

POLITECNICO DI TORINO

*Collegio di Ingegneria Gestionale*

*Corso di Laurea Magistrale in Engineering and Management*



*Tesi di Laurea di II livello*

***Automazione e Miglioramento della Qualità nella Produzione Industriale: Il Caso del Progetto Space-One presso FPT Industrial***

Relatore:

Professor Domenico Augusto Maisano

Candidato:

Davide Friscia

*Novembre 2024*

# Sommario

Indice delle sigle.....	3
Introduzione .....	4
1. IVECO Group.....	6
1.1 Brand industriali: .....	6
1.2 Lo stabilimento Driveline.....	8
1.3 Partner .....	9
1.3.1 Stabilimenti di Suzzara e Valladolid.....	9
1.3.2 Stabilimento di Brescia.....	10
1.3.3 Stabilimento di Madrid.....	11
1.4 Le UTE: Cosa sono e loro funzioni.....	13
2. Analisi della linea kit NDA .....	15
2.1 Rilevazione degli errori 2022 .....	18
2.2 Rilevazione degli errori 2023 .....	19
3. La qualità nei processi produttivi.....	21
3.1 Il fordismo .....	23
3.2 Il modello giapponese .....	25
3.3 Ciclo di Deming.....	27
3.4 Barcode.....	30
3.5 QR Code.....	34
3.6 Oggettivazione .....	36
3.6.1 Oggettivazione in FPT.....	38
3.7 Enterprise Resource Planning (ERP) .....	40
3.7.1 Applicazioni dell'ERP nell'industria .....	40
3.7.2 Gestione delle Distinte Base (BOM).....	41
3.7.3 Gestione della Supply Chain.....	42
3.7.4 Gestione della Qualità .....	43
3.7.5 Manutenzione degli Impianti .....	43
3.7.6 Gestione Finanziaria .....	43
3.7.7 L'ERP come Strumento Strategico .....	44
3.7.8 Ruolo dell'ERP nel progetto .....	44
4. Progetto Space-One .....	46
4.1 Requisiti e specifiche funzionali .....	46
4.1.1 Generazione degli Ordini di Lavoro.....	47
4.2 Definizione dei requisiti utente.....	48
4.3 Specifiche dei requisiti .....	48

4.4	Dettagli dei requisiti .....	50
4.4.1	UR001: Definizione anagrafica di base e configurazione ordini di lavoro .....	50
4.4.2	UR002: Definizione e configurazione procedura risolutiva .....	51
4.4.3	UR003: Controllo documentazione .....	52
4.4.4	UR004: Abbinamento matricola ponte-carrello .....	55
4.4.5	UR005: Controllo scatola ponte .....	58
4.4.6	UR006: Verifica flangia d'entrata .....	62
4.4.7	UR007: Verifica coppa olio.....	64
4.4.8	UR008: Verifica rapporto coppia conica.....	65
4.4.9	UR009: Integrazione ERP OMS .....	67
5.	Analisi dei risultati .....	70
5.1	Modifiche progetto Space-One .....	70
5.2	Analisi volumi-perdite.....	72
5.3	Analisi della capacità produttiva .....	73
5.4	Dettaglio perdite-savings .....	74
	Conclusioni .....	76
	Bibliografia .....	79
	Sitografia.....	80

## Indice delle sigle

**BOM** - Bill of Materials

**CRM** - Customer Relationship Management

**ERP** - Enterprise Resource Planning

**FTQ** - First Time Quality

**IDV** - IVECO Defence Vehicles

**LIMO** – Targhetta identificativa

**NDA** - New Daily Axle

**OCR** - Optical Character Recognition

**OMS** - Order Management System

**PN** - Part-Number

**QG** - Quality Gate

**SOP** - Standard Operating Procedure

**SPR** – Tipologia di ponte prodotto in stabilimento

**UR** - User Requirement

**UTE** – Unità Tecnologica Elementare

# Introduzione

Lo spunto portante del presente lavoro di ricerca deriva direttamente dall'esperienza di tirocinio sviluppata presso lo stabilimento Driveline di FPT Industrial di Torino, che ad oggi costituisce uno dei principali siti produttivi del gruppo IVECO. Durante questo periodo, si è realizzata l'opportunità di osservare concretamente i vari aspetti che definiscono dinamiche produttive e sfide operative poste in essere nella produzione di componenti essenziali degli autoveicoli prodotti, come assali e trasmissioni. Si è osservato come, queste linee produttive, pur piazzandosi all'avanguardia per molteplici aspetti, possano mostrare vari livelli di criticità in termini di tracciabilità dei componenti e gestione della qualità che vanno obbligatoriamente affrontati al fine mantenere gli standard elevati richiesti dal mercato. In un contesto dove la domanda nel settore automotive si pone in costante crescita, le esigenze di mantenere una produzione efficiente e priva di difetti diventano sempre più manifeste e mandatorie e di conseguenza, allo scopo di affrontare simili problematiche, è stata proposta l'introduzione di uno specifico progetto denominato "Space-One", volto all'implementazione dell'efficienza operativa e della qualità dei prodotti mediante l'adozione di nuove tecnologie applicate alle operazioni di tracciabilità e automazione dei controlli qualità. Inoltre, l'introduzione di tali innovazioni non può prescindere da un'attenta valutazione dei benefici così ottenibili in correlazione ai costi e all'impatto complessivo sull'efficienza produttiva. L'obiettivo che questa tesi si propone risulta quello di analizzare in modo approfondito l'efficacia del suddetto progetto Space-One nell'impattare le linee produttive dello stabilimento Driveline, così valutando i miglioramenti ottenuti in termini di produttività, qualità e tracciabilità, proponendo così una piattaforma operativa, di seguito analizzata nello specifico, orientata alla corretta composizione dei kit differenziali al fine ultimo di massimizzare l'efficienza produttiva e ridurre i costi. La presente tesi viene articolata in quattro capitoli principali, ciascuno dei quali approfondisce un aspetto specifico della ricerca:

1. Introduzione all'Azienda e Contesto Produttivo: si fornisce una panoramica dettagliata di FPT Industrial e dello stabilimento Driveline di Torino, descrivendone l'organizzazione aziendale, i prodotti principali e i mercati forniti, con particolare attenzione alla struttura produttiva del plant e ai suoi principali processi operativi;
2. Analisi della linea di produzione: il secondo capitolo esplora in dettaglio il funzionamento attuale della linea di produzione presa in esame, evidenziando come le attuali problematiche presentano un impatto significativo dal punto di vista economico all'interno dello stabilimento.
3. Tecniche e Metodologie di Controllo Qualità: viene approfondita la tematica della qualità nei processi produttivi, con un focus sulle metodologie di controllo qualità in corso di

implementazione nello stabilimento, inclusa l'applicazione di strumenti come il ciclo di Deming e i codici a barre;

4. Analisi del progetto Space-One: in questo capitolo verrà esaminato in maniera dettagliata il progetto Space-One, focalizzandosi sulle sue componenti strutturali, gli obiettivi e le implicazioni operative.
5. Analisi dei risultati: l'ultimo capitolo espone una valutazione complessiva dei risultati ottenuti dall'applicazione e implementazione del progetto Space-One, con particolare enfasi su tempi, volumi e costi di produzione.

Il presente elaborato ha come obiettivo quello di proporre un contributo significativo all'ottimizzazione dei processi produttivi nello stabilimento Driveline di FPT Industrial, fornendo procedure e raccomandazioni basate su un'analisi dettagliata dell'impatto delle nuove tecnologie implementate.

