023	08:15:02	05/07/2023	10:03:38	05/07/2023	08:15:02	1,81
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita olio lubrificazione	07/07/2023	22:17:06	07/07/2023	22:17:07	07/07/2023	22:17:06	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia discesa tastatore	10/07/2023	15:40:23	11/07/2023	01:00:00	10/07/2023	15:40:23	9,32694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	manca aria	11/07/2023	14:11:14	11/07/2023	16:00:00	11/07/2023	14:11:14	1,81277778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia discesa tastatore	11/07/2023	16:10:52	11/07/2023	23:30:00	11/07/2023	16:10:52	7,31888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita aria da gruppo valvole	13/07/2023	21:28:24	13/07/2023	23:30:00	13/07/2023	21:28:24	2,02666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Testina motorizzata T4 bloccata	15/07/2023	02:50:55	22/07/2023	10:00:00	15/07/2023	02:50:55	175,151389
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Tubi aria ko	19/07/2023	21:21:46	19/07/2023	23:00:00	19/07/2023	21:21:46	1,63722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Tubi aria ko	19/07/2023	21:22:47	20/07/2023	00:30:00	19/07/2023	21:22:47	3,12027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia blocco ingresso	20/07/2023	01:19:51	20/07/2023	03:00:00	20/07/2023	01:19:51	1,66916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	tubo pneumatico perde	21/07/2023	06:56:24	21/07/2023	09:00:00	21/07/2023	06:56:24	2,06
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Tubo aria rotto	21/07/2023	18:31:29	21/07/2023	18:31:30	21/07/2023	18:31:29	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita aria	22/07/2023	17:38:16	24/07/2023	02:00:00	22/07/2023	17:38:16	32,3622222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Saita/discosa misuratore	24/07/2023	16:30:22	24/07/2023	17:30:00	24/07/2023	16:30:22	0,99388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Riparo interno bucato	25/07/2023	12:02:39	26/07/2023	21:00:00	25/07/2023	12:02:39	32,95583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia pressione refrigerante	26/07/2023	00:48:10	26/07/2023	04:00:00	26/07/2023	00:48:10	3,19722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia pressione refrigerante	27/07/2023	01:52:32	27/07/2023	04:00:00	27/07/2023	01:52:32	2,12444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	non salgono irrigatori perdita aria	18/08/2023	10:00:08	19/08/2023	11:00:00	18/08/2023	10:00:08	24,9977778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	an. serraggio pz	21/08/2023	12:05:34	21/08/2023	13:00:00	21/08/2023	12:05:34	0,90722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamento	21/08/2023	16:14:45	21/08/2023	21:00:00	21/08/2023	16:14:45	4,75416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia timeout misuratore	22/08/2023	01:01:10	23/08/2023	04:00:00	22/08/2023	01:01:10	26,9805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita olio	26/08/2023	01:14:37	28/08/2023	21:00:00	26/08/2023	01:14:37	67,7563889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	termica scattata	29/08/2023	06:45:36	29/08/2023	07:00:00	29/08/2023	06:45:36	0,24
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia sensore presa pezzo	30/08/2023	16:44:31	31/08/2023	21:00:00	30/08/2023	16:44:31	28,2580556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Presa elemento	01/09/2023	10:17:33	06/09/2023	06:45:55	01/09/2023	10:17:33	116,472778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	All. Sensore sportello intermedio	04/09/2023	09:20:05	04/09/2023	10:30:00	04/09/2023	09:20:05	1,16527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	FAMAR 2 BIS: Y11 err. hardw. trasduttore	04/09/2023	20:26:54	15/09/2023	14:00:00	04/09/2023	20:26:54	257,551667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia Robot	06/09/2023	09:32:46	06/09/2023	09:45:36	06/09/2023	09:32:46	0,21388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Presa elemento	11/09/2023	08:39:08	11/09/2023	15:00:43	11/09/2023	08:39:08	6,35972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	anomalia fc carico	11/09/2023	08:40:31	11/09/2023	09:30:00	11/09/2023	08:40:31	0,82472222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Vasca refrigerante allarme livello max v	20/09/2023	10:26:55	20/09/2023	14:00:00	20/09/2023	10:26:55	3,55138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	scheda A/D	21/09/2023	21:14:43	21/09/2023	21:15:48	21/09/2023	21:14:43	0,01805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia presa di forza	28/09/2023	21:09:01	28/09/2023	21:09:02	28/09/2023	21:09:01	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Presa elemento	29/09/2023	21:19:46	29/09/2023	21:19:47	29/09/2023	21:19:46	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. serraggio pezzo in lavorazione	04/10/2023	15:58:53	05/10/2023	21:00:00	04/10/2023	15:58:53	29,0186111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. presa elemento	06/10/2023	21:03:28	06/10/2023	22:00:00	06/10/2023	21:03:28	0,94222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia presa elemento	09/10/2023	07:36:37	09/10/2023	07:36:37	09/10/2023	07:36:37	0