# 1. IVECO Group

Iveco Group, nata nel 2022 come risultato della scissione parziale dal Gruppo globale italo-statunitense CNH Industrial N.V. di IVECO Group, e conseguente focusing di quest'ultima sulle attività industriali per i veicoli industriali e autobus, rappresenta oggi una multinazionale automobilistica operante nel settore dei veicoli commerciali e speciali, dei sistemi di propulsione oltre che nei servizi finanziari correlati. La sede legale di IVECO Group viene individuata ad Amsterdam mentre quella fiscale e operativa (Quartier generale) nella capitale piemontese, con quotazione all'Euronext di Milano, con una Mission proiettata verso il ruolo di partner del settore automobilistico affidabile e flessibile, poiché in grado di supportare i propri clienti nella gestione efficace delle proprie attività ricorrendo a soluzioni di mobilità consolidate, sostenibili e intelligenti, così contribuendo al progresso di automotive in un'ottica di consapevole e responsabile trasformazione industriale. Spinto dalla sua vocazione alla sostenibilità, da oltre 40 anni IVECO Group si colloca in posizione pionieristica per lo sviluppo di tecnologie ecologiche, annoverando due decenni di ricerca e investimenti nel campo delle trazioni alternative, con l'obiettivo di mantenere e perseguire con visione consapevole l'impegno verso la decarbonizzazione dell'industria dei trasporti, affidandosi a una tipologia di approccio multienergetico innovativo in riferimento alle tecnologie del bio-metano, delle batterie elettriche e delle celle a combustibile. Al giorno d'oggi, IVECO Group congloba 8 marchi commerciali che, a conferma della specializzazione e qualità industriale del gruppo, si posizionano come standard di riferimento nel panorama mondiale del settore.

*Figura 1: I brand di IVECO Group*



*Fonte: <https://images.teleborsa.it/t/stabile/150235.t.W600.H340.M4.jpg>*

## 1.1 Brand industriali:

Come mostrato in figura 1, IVECO Group incorpora diversi marchi, di seguito vengono elencate le principali linee produttive e operative dell'Azienda.

- Il brand IVECO si specializza nei processi di ricerca/sviluppo, attività produttive e commercializzazione di veicoli commerciali comunemente suddivisi in leggeri, medi e pesanti;

- FPT Industrial opera nel settore delle tecnologie propulsive con applicazioni on-road e off-road, nel settore marino e di power generation;
- IVECO Bus progetta, realizza e commercializza veicoli per il trasporto collettivo come autobus per circolazione urbana e interurbana, a tipologia turistica oltre che minibus per il trasporto di massa e con caratteristiche premium;<sup>1</sup>
- Heuliez Bus settorializza la sua attività in veicoli per il trasporto passeggeri;<sup>2</sup>
- IVECO Defence Vehicles (IDV) fornisce mezzi veicolari per l'utilizzo nelle forze armate di difesa e per l'operatività degli organi di Protezione civile;<sup>3</sup>
- Astra supporta l'attività in cantieri e cave di estrazione fornendo attrezzatura veicolare pesante;<sup>4</sup>
- Magirus GmbH è nota per la produzione di veicoli specializzati nelle operazioni antiincendio;<sup>5</sup>
- IVECO Capital è il partner finanziario dei marchi IVECO dedicato al finanziamento di veicoli commerciali e industriali con presenza capillare in tutta l'area europea.<sup>6</sup>

IVECO Group annovera un gran numero di siti industriali finalizzati alla produzione di veicoli dotati delle più avanzate tecnologie: se ne contano oltre 20 in 7 paesi del mondo e nelle aree dell'Europa, Asia, Africa, Oceania e America Latina. L'attività di ricerca e sviluppo viene portata avanti presso 29 centri, perlopiù in Europa (21) e poi in Nord (1) e Sud America (4), oltre a 3 nel resto del mondo. Inoltre, 4.200 punti di vendita e assistenza in più di 160 Paesi garantiscono il correlato supporto tecnico in tutti i territori su cui circolano veicoli IVECO. Per quanto accennato in precedenza, FPT Industrial si posiziona come uno dei Marchi più importanti e strategici del gruppo IVECO, e pertanto appare necessario fornire un maggior livello di dettaglio delle specifiche attività: FPT Industrial, la cui fondazione risale al 01 gennaio 2011, impegna ad oggi circa 8.400 dipendenti distribuiti tra le sedi controllate in tutto il mondo e operanti in 10 stabilimenti e 6 centri deputati alla Ricerca/Sviluppo. L'istituzione e consolidamento di una rete di distribuzione articolate in 93 concessionari e oltre 900 punti di assistenza afferma la solida presenza di FPT Industrial in oltre 100 paesi worldwide, in continuità a una offerta di prodotti in grado di soddisfare le specifiche domande di prodotti veicolari multiuso nei principali settori del mercato specializzato. A scopo esemplificativo, possiamo citare i

<sup>1</sup> IVECO BUS (2024), Scopri i prodotti e servizi IVECO BUS, IVECO BUS, from <https://www.iveco.com/ivecobus/it-it/prodotti/pages/iveco-bus-about-us.aspx>

<sup>2</sup> Heuliez Bus (2024), Presentazione dell'azienda Heuliez Bus, Heuliez Bus, from [https://www.heuliezbus.com/fr/presentation\\_de\\_lentreprise](https://www.heuliezbus.com/fr/presentation_de_lentreprise)

<sup>3</sup> Iveco Defence Vehicles (2024), About Iveco Defence Vehicles, Iveco Defence Vehicles, from <https://www.idvgroup.com/company/>

<sup>4</sup> Astra Trucks (2024), Discover Astra Trucks Products, Astra Trucks, from <https://www.astra-trucks.com/en/products/>

<sup>5</sup> Magirus Group (2024), Company Information, Magirus Group, from <https://www.magirusgroup.com/de/en/company/>

<sup>6</sup> IVECO Capital (2024), About Us - IVECO Capital, IVECO Capital, from [https://www.ivecocapital.com/it\\_it/A-proposito-di-noi](https://www.ivecocapital.com/it_it/A-proposito-di-noi)

cambi meccanici per applicazioni commerciali leggere, di tipo longitudinale a 5 e 6 marce e coppia massima da 300 a 500 Nm. Le linee di produzione di FPT Industrial configurano anche ponti e assali per veicoli industriali per applicazioni fino a 32 tonnellate ma soprattutto annoverano ben sette famiglie di motori diesel (R22, F1, F5, F28, Nef, Cursor, Vector), dotate di soluzioni ad elevato impatto tecnologico come sistemi di alimentazione multivalvole ad alta pressione a controllo elettronico, dispositivi di sovralimentazione con turbocompressori a geometria fissa o variabile, anche a doppio stadio, oltre a sistemi avanzati per il controllo delle emissioni ambientali.<sup>7</sup>

## 1.2 Lo stabilimento Driveline

Lo stabilimento FPT di Torino risulta oggi giorno suddiviso in tre macroaree: la prima viene dedicata alla realizzazione dei cambi, la seconda provvede alla produzione di motori (Engines) mentre la terza è adibita alla realizzazione di ponti e assali per mezzi leggeri, medi e pesanti (Driveline). La ricerca esposta di seguito è stata svolta presso l'ultima delle tre aree sopracitate e cioè lo stabilimento Driveline, al cui interno si producono varie tipologie di assali, customizzati sulle esigenze del cliente e dalla tipologia di veicolo su cui avverrà il montaggio. In estrema sintesi, possiamo suddividerli in tre tipi principali denominati leggeri, medi, e pesanti. Per consentire una migliore esposizione dei contenuti dello studio svolto in questa Tesi, si rende necessaria una breve introduzione della tipologia dei prodotti industriali lavorati e assemblati all'interno dello stabilimento, anche in funzione dei passi successivi previsti dalle linee produttive. Gli assali sono dei componenti fondamentali dei veicoli in quanto strutturati per sostenere il peso del veicolo stesso e consentire la corretta rotazione delle ruote e i movimenti appropriati alla tipologia di veicolo. Si distinguono assali anteriori o posteriori (comunemente chiamati ponti) oppure motoassali, ognuno di essi con precise e diverse caratteristiche. Gli assali posteriori si caratterizzano generalmente per una maggiore robustezza rispetto ai corrispettivi anteriori, che devono invece assicurare una maggiore mobilità. Nei veicoli a trazione posteriore, questi assali hanno la funzione di trasferire la forza motrice generata dal motore alle ruote posteriori, integrandosi con il ruolo fondamentale del differenziale, che permette alle ruote di girare a velocità diverse durante le curve senza perdere aderenza con il terreno. Gli assali anteriori, in funzione del loro posizionamento, includono anche le componenti di sterzo, in funzione del ruolo di direzionare il veicolo posseduto dalle ruote anteriori. Infine, i motoassali, generalmente con gradi di robustezza sovrapponibili agli assali posteriori, aggiungono alla loro struttura un motore integrato, potendo così venire utilizzati sia sull'anteriore che sul posteriore del veicolo, oppure su entrambi, in dipendenza della specifica configurazione del veicolo stesso.

---

<sup>7</sup> Iveco Group, *Annual Report 2022*, Iveco Group

## 1.3 Partner

Da qualche anno, presso lo stabilimento di Torino non si realizzano ulteriormente gli assemblaggi dei veicoli così da conseguire il prodotto finito, bensì soltanto le linee produttive dei componenti per il successivo montaggio presso altre sedi. Tale rimodulazione ha imposto ovviamente diversificate strategie comunicative allo scopo di soddisfare ogni specifica richiesta di assali, modulate sui veicoli da portare a compimento.

### 1.3.1 Stabilimenti di Suzzara e Valladolid

Un chiaro esempio viene fornito dalle attività degli stabilimenti di Suzzara (Lombardia) e Valladolid (Spagna) che, focalizzandosi prevalentemente sulla produzione del famoso IVECO Daily, modello introdotto nel 1978, richiedono conseguenzialmente e in prevalenza allo stabilimento di Torino assali leggeri, specifici per la realizzazione di questo modello. Tra gli assali utilizzati citiamo i ponti NDA (New Daily Axle), illustrati in figura 2, distinguendone diverse tipologie:

- NDA a ruota singola: Progettato per veicoli con una sola ruota per lato, il cui utilizzo viene previsto in contesti urbani in cui è necessario un maggior grado di manovrabilità e minore ingombro;
- NDA a ruota gemellata: al contrario della precedente tipologia, questa tipologia di ponte viene utilizzata su veicoli con due ruote per lato, e che quindi necessitano di maggiore portata e stabilità.

I ponti NDA, sebbene di dimensioni relativamente ridotte rispetto alle altre tipologie di ponti, possono però contare su importanti livelli di robustezza e avanzata tecnologia di realizzazione, che garantisce maggiore affidabilità e durata al veicolo, avvalendosi anche dell'utilizzo di sistemi di sospensione efficientati e componenti rinforzati. Nonostante la valenza in termini di robustezza ed efficienza dei modelli appena descritti, si è assistito via via all'introduzione di ulteriori modelli speciali in grado di incrementarne ulteriormente le prestazioni:

- Ponte HD 4511: non è altro che una versione rinforzata del ponte NDA a ruota gemellata e viene destinato alle versioni dell'IVECO Daily con maggiore capacità di carico. Questa versione può includere un blocco differenziale per migliorare la trazione su superfici scivolose;
- Ponte SPR 4517/2: viene utilizzato per versioni dell'IVECO Daily con portata ancora superiore, includendo anche in questo caso un blocco differenziale;
- Ponte SPR 4517/3: rappresentano tipologie di ponti utilizzati per i modelli off-road dell'IVECO Daily, richiedendo pertanto livelli ancor più performanti di robustezza e portata rispetto ai modelli sopra citati.

*Figura 2: Ponte NDA a ruota singola*



Fonte: [https://www.fptindustrial.com/-/media/FPT/Drivelines/Axles/Light\\_Axles\\_Canvas.jpg?w=1536&mw=1536](https://www.fptindustrial.com/-/media/FPT/Drivelines/Axles/Light_Axles_Canvas.jpg?w=1536&mw=1536)

### 1.3.2 Stabilimento di Brescia

Rappresenta un ulteriore e importante partner industriale, il quale si occupa della produzione della gamma IVECO Eurocargo, rappresentato in figura 3, da cui pervengono le richieste di assali di tipo leggero ma con elevati livelli di robustezza, come il modello SPR 4517/3 precedentemente citato, o alcune tipologie di assali anteriori medi o di motoassali, sempre con caratteristiche di elevata robustezza a motivo del supporto richiesto su carichi ancora più ingenti.

*Figura 3: Iveco Eurocargo*



Fonte: <https://cdn.motor1.com/images/mgl/Rq6jzK/s1/1x1/iveco-eurocargo-2024.webp>

### 1.3.3 Stabilimento di Madrid

Questo stabilimento richiede principalmente assali per mezzi pesanti, in quanto risulta il principale produttore di veicoli di tale tipologia marchiati IVECO, quali ad esempio IVECO Stralis (S-Way), IVECO Trakker (T-Way) e IVECO X-Way. Tra questi citiamo il modello Stralis, descritto in figura 4, prevalentemente utilizzato sui trasposti on-road di lunga durata, per il quale è mandatorio massimizzare l'efficienza operativa e le prestazioni su strada. Nella parte anteriore del veicolo vengono predisposti ponti a ruote indipendenti, per consentire a ogni ruota un movimento indipendente dall'altra, così da creare un'ottimale manovrabilità su strade non perfettamente asfaltate, in coesione operativa con i ponti posteriori che invece utilizzano una riduzione semplice.

*Figura 4: Iveco Stralis*



*Fonte:*

*data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAQ/2wCEAAkGBxMTEhUTEhMWFURXG BkYFxcXGBoVGBgYFxcUYFxcgYFxcYHSggGholGxYXITEhJSkrLi4uFx8zODMtNygtLisBCgoKDg0OGx*

Per quanto riguarda la gamma Trakker (figura 5), la si utilizza nella circolazione off-road nel settore delle costruzioni edili, dell'estrazione mineraria e ulteriori applicazioni off-road con carichi pesanti. Conseguentemente vengono utilizzati assali rigidi anteriormente, per resistere a carichi pesanti e a terreni accidentati, mentre posteriormente si utilizzano ponti a doppia riduzione. Ultima tipologia ma non per importanza, si configura nella gamma X-Way, descritta in figura 6, che risulta essere una sorta di via intermedia tra i due modelli appena citati, per la quale si utilizzano ponti anteriori ad assale rigido capaci di sostenere una maggiore portata rispetto alla gamma Stralis, mentre sul posteriore vengono utilizzati ponti a doppia riduzione, che forniscono una maggiore capacità di trazione e durabilità. Una differenza sostanziale rispetto alla gamma T-Way, che influisce anche sulle

diverse tipologie di assali, è il sistema frenante: trattandosi di veicoli con minore portata, viene utilizzato un classico freno a disco piuttosto che il freno a tamburo, quest'ultimo impiegato sugli assali montati sui veicoli della gamma T-Way.<sup>8</sup>

*Figura 5: Iveco: X-Way*



Fonte: <https://www.iveco.com/italy/-/media/IVECOdotcom/Content/Products/X-Way/gamma/carousel-xway24-1.jpeg?h=1080&iar=0&w=1920&rev=-1>

*Figura 6: Iveco T-Way*



Fonte: [https://cdn.motor1.com/images/mgl/eoozg6/s3/iveco\\_t-way\\_if\\_design\\_award.jpg](https://cdn.motor1.com/images/mgl/eoozg6/s3/iveco_t-way_if_design_award.jpg)

---

<sup>8</sup> FPT Industrial, (n.d.), *Propulsori per veicoli industriali: Scopri i prodotti e servizi FPT Industrial*, FPT Industrial, Retrieved September 10, 2024, from <https://www.fptindustrial.com/it>

## 1.4 Le UTE: Cosa sono e loro funzioni

Lo stabilimento Driveline risulta funzionalmente suddiviso in UTE (Unità Tecnologica Elementare), ognuna comprendente una serie di linee di produzione. Si possono distinguere due categorie di UTE: quelle relative alla lavorazione e quelle riferite al montaggio, rispettivamente dedicate alla lavorazione della materia prima e al successivo assemblaggio dei primi semilavorati di ponti e assali, al fine di ottenere il veicolo vero e proprio presso le sedi deputate. Lo stabilimento torinese Driveline conta attualmente un totale di 8 UTE, di cui cinque dedicate alla lavorazione e tre al montaggio.