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Presa elemento	09/10/2023	20:34:41	09/10/2023	20:34:42	09/10/2023	20:34:41	0,00027778

UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Vetro portellone da sostituire	09/10/2023	20:39:26	09/10/2023	20:39:26	09/10/2023	20:39:26	0
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Presenza elemento	12/10/2023	17:46:16	12/10/2023	17:46:17	12/10/2023	17:46:16	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Famar 2 bis anomalia refrigerante	17/10/2023	01:12:25	17/10/2023	03:30:00	17/10/2023	01:12:25	2,29305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia asse X	17/10/2023	04:45:29	17/10/2023	06:00:00	17/10/2023	04:45:29	1,24194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	CN KO	17/10/2023	13:36:05	19/10/2023	15:00:00	17/10/2023	13:36:05	49,39861111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Non arresta pz dopo 1° fase	19/10/2023	13:21:15	19/10/2023	21:00:00	19/10/2023	13:21:15	7,64583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Temperatura refrigerante	25/10/2023	13:20:15	25/10/2023	21:00:00	25/10/2023	13:20:15	7,6625
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Emergenza	30/10/2023	18:40:14	30/10/2023	18:40:15	30/10/2023	18:40:14	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Famar 2 bis anom. flusso aspiratore fumi	30/10/2023	23:23:40	30/10/2023	23:45:00	30/10/2023	23:23:40	0,35555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. azionamento	06/11/2023	17:32:26	06/11/2023	17:32:27	06/11/2023	17:32:26	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita refrigerante da pressostato	09/11/2023	05:52:50	10/11/2023	04:00:00	09/11/2023	05:52:50	22,11944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	perde valvola refrigerante	09/11/2023	07:35:32	09/11/2023	07:35:32	09/11/2023	07:35:32	/
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita refrigerante da valvola	13/11/2023	18:53:26	13/11/2023	18:55:00	13/11/2023	18:53:26	0,02611111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita refrigerante da valvola	13/11/2023	20:27:58	13/11/2023	21:39:05	13/11/2023	20:27:58	1,18527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Non apre dosatore allo scarico pz	15/11/2023	14:16:41	16/11/2023	00:15:31	15/11/2023	14:16:41	9,98055556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	sost. euckner porta acc. cella lornit.	18/11/2023	12:19:16	18/11/2023	15:00:00	18/11/2023	12:19:16	2,67888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia azionamento	20/11/2023	14:01:25	20/11/2023	21:00:00	20/11/2023	14:01:25	6,97638889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia azionamento	20/11/2023	21:46:33	21/11/2023	21:00:00	20/11/2023	21:46:33	23,2241667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	azionamento asse U	22/11/2023	13:32:52	22/11/2023	21:00:00	22/11/2023	13:32:52	7,45222222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia assi X-Y	27/11/2023	21:50:32	27/11/2023	23:00:00	27/11/2023	21:50:32	1,15777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Flusso aspiratore fumi Famar 2 Nuova	28/11/2023	03:57:27	28/11/2023	04:30:05	28/11/2023	03:57:27	0,54388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Famar 2 new Anomalia flusso aspiratore	29/11/2023	00:40:56	29/11/2023	01:00:00	29/11/2023	00:40:56	0,31777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia refrigeratore	29/11/2023	05:07:06	29/11/2023	08:00:00	29/11/2023	05:07:06	2,88166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	An. aspir. F2 bis	11/12/2023	14:27:04	11/12/2023	23:00:00	11/12/2023	14:27:04	8,54888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita acqua pressostato	14/12/2023	00:35:30	14/12/2023	03:00:00	14/12/2023	00:35:30	2,40833333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. press. refrigerante	