UTE 1: composta da una linea dedicata alla lavorazione dei semiassi e dall'isola per la lavorazione dei mozzi ruota per i ponti NDA a ruota gemellata e HD, quest'ultima è costituita da due centri di lavoro rispettivamente dedicati alla tornitura e alla foratura.

UTE 2: comprende molte linee di produzione, ognuna delle quali deputata a una funzione diversa. Si citano la linea dedicata alla lavorazione dei corpi scatola per mezzi pesanti, comprensiva di tre macchinari dedicati per i diversi tipi di corpi scatola. Una linea specifica viene rivolta alla lavorazione delle semiscatole differenziali, in particolare le semiscatole NDA che, richiedendo volumi di produzione elevati, hanno necessità di tre diversi macchinari di lavorazione, per assicurare rispettivamente la tornitura di sgrossatura, tornitura di precisione e la foratura. Ancora troviamo una linea dedicata al sistema di leve, ovvero il componente essenziale che permette al veicolo di sterzare. Infine, rileviamo ulteriori tre linee dedicate alla lavorazione di componenti per motoassali e prodotti per assali pesanti, oltre a una linea per la lavorazione dei coperchi, ovvero dei componenti da integrare con i corpi scatola dei ponti per mezzi pesanti.

UTE 3: è adibita alla lavorazione dei bracci e delle scatole per ponti. La lavorazione dei bracci avviene su tre linee distinte, rispettivamente dedicate ai bracci per ponti NDA a ruota gemellata e HD, ai bracci per ponti NDA a ruota singola e ai bracci per ponti SPR. La lavorazione delle scatole invece comprende tre specifiche isole rispettivamente dedicate ai ponti NDA, HD e SPR.

UTE 5: si occupa della lavorazione dei corpi assali, fusi, perni fuso e mozzi, ogni linea di produzione richiede la presenza di più macchinari a utilizzo specifico. È inoltre possibile modulare la lavorazione dei corpi assali pesanti sul macchinario dei corpi assali medi, ciò riesce a dare una maggiore flessibilità senza pause nel ciclo di produzione.

La presente panoramica delle UTE di lavorazione si conclude citando la UTE 7, dedicata alla lavorazione delle coppie coniche e dei pignoni. Al suo interno troviamo un'isola produttiva composta

da quattro macchinari, dedicata alla lavorazione dei fusi utilizzati nei ponti destinati alla gamma IVECO Stralis.

Di seguito le UTE dedicate al montaggio:

UTE 8: composta da due linee, di cui la prima è dedicata alla realizzazione di motoassali, mentre la seconda si occupa della produzione di assali posteriori per mezzi pesanti.

UTE 9: comprende tre linee, che realizzano rispettivamente il montaggio di ponti NDA sia a ruota gemellata che a ruota singola, la produzione di ponti SPR alternata con i ponti HD, mentre l'ultima linea si occupa del montaggio di tre delle quattro famiglie di assali.

Infine, abbiamo la UTE 10, adibita al montaggio di assali pesanti e ponti per mezzi pesanti, prevalentemente destinati ai veicoli IVECO Stralis e IVECO Trakker. Per quanto sopra esposto, risulta quindi di fondamentale importanza che tali tipologie di UTE vengano costantemente supervisionate, assicurando allo stesso tempo comunicazione e reciproco allineamento operativo in interconnessione tra loro. Le UTE sopra descritte vengono coordinate da strutture operative specifiche presenti all'interno dello stabilimento come:

- Logistica;
- Finanza;
- Qualità;
- Risorse Umane;
- Ambiente e Sicurezza;
- Work analysis;
- Launch e WPI;
- PTS (Plant Technical Support).

Il sottoscritto ha svolto lo stage all'interno dell'ente PTS, che si occupa del supporto tecnico all'impianto. Tutte le richieste che provengono dall'interno dello stabilimento vengono comunicate al PTS (necessità di nuovi macchinari a causa di guasti o di scarsa efficienza o per motivi di sicurezza, progetti necessari per migliorare le linee di produzione), che conseguentemente si occupa di stilare vari documenti e seguire passo dopo passo le fasi che portano al collaudo o alla fine del progetto in questione.

## 2. Analisi della linea kit NDA

Il progetto che verrà descritto all'interno dell'elaborato si incentra sulle modalità di implementazione di una piattaforma denominata "Space-One", in corso di implementazione all'interno dell'UTE 9, a cui viene affidato l'obiettivo di rendere tracciabile ogni attività operativa compresa all'interno della linea produttiva controllata dall'applicazione. Le finalità del progetto perseguono il miglioramento dell'efficienza della linea adibita alla produzione dei kit differenziali (figura 7) da applicare sui ponti NDA, i quali, come citato in precedenza, richiedono elevati standard di produzione quantitativa a soddisfacimento della corrispettiva domanda, quest'ultima usualmente cospicua da parte dei clienti. Allo scopo di migliorare qualità ed efficienza degli specifici processi produttivi, si rende necessario limitare al minimo accettabile le probabilità di eventi avversi/errori durante le fasi di composizione dei kit differenziali successivamente destinati al definitivo assemblaggio, evitando ripercussioni di processo, sia sotto il profilo economico che gestionale.

*Figura 7: Area kitting*



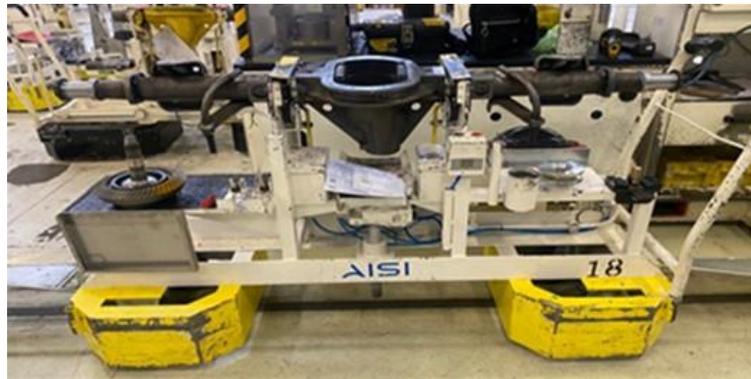
*Fonte: Elaborazione propria*

Come esempio esplicativo riportiamo come, nel contesto produttivo dello stabilimento Driveline di FPT Industrial, il processo di "kitting" si consolidi nella preparazione e assemblaggio dei componenti necessari per la produzione, rivelandosi allo stesso tempo una delle aree non esente a criticità, con un impatto diretto sull'efficienza e sulla qualità del prodotto finale. La complessità del processo e la varietà dei componenti coinvolti hanno evidenziato la necessità di introdurre provvedimenti migliorativi, culminati nell'implementazione del progetto Space-One, così da risolvere le problematiche emerse e ottimizzare il flusso produttivo. In particolare, la vecchia procedura di kitting mantiene una serie di inefficienze che generano errori significativi, specialmente nella gestione di molteplici componenti chiave come il cartellino, la matricola LIMO, la targhetta, la scatola del ponte,

la flangia di ingresso, la coppa dell'olio e il rapporto del pignone conico. L'assenza di procedure standardizzate e automatizzate per il controllo e l'allineamento di questi componenti genera problematiche che si ripercuotono negativamente e a catena lungo l'intero processo produttivo. Uno degli errori più frequenti riguarda la mancata corrispondenza tra il Part-Number (PN) riportato sul cartellino, sulla LIMO e sulla targhetta dei componenti. In assenza di un controllo automatizzato pienamente efficiente, si concretizza la possibilità di un incorretto allineamento dei Part-Number, così portando all'assemblaggio di componenti incompatibili. Ad esempio, un errore nella verifica del PN associato alla scatola del ponte può risultare in un assemblaggio errato, con il rischio di un difetto non rilevato fino alle ultime fasi di produzione e rendendo necessaria la rilavorazione dell'intero componente, generando ritardi significativi nella linea di produzione e costi aggiuntivi per l'azienda. Un'altra criticità emersa dalla procedura non aggiornata riguarda il controllo della flangia di ingresso e della coppa dell'olio. Senza l'ausilio di un sistema automatizzato che garantisce la corretta selezione e abbinamento di questi componenti, possono verificarsi errori che compromettono la qualità del prodotto finale. Ad esempio, l'uso di una flangia con caratteristiche non conformi rispetto al progetto, magari con un disegno errato delle alette o una superficie non perfettamente liscia come richiesto, conduce a difetti di assemblaggio e difficoltoso rilievo tempestivo degli stessi. Tali difetti possono non essere immediatamente rilevati, diventando causa di alti costi di rilavorazione dovuti anche agli ulteriori costi del personale e di eventuali ritardi di produzione. Inoltre, la mancata verifica del rapporto del pignone conico rappresenta un ulteriore punto critico. In assenza di un controllo rigoroso, può accadere che un rapporto errato venga inizialmente utilizzato nel montaggio finale, per poi essere rilevato soltanto dopo i vari controlli effettuati dall'ente della qualità. Tale errore, oltre a comportare la necessità di sostituire il componente, potrebbe condurre anch'esso ad elevati costi di rilavorazione e ritardo nei tempi di consegna, ma potrebbe anche causare lo scarto di tali componenti, le quali dopo eventuali rilavorazioni potrebbero risultare danneggiate. Risulta pertanto evidente come, allo stato attuale, all'interno della linea produttiva operante nello stabilimento, non sia possibile rilevare ogni tipologia di errore, sarebbe pertanto utile introdurre delle modifiche per il controllo e verifica in completo automatismo del caricamento corretto dei componenti sul carrello, illustrato in figura 8. La procedura consolidata prevede infatti delle verifiche esclusivamente a carico del singolo operatore supportato successivamente dall'ente della qualità, a cui viene inevitabilmente deputata la responsabilità sull'avvenuta corrispondenza dei componenti in lavorazione e il successivo caricamento sul carrello specifico, quest'ultime fasi propedeutiche alla definitiva composizione del kit. Conseguenzialmente, la citata procedura risulta non esente da criticità e non pienamente soddisfacente in termini di efficienza e piena tracciabilità, in quanto è onere esclusivo dell'operatore leggere il codice identificativo del ponte, verificare come venga sempre e in ogni evenienza riportato

lo stesso codice identificativo sia sulla scheda di autodiagnosi che sulla scheda LIMO, oltre che sulla targhetta metallica apposta sulla scatola del ponte e che lui stesso provvede a stampare.

*Figura 8: Carrello assale*



*Fonte: Elaborazione propria*

Appare comunque necessario, ad ogni fine valutativo, rappresentare le correlate perdite economiche, talvolta non indifferenti, legate all'attivazione dell'assistenza tecnica e/o alle necessarie riparazioni/sostituzioni dei componenti difettosi. La necessità di affrontare questo complesso di criticità ha portato all'implementazione del progetto Space-One, che ha introdotto una nuova procedura di kitting basata sull'automazione e sulla tracciabilità avanzata dei componenti. La nuova procedura prevede un controllo documentale dettagliato per verificare l'unicità del Part-Number su cartellino, LIMO e targhetta, un allineamento accurato del PN del ponte posteriore con il carrello, e una serie di verifiche successive per assicurare la corretta selezione della flangia di ingresso, della coppa dell'olio e del rapporto del pignone conico. Questi cambiamenti hanno ridotto drasticamente la possibilità di errori e hanno migliorato la qualità complessiva del prodotto, riducendone ritardi e costi associati alle rilavorazioni. Il progetto Space-One, con la sua attenzione alla standardizzazione e all'automazione, consolida una risposta efficace alle criticità emerse, garantendo che la produzione possa procedere senza interruzioni e con un livello di qualità conforme agli elevati standard richiesti dal mercato. All'interno di questo elaborato si analizzerà nel dettaglio il funzionamento del progetto Space-One e si valuteranno i risultati ottenuti, evidenziando le migliorie apportate alla linea produttiva e i benefici in termini di efficienza e qualità. Con l'intento di impattare e risolvere le problematiche operative appena descritte, allo specifico sistema software proposto, opportunamente configurato e implementato, viene così affidato il compito della risoluzione delle criticità, per il

tramite di un sofisticato e accurato tracciamento della linea produttiva di ogni singola componente. Il progetto prevede infatti l'implementazione delle interfacce di comunicazione tra la piattaforma Space-One e il Web Services di livello 2. Tali servizi, tutti in modalità web, utilizzano metodi appartenenti al linguaggio HTTP (come GET, POST, PUT e DELETE) e codici di stato HTTP allo scopo di garantire adeguati ed efficienti livelli di comunicazione strutturata tra sistemi diversi.

## 2.1 Rilevazione degli errori 2022

Di seguito in tabella 1 è rappresentato un breve quadro della situazione attuale:

*Tabella 1: Analisi rilevazione errori 2022*

FTQ YTD	No First Time Right NDA	NDA Production	N° of Case detected by QG	Impact of cases on FTQ	FTQ without specific issue
0.956 X	0.0442 X	X	0.003 X	0.003 X	0.959 X

*Fonte: Elaborazione propria*

La tabella esamina la performance produttiva dell'anno 2022 con un focus specifico sulla metrica First Time Quality (FTQ). L'FTQ costituisce una misura che rappresenta la percentuale di prodotti che superano i controlli di qualità al primo tentativo, senza necessità di rilavorazioni o correzioni. Una FTQ elevata indica un processo produttivo efficiente e una elevata qualità del prodotto finale. Di seguito, viene fornita un'analisi dettagliata della tabella, esponendo il significato di sigle e metriche riportate. Le tabelle sottostanti faranno riferimento al numero totale di ponti NDA prodotti, indicato con la variabile X che rappresenta quindi il 100% delle unità prodotte. FTQ YTD identifica la percentuale di prodotti fabbricati correttamente al primo tentativo durante l'anno 2022 (Year to Date). La percentuale di FTQ YTD è il 95,60%, il che significa che il 95,60% della produzione NDA è risultato conforme agli standard di qualità al primo passaggio. Si tratta ovviamente di un ottimo risultato, suggerendo come il processo produttivo risulti efficiente e che la maggior parte dei prodotti soddisfi i requisiti di qualità senza ulteriori necessità di interventi correttivi. “No First Time Right NDA” rappresenta il numero di unità NDA (New Daily Axle) che al contrario non hanno superato il controllo qualità al primo tentativo. Nella tabella, il 4,42% delle unità prodotte non ha superato i test di qualità al primo tentativo. Sebbene questa cifra rappresenti una piccola parte del totale, è indicativa delle unità che dopo il primo controllo richiedevano rilavorazioni o correzioni avendo un impatto non indifferente dal punto di vista economico. Il numero di casi rilevati dal Quality Gate (QG) rappresenta invece i difetti individuati durante il controllo qualità finale. In totale, lo 0,30% delle unità prodotte