19/12/2023	21:21:11	19/12/2023	22:00:00	19/12/2023	21:21:11	0,64694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Ripristino luce interna	10/01/2024	04:20:17	11/01/2024	00:39:06	10/01/2024	04:20:17	20,31361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. refrigerante	12/01/2024	13:32:35	12/01/2024	15:00:00	12/01/2024	13:32:35	1,45694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Time out posizionatore elemento	16/01/2024	01:24:49	16/01/2024	14:00:18	16/01/2024	01:24:49	12,5913889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Famar2bis: Anom. sbloccaggio torretta	24/01/2024	21:25:33	25/01/2024	07:00:00	24/01/2024	21:25:33	9,57416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia rotazione torretta	29/01/2024	13:25:51	29/01/2024	17:00:00	29/01/2024	13:25:51	3,56916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	anomalia chiusura ripari cella	29/01/2024	13:27:23	29/01/2024	14:00:00	29/01/2024	13:27:23	0,54361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Robot in anomalia	29/01/2024	21:43:07	30/01/2024	07:50:32	29/01/2024	21:43:07	10,12361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita acqua	02/02/2024	23:01:20	05/02/2024	01:00:00	02/02/2024	23:01:20	49,97777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. pressostato refrig.	07/02/2024	13:15:22	07/02/2024	17:00:00	07/02/2024	13:15:22	3,74388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia PLC	12/02/2024	06:47:08	19/02/2024	13:00:00	12/02/2024	06:47:08	174,214444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia apertura/chiusura griffe	20/02/2024	20:12:41	20/02/2024	20:12:42	20/02/2024	20:12:41	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia PLC	12/03/2024	01:59:30	15/03/2024	13:00:18	12/03/2024	01:59:30	83,01333333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Macchina in emergenza	14/03/2024	03:07:02	14/03/2024	10:00:15	14/03/2024	03:07:02	6,88694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia PLC	14/03/2024	03:57:13	14/03/2024	03:57:14	14/03/2024	03:57:13	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia NCK-PLC	15/03/2024	02:39:02	15/03/2024	04:00:00	15/03/2024	02:39:02	1,34944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita refrigerante	18/03/2024	20:19:49	18/03/2024	23:00:00	18/03/2024	20:19:49	2,66972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	EV refrigerante	22/03/2024	14:04:14	23/03/2024	03:29:20	22/03/2024	14:04:14	13,41833333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	An. pressione refrig.	23/03/2024	10:52:59	25/03/2024	21:00:00	23/03/2024	10:52:59	58,11694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an. refrigerante	28/03/2024	21:22:43	28/03/2024	22:00:00	28/03/2024	21:22:43	0,62138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. nck	03/04/2024	13:47:59	03/04/2024	15:00:00	03/04/2024	13:47:59	1,20027778

UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Costruire Boccola come dis all	04/04/2024	07:11:14	04/04/2024	07:15:08	04/04/2024	07:11:14	0,065
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita olio lubrificazione	05/04/2024	13:25:56	06/04/2024	06:00:00	05/04/2024	13:25:56	16,56777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	In allarme - non si resetta	10/04/2024	13:38:41	15/04/2024	21:00:00	10/04/2024	13:38:41	127,355278
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anomalia scorrimento pallet	11/04/2024	01:30:10	11/04/2024	01:30:10	11/04/2024	01:30:10	1,3323E-15
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Rottura cavo balanger robot Kuka	11/04/2024	04:57:09	11/04/2024	04:57:09	11/04/2024	04:57:09	/
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Pressostato refrigerante	15/04/2024	20:07:50	15/04/2024	23:30:00	15/04/2024	20:07:50	3,36944444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. plc	16/04/2024	13:28:40	16/04/2024	18:50:08	16/04/2024	13:28:40	5,35777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia fotocellula di scarico	23/04/2024	00:25:34	23/04/2024	01:00:00	23/04/2024	00:25:34	0,57388889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	an. azionamento non pronto	29/04/2024	10:06:45	29/04/2024	11:30:00	29/04/2024	10:06:45	1,3875
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	An. misuratore non a posto	29/04/2024	10:10:33	29/04/2024	16:00:00	29/04/2024	10:10:33	5,82416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	An. azionamento asse U	29/04/2024	15:36:10	29/04/2024	17:00:00	29/04/2024	15:36:10	1,39722222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Controllare allineamento torretta (2 bis)	30/04/2024	13:40:35	30/04/2024	14:00:00	30/04/2024	13:40:35	0,32361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	fc ko	08/05/2024	22:25:12	08/05/2024	22:30:00	08/05/2024	22:25:12	0,08
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	anomalia tastatore	10/05/2024	07:50:30	10/05/2024	18:00:01	10/05/2024	07:50:30	10,1586111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	non esce refrigerante dalle purte	10/05/2024	07:51:41	10/05/2024	08:30:00	10/05/2024	07:51:41	0,63861111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	anom marpos	11/05/2024	05:22:41	11/05/2024	09:00:00	11/05/2024	05:22:41	3,82194444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita di refrigerante da pressostato	14/05/2024	05:11:03	14/05/2024	16:00:00	14/05/2024	05:11:03	10,81583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Allarme min. pressione robot	14/05/2024	20:45:47	15/05/2024	05:28:36	14/05/2024	20:45:47	8,71361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita olio idraulico	23/05/2024	11:49:21	06/06/2024	17:00:00	23/05/2024	11:49:21	341,1775
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia centralina idraulica	24/05/2024	23:22:56	25/05/2024	00:30:00	24/05/2024	23:22:56	1,11777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia compressore	25/05/2024	06:50:25	25/05/2024	13:00:00	25/05/2024	06:50:25	6,15972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita parafilù da tubo	13/06/2024	14:47:35	13/06/2024	15:00:00	13/06/2024	14:47:35	0,20694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Perdita refrigerante da valvola	13/06/2024	16:05:44	14/06/2024	00:30:00	13/06/2024	16:05:44	8,40444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Scheda a/d in anomalia	15/06/2024	11:38:54	15/06/2024	12:00:00	15/06/2024	11:38:54	0,35166667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	anomalia pressostato refrigerante	19/06/2024	10:29:41	19/06/2024	23:30:00	19/06/2024	10:29:41	13,0052778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	FC CARICO	20/06/2024	11:30:40	20/06/2024	16:00:35	20/06/2024	11:30:40	4,49861111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	SCARICO GUASTO	21/06/2024	07:05:06	21/06/2024	08:00:59	21/06/2024	07:05:06	0,93138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	presa elemento	25/06/2024	12:58:35	25/06/2024	21:00:00	25/06/2024	12:58:35	8,02361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. scheda a/d	25/06/2024	12:58:35	25/06/2024	21:00:00	25/06/2024	12:58:35	8,02361111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Azionamenti non pronti	26/06/2024	16:19:47	26/06/2024	18:00:00	26/06/2024	16:19:47	1,67027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Tubo aria staccato	28/06/2024	13:18:48	28/06/2024	20:00:00	28/06/2024	13:18:48	6,88666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Mandrino deposita male pz	01/07/2024	21:44:25	01/07/2024	21:44:26	01/07/2024	21:44:25	0,00027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia esce fumo da sopra	02/07/2024	21:43:09	04/07/2024	05:00:00	02/07/2024	21:43:09	31,28083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Allineamento torretta	03/07/2024	05:59:52	03/07/2024	06:15:31	03/07/2024	05:59:52	0,26083333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	non scarica pz	03/07/2024	21:38:14	03/07/2024	22:30:00	03/07/2024	21:38:14	0,86277778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. deposito pz	09/07/2024	13:34:24	09/07/2024	21:00:00	09/07/2024	13:34:24	7,42666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamenti rot. torretta	10/07/2024	18:24:48	11/07/2024	12:00:00	10/07/2024	18:24:48	17,58666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia azionamenti	12/07/2024	00:21:03	12/07/2024	15:00:00	12/07/2024	00:21:03	14,64916667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Scheda a/d	12/07/2024	13:29:36	13/07/2024	11:00:00	12/07/2024	13:29:36	21,50666667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Famar 2 bis anomalia braccio marpos	18/07/2024	04:16:43	19/07/2024	10:00:00	18/07/2024	04:16:43	29,7213889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Verificare allineamento torretta	22/07/2024	18:50:50	22/07/2024	23:30:00	22/07/2024	18:50:50	4,65277778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia pressostato refrigerante	23/07/2024	23:15:44	23/07/2024	23:30:00	23/07/2024	23:15:44	0,23777778

UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia pressostato refrigerante	23/07/2024	23:17:09	23/07/2024	23:45:00	23/07/2024	23:17:09	0,46416667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Ripristinare luce interna	23/07/2024	23:18:07	24/07/2024	02:00:00	23/07/2024	23:18:07	2,69805556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia NCK-PLC	26/07/2024	23:57:27	27/07/2024	04:00:00	26/07/2024	23:57:27	4,0425
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Vasca refrigerante	29/07/2024	06:48:53	29/07/2024	13:00:00	29/07/2024	06:48:53	6,18527778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. azionamento	31/07/2024	21:32:20	31/07/2024	23:30:00	31/07/2024	21:32:20	1,96111111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	sost. pipetta su trasporto	26/08/2024	21:41:27	27/08/2024	10:00:00	26/08/2024	21:41:27	12,3091667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita olio	29/08/2024	11:59:48	29/08/2024	12:15:44	29/08/2024	11:59:48	0,26555556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Anomalia robot tra op20 e op 30	02/09/2024	03:47:44	02/09/2024	04:30:00	02/09/2024	03:47:44	0,70444444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Perdita parafu dal frigo	04/09/2024	23:48:47	05/09/2024	03:30:00	04/09/2024	23:48:47	3,68694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Rotazione testa motorizzata fori flangia	05/09/2024	05:47:25	05/09/2024	14:00:00	05/09/2024	05:47:25	8,20972222
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Foratura attacco flangia spostata	07/09/2024	05:48:37	12/09/2024	10:00:10	07/09/2024	05:48:37	124,1925
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Anom. aspiratore fumi (2 Bis)	08/09/2024	22:45:31	09/09/2024	02:00:00	08/09/2024	22:45:31	3,24138889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Robot Op10-20 Allarme bassa press. aria	16/09/2024	02:54:25	16/09/2024	03:00:57	16/09/2024	02:54:25	0,10888889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anom. robot	16/09/2024	23:09:11	17/09/2024	00:30:00	16/09/2024	23:09:11	1,34694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Non tiene le misure (STRUM MISURA)	20/09/2024	20:18:26	23/09/2024	16:15:40	20/09/2024	20:18:26	67,9538889
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Sovratemperatura refrigeratore	02/10/2024	01:01:50	02/10/2024	21:00:00	02/10/2024	01:01:50	19,9694444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Fotocellula presenza pezzo	02/10/2024	18:42:12	03/10/2024	11:30:00	02/10/2024	18:42:12	16,7966667
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	non ruota torretta	03/10/2024	13:15:13	03/10/2024	13:40:00	03/10/2024	13:15:13	0,41305556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Time out fermo ingresso	03/10/2024	23:18:51	04/10/2024	02:00:00	03/10/2024	23:18:51	2,68583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Anomalia ribaltatore cassa del grezzo	11/10/2024	02:50:03	11/10/2024	03:00:19	11/10/2024	02:50:03	0,17111111
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	rotazione torretta	18/10/2024	20:51:24	18/10/2024	22:00:00	18/10/2024	20:51:24	1,14333333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. ricircolo olio torretta	23/10/2024	21:49:56	23/10/2024	22:45:00	23/10/2024	21:49:56	0,91777778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 2 NDA	Perdita aria da sportello intermedio	23/10/2024	23:05:39	23/10/2024	23:45:00	23/10/2024	23:05:39	0,65583333
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Scelta termica	24/10/2024	11:34:59	24/10/2024	22:00:00	24/10/2024	11:34:59	10,4169444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 3 NDA	Tastatore marposs non funz coorettamente	25/10/2024	09:22:13		00:00:00	25/10/2024	09:22:13	/
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	allineare torretta	25/10/2024	21:08:59	26/10/2024	04:00:00	25/10/2024	21:08:59	6,85027778
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Allineamento torretta	30/10/2024	05:07:23	30/10/2024	21:00:00	30/10/2024	05:07:23	15,8769444
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	An. presa robot	31/10/2024	13:37:01	01/11/2024	01:30:00	31/10/2024	13:37:01	11,8830556
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Attendere il collegamento con INC:PLC	01/11/2024	04:50:43	05/11/2024	17:00:00	01/11/2024	04:50:43	108,154722
UTE 7.02	Z1	FAMAR 1 NDA	Pressostato alta pressione refrigerante	05/11/2024	23:20:25	06/11/2024	02:43:22	05/11/2024	23:20:25	3,3825