è stato rilevato dal Quality Gate, rappresentando un piccolo sottogruppo del totale. Il Quality Gate costituisce una fase critica nel processo produttivo, in cui vengono eseguiti controlli rigorosi dall'ente della qualità per assicurare che i prodotti conformi possano essere immessi sul mercato senza ulteriori interventi. L'impatto relativo alle unità rilevate dal Quality Gate è stato pari allo 0,30% sull'FTQ totale, il che ha leggermente ridotto l'FTQ dal potenziale massimo del 95,90% al 95,60%. Tale impatto, pur rivelandosi relativamente minimo, risulta comunque significativo per comprendere l'efficacia dei controlli di qualità. Senza i difetti rilevati dal Quality Gate, l'FTQ sarebbe stato del 95,90%, suggerendo che, con esclusione dei problemi specifici rilevati, la qualità della produzione si sarebbe rivelata ancora più alta. Conseguenzialmente, la tabella evidenzia un processo produttivo robusto, con un FTQ YTD molto elevato di 95,60%, indicando così come la maggior parte delle unità prodotte risulti conforme agli standard di qualità al primo tentativo. Tuttavia, non si esclude ulteriore spazio per miglioramenti, soprattutto considerando i casi rilevati dal Quality Gate, per il loro impatto complessivo sull'FTQ. Ridurre ulteriormente il numero di "No First Time Right" e migliorare i processi per evitare i difetti rilevati potrebbe far innalzare l'FTQ con l'obiettivo di superare il valore massimo potenziale del 95,90% o addirittura oltre. L'obiettivo per gli anni futuri dovrebbe essere quello di minimizzare ulteriormente i difetti riscontrati, puntando a un FTQ ancora più elevato, migliorando così la qualità del prodotto e l'efficienza produttiva complessiva e rendendo non necessaria la rilavorazione di componenti difettosi.

## 2.2 Rilevazione degli errori 2023

La tabella 2 sottostante analizza le performance produttive del primo trimestre del 2023 (Q1 '23).

*Tabella 2: Analisi rilevazione errori 2023*

<b>FTQ YTD</b>	<b>No First Time Right NDA</b>	<b>NDA Production</b>	<b>N° of Case detected by QG</b>	<b>Impact of cases on FTQ</b>	<b>FTQ without specific issue</b>
0.964 X	0.0358 X	X	0.0054 X	0.005 X	0.97 X

*Fonte: Elaborazione propria*

La percentuale di FTQ YTD si attesta al 96,40%, in netto miglioramento rispetto al valore annuale del 2022, che era del 95,60%. Questo aumento di 0,8 punti percentuali conferma come le misure adottate per migliorare la qualità stiano determinando un impatto positivo, riducendo ulteriormente il numero di prodotti difettosi. Durante il primo trimestre del 2023, solo il 3,58% di unità non superano il controllo qualità al primo tentativo. Rispetto alla produzione totale, questo valore rappresenta una piccola percentuale, ma ugualmente confermano l'importanza del monitoraggio e al fine di ridurre

ulteriormente questa tipologia di casi e migliorare l'efficienza operativa. Con X unità prodotte, il contesto di produzione è chiaro: la grande maggioranza di queste unità ha superato i controlli di qualità al primo tentativo, come indicato dall'alto valore di FTQ. Si sono verificati lo 0,54% di casi di non conformità rilevate dal Quality Gate nel primo trimestre del 2023, che costituiscono un impatto misurabile sulla FTQ complessiva. Sebbene il numero di difetti rilevati sia limitato, questi rivestono comunque un impatto significativo sulla qualità complessiva della produzione, infatti, i casi rilevati dal Quality Gate hanno un impatto del 0,54% sull'FTQ totale. Questo è un aumento rispetto allo 0,30% rilevato nel 2022, suggerendo che, sebbene la qualità generale sia migliorata, i casi rilevati dal Quality Gate nel primo trimestre del 2023 hanno comportato un impatto maggiore sull'FTQ. Senza i difetti rilevati dal Quality Gate, l'FTQ avrebbe raggiunto il 97,00%, il che dimostra come la qualità della produzione si assesti a livelli molto rilevanti, con soltanto una piccola parte del totale richiedente ulteriori controlli o rilavorazioni. L'analisi della tabella per il primo trimestre del 2023 mostra un processo produttivo in rilevante miglioramento rispetto all'anno precedente, con un FTQ YTD più alto (96,40%) rispetto al 2022, tuttavia, l'aumento dell'impatto dei casi rilevati dal Quality Gate (0,50%) indica che, nonostante la qualità complessiva risulti migliorata, persistono ancora aree specifiche su cui è necessario concentrarsi per ridurre ulteriormente i difetti. Per questo motivo l'obiettivo futuro dovrebbe quindi essere quello di minimizzare l'impatto di questi difetti, così da avvicinarsi il più possibile a un FTQ senza problemi specifici che superi il 97%, continuando a perseguire il miglioramento della qualità. Nonostante i miglioramenti evidenziati nelle metriche di qualità e l'aumento del First Time Quality (FTQ) nel primo trimestre del 2023 rispetto all'anno precedente, i costi associati alla non conformità permangono significativi, infatti, sebbene ci sia stato un progresso nel controllo e nella riduzione dei difetti, il peso economico delle non conformità persiste come un fattore rilevante. Questo suggerisce che, nonostante la riduzione del numero di prodotti non conformi, ogni singolo caso di difetto o rilavorazione non cessa di impattare considerevolmente sui costi per l'azienda, e questa voce di spesa riflette l'importanza di continuare a concentrarsi non solo sulla riduzione delle non conformità in termini quantitativi, ma anche sull'ottimizzazione dei processi per minimizzare le spese associate. È cruciale, pertanto, che le iniziative future mirino non solo a mantenere o migliorare l'attuale FTQ, ma anche a ridurre ulteriormente l'incidenza economica delle non conformità, garantendo così un'ottimizzazione non solo qualitativa ma di conseguenza anche finanziaria.

### 3. La qualità nei processi produttivi

Con il termine Qualità, si suole indicare generalmente l'insieme delle caratteristiche e delle proprietà di un prodotto, processo o servizio, che ne conferiscono la capacità di soddisfare le esigenze implicite o espresse del cliente. In buona sintesi, la qualità è il rapporto tra requisiti soddisfatti e requisiti attesi, in riferimento a qualsiasi bene sia materiale che immateriale. Bisogna considerare come la qualità possa essere “customer driven” in quanto i livelli di performance e di conformità vengono stabiliti dai clienti come i soli deputati a valutare il livello di qualità e quindi dal contesto utilizzato. Con un esempio banale, infatti si potrebbe consolidare un componente meccanico con un'alta qualità di performance se utilizzato per veicoli stradali standard, ma di scarsa qualità se impiegato su veicoli da competizione. In riferimento ad ambiti economici e delle acquisizioni ingegneristiche oltre che dei processi produttivi, vediamo come la qualità si riveli un componente ampiamente radicato nell'intera storia dell'umanità:

Le prime testimonianze sulla qualità relative al settore dell'industria fanno infatti riferimento alla Prima e alla Seconda Rivoluzione Industriale. A seguito dell'introduzione di attrezzature meccaniche e alla produzione di energia termica a partire dallo sfruttamento del carbone come fonte energetica e in seguito dell'elettricità, divenne palese la necessità di evolvere da una produzione esclusivamente di tipo artigianale ad una produzione massificata su grandi volumi. Era ormai ineludibile una efficace ed elevata standardizzazione di queste tipologie di produzione. Con tale approccio, l'ottenimento della qualità non dipendeva più esclusivamente dalle professionalità e capacità dell'artigiano, bensì dalle modalità con cui erano progettati, formalizzati, controllati e monitorati i vari processi produttivi.<sup>9</sup> Negli anni che precedono il Primo conflitto mondiale, le principali realtà industriali orientavano i loro focus principali sulla quantità produttiva e i correlati volumi produttivi, mentre la verifica dei processi di qualità produttiva veniva affidata alle procedure di collaudo. Allo scoppio della Grande Guerra, questo non bastò in quanto si assistette inevitabilmente a una drastica diminuzione dei volumi di produzione, nonostante la manodopera rimanesse altamente qualificata. Solo dopo, negli anni Venti, la qualità nel senso tradizionale del termine inizia a prendere concretezza, con la nascita delle prime grandi aziende poiché, a causa delle rilevanti quantità di pezzi non conformi

---

<sup>9</sup> Ashby, M. F. (2016). *Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice*, Elsevier

Rivoltella, P. C., (2022), La qualità della ricerca e la ricerca di qualità: Una riflessione, *Quaderni di Sociologia*, 80(4), 43-58, Retrieved August 26, 2024, from <https://journals.openedition.org/qds/5993>

che incidevano sulla produzione industriale del tempo, si rese necessario sottoporre le variabili di processo a controlli via via più stringenti così da potere gestire adeguatamente volumi di produzione sempre più elevati e a costi gestionali contenuti e ridotti. Fu così che videro la luce i primi metodi statistici per il controllo della qualità, basati su supporti grafici e denominate carte di controllo. Gli scopi del controllo qualità erano garantire la conformità del prodotto e fronteggiare le eventuali criticità se presenti dei punti critici, ed errori ripetitivi o casuali all'interno dei processi produttivi, con la finalità di separare i prodotti finiti conformi da quelli difettosi al termine della produzione stessa. Questo tipo di controlli veniva effettuato però soltanto alla fine del processo, risultando così incompleti e con larghe sacche di inefficienza. Un primo punto di svolta si rilevò nel periodo intercorso tra l'anno 1920 e il 1945 quando, per merito di George D. Edwards e a Walter A. Shewhart, da allora considerati pionieri del controllo statistico della qualità, vennero introdotte le prime tecniche di controllo sull'intero processo produttivo, con un utilizzo molto più ampio e versatile dei criteri statistici. La metodologia attuata prevedeva controlli soltanto su pochi prodotti finiti, con cui si riusciva però ad evidenziare eventuali problemi e irregolarità che si potevano correlare all'intero processo produttivo. L'apporto di tali metodi innovativi ottenne la sua massima applicazione durante gli anni della Seconda guerra mondiale poiché, a causa del necessario e massiccio impiego di forza lavoro non specializzata e inesperta, quest'ultima era soggetta ad un margine di errore notevolmente più impattante. Dopo la fine della Seconda guerra mondiale, si iniziò pertanto a parlare di qualità in ottica totalmente diversa, principalmente grazie al Giappone che, dopo la pesante sconfitta subita, cercò una stavolta accettabile rivalse con il tentativo di specializzarsi nei vari ambiti della qualità, allo scopo di tornare una nazione competitiva all'interno del mercato globale. I tecnici giapponesi ebbero il merito di cambiare totalmente prospettiva, concentrandosi non più sulla qualità dei singoli prodotti ma sulla qualità di processi e produzione, riuscendo così a immettere in commercio prodotti migliori a costi notevolmente inferiori, dando così vita al cosiddetto "modello giapponese" della qualità. Un simile cambio di prospettiva ottenne l'effetto di superare una tipologia di problemi assai radicati nella cultura industriale occidentale come i limiti connessi alla suddivisione rigida del lavoro e l'incapacità di soddisfare le variabili della domanda. I tecnici ed esperti giapponesi si focalizzarono così su una progettazione molto più accurata e su una sofisticata applicazione di un Sistema di Qualità formale che fosse in grado di ridurre considerevolmente la capacità di generare errori, così tracciando definitivamente la strada futura della qualità moderna.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (Eds.). (1999), *Juran's Quality Handbook* (5th ed.), McGraw-Hill

### 3.1 Il fordismo

“Con questo termine ormai ampiamente diffuso, si definisce una peculiare forma di produzione impostata principalmente sulla tecnologia della catena di montaggio (assembly-line) al fine di incrementare la produttività.” Il termine “fordismo” prende il nome dal suo ideatore, lo statunitense Henry Ford che, perfezionando le teorie del suo connazionale Fredrick Taylor, riuscì a creare un sistema di organizzazione aziendale completamente rivoluzionario, in questo caso nel settore della produzione automobilistica. Per comprendere appieno il concetto di fordismo, è opportuno considerare i principi basilari del taylorismo, la dottrina che lo ha ispirato. Sviluppato da Frederick Winslow Taylor, veniva impostato sulla graduale eliminazione dell'autonomia dei singoli operai e sull'applicazione di discipline rigorose di processo. I livelli produttivi venivano in tal modo suddivisi in unità elementari e ripetitive, affidate a singole unità di personale. Con tale metodo si mirava così a massimizzare l'efficienza attraverso la specializzazione e la ripetitività del lavoro intesa come padronanza ed efficacia delle mansioni svolte. Il fordismo, introdotto agli inizi del XX secolo, si fondava pertanto su una pianificazione precisa e rigorosa delle fasi produttive, riservando una particolare attenzione a ogni singolo atto operativo. Un pilastro fondamentale risiedeva nell'uso della catena di montaggio, altamente meccanizzata, che semplificava e velocizzava le attività produttive, determinandone quindi i ritmi di lavoro. Con questa innovazione il concetto di lavoro artigianale veniva pressoché rivoluzionato, poiché l'elemento da lavorare veniva direttamente portato davanti all'operaio, che così non necessitava di particolari competenze a causa dell'elevata standardizzazione del processo lavorativo. In tal modo il modello fordista puntava a offrire prodotti standard a prezzi più bassi e quindi vantaggiosi. Rimane da sottolineare come, nonostante l'elevato grado di meccanizzazione, il processo produttivo richiedesse sempre e comunque l'intervento umano. Infatti, Henry Ford non ometteva di considerare l'importanza delle risorse umane, adottando di conseguenza anche un sistema incentivante, come ad esempio l'aumento dei salari e la formazione allo scopo di consolidare gruppi di lavoro fortemente motivati. Negli anni a venire, la dottrina del fordismo si diffuse rapidamente nei moderni sistemi industriali non solo degli Stati Uniti, ma poi ad altri paesi e settori, a partire dall'industria automobilistica fino ad arrivare all'intero settore manifatturiero. Nonostante la capacità del modello fordista di aumentare significativamente la produttività, esso non era esente da concreti svantaggi strutturali come ad esempio la rigidità produttiva. La produzione di

---

Mondadori Education, (n.d.), Le tappe dello sviluppo storico del concetto di qualità, Mondadori Education, Retrieved August 26, 2024, from [https://msmms.hubscuola.it/saggio/120RE0066313/8a83e2eb-dae5-48c0-a941-6bad94ba82a9/A2\\_u1\\_stec\\_tappe\\_sviluppo\\_storico\\_qualita.pdf](https://msmms.hubscuola.it/saggio/120RE0066313/8a83e2eb-dae5-48c0-a941-6bad94ba82a9/A2_u1_stec_tappe_sviluppo_storico_qualita.pdf)

QualitiAmo, (n.d.), L'evoluzione del concetto di qualità: Un lungo percorso, QualitiAmo, Retrieved August 26, 2024, from <https://www.qualitiamo.com/evoluzione/lungo%20percorso.html>

massa, focalizzata sulla realizzazione di grandi quantità di prodotti identici, rendeva problematico l'adattamento rapido alle eventuali e spesso imprevedute variazioni della domanda del mercato, con una conseguente difficoltà di risposta efficace alle esigenze dei consumatori in termini di migliore varietà e personalizzazione dei prodotti. Inoltre, le linee di assemblaggio non consentivano cambiamenti agili e dinamici senza vedersi costretti a interrompere il flusso produttivo, incorrendo così in costi aggiuntivi.<sup>11</sup> Il modello fordista rendeva inevitabile anche mantenere livelli elevati di scorte di prodotti così da garantire continuità nella produzione. Sebbene si evitassero interruzioni nella linea produttiva, i costi dello stoccaggio delle scorte si impennavano in maniera significativa, anche il rischio concreto di obsolescenza. Le grosse quantità di materiali e prodotti finiti accumulati nei magazzini rappresentavano di conseguenza un investimento del tutto immobilizzato che non generava alcun valore aggiunto, aumentandone i costi operativi complessivi. Un ulteriore svantaggio si concretizzava con il limitato coinvolgimento dei lavoratori, a cui venivano attribuiti ruoli altamente specializzati e ripetitivi, a scapito della loro motivazione e senso di appartenenza all'azienda. La mancanza di coinvolgimento nelle decisioni aziendali e la scarsa partecipazione al miglioramento dei processi produttivi contribuivano a generare un ambiente lavorativo poco dinamico e innovativo.<sup>12</sup> In ultimo, la gestione della qualità nel modello fordista poteva intervenire principalmente solo alla fine del processo produttivo, e quindi non risparmiava dagli alti costi per la correzione dei difetti che venivano rilevati solo a produzione ultimata. Questo approccio limitava la capacità dell'azienda di prevenire i difetti in tempo reale e di garantire standard elevati di qualità sin dall'inizio della produzione.

---

<sup>11</sup> Pyzdek, T., & Keller, P. (2018), *The Six Sigma Handbook*, McGraw-Hill Education

<sup>12</sup> Harmon, P. (2020), *Business Process Change: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals*, Elsevier

## 3.2 Il modello giapponese

Per come accennato in precedenza, alla fine del secondo conflitto mondiale l'intero Giappone risulta stremato dallo sforzo bellico sostenuto, e la grande maggioranza delle sue aziende, tra cui Toyota risultano in sofferenza. In tale periodo, più precisamente tra il 1948 ed il 1975, divenne pertanto mandatorio ottimizzare il più possibile la produzione industriale, vista la scarsità di risorse rimaste disponibili. Questa complessa situazione portò alla nascita del cosiddetto "Toyota Production System", un modello organizzativo fondato sul concetto di "fare di più con meno", che ricercava un aumento della produttività delle strutture aziendali mediante l'utilizzo ottimizzato delle poche risorse disponibili, al meglio delle possibilità esistenti. Obiettivi evidenti di tale modello sono l'eliminazione di sovraccarichi operativi e inconsistenze produttive e soprattutto, l'abbattimento degli sprechi. Al fine di analizzare in maniera più approfondita il modello giapponese di sviluppo industriale, bisogna individuarne i tratti distintivi che successivamente ne hanno decretato il successo su scala mondiale, come l'eliminazione del fenomeno della ridondanza, il coinvolgimento mirato dei dipendenti nelle decisioni operative e la partecipazione fattiva dei fornitori con l'obiettivo della cosiddetta "Qualità Totale".<sup>13</sup> Teorizzato da Taiichi Ohno, il modello giapponese si focalizza sulla "produzione snella" o "lean production", una filosofia gestionale contraddistinta dall'impiego di un numero significativamente ridotto di risorse rispetto al tradizionale modello fordista. Tale approccio conduce a un utilizzo minimalista di materiali, scorte, spazi, addetti e tecnologie. L'ingegnere giapponese introduce il concetto di "officina minima", sottolineando il valore di una riduzione degli sprechi in ogni singola fase del processo produttivo, che viene così snellito come conseguenza dell'eliminazione continua di tutte quelle attività non in grado di aggiungere valore, implementando efficienza e costi operativi.

Vengono così teorizzate sette fonti principali di spreco:

- Overproduction: produzione di più unità rispetto a quelle richieste dal cliente;
- Defects: produzione di pezzi difettosi, i quali dovranno essere rilavorati o al più scartati;
- Excess of activity: eseguire un numero eccessivo di attività senza alcun valore aggiunto al prodotto;
- Movement: spostamenti o movimenti improduttivi compiuti dagli operatori;

---

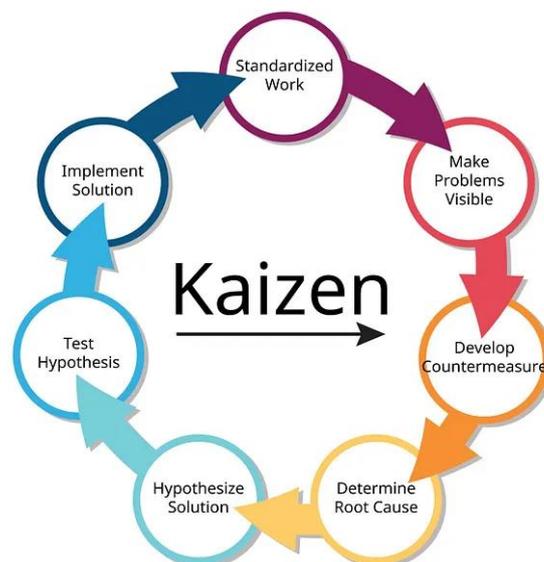
<sup>13</sup> Taiichi Ōno (1995), *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*, Productivity Press Inc

Queensland University of Technology, (2010), An analysis of Toyota's production system in the context of the automotive industry, Queensland University of Technology, Retrieved August 26, 2024, from <https://eprints.qut.edu.au/40347/1/c40347.pdf>

- Buffer stock: acquisto o produzione di materiale in eccesso rispetto a quanto richiesto dal processo produttivo;
- Waiting time: tempi di attesa delle materie prime o dei semilavorati in attesa di essere processati;
- Transport: spostamenti non necessario del materiale.

Così da perseguire l'eliminazione degli sprechi sopracitati, si ritenne necessario operare su tutti gli aspetti del processo produttivo, applicandovi un approccio basato sul miglioramento continuo, denominato "Kaizen" (figura 9).

Figura 9: Kaizen



Fonte:

*data:image/png;base64,iVBORw0KGgoAAAANSUUEUgAAAPoAAADKC  
AMAAAC7SK2iAAAB41BMVEX///+LH18KU4B3ztgAAADlSVc0seH+zWb*

Il coinvolgimento attivo dei dipendenti rappresenta un aspetto cruciale in quanto richiede una forza lavoro altamente qualificata e versatile, in grado di gestire mansioni diversificate oltre che intervenire prontamente nell'eventualità di anomalie nel processo produttivo. Peraltro, gli operatori a tutti i livelli vengono incoraggiati a interrompere la produzione in presenza di problemi rilevanti, prevenendo così la massificazione di difetti. Questo sistema viene definito autonomazione o "jidoka", enfatizza ancor

di più l'importanza del concetto di qualità per ogni fase del processo produttivo e rafforza il concetto di miglioramento continuo (kaizen).<sup>14</sup>

Il modello giapponese attribuisce grande importanza anche alla creazione di relazioni fidelizzate e quindi di lungo termine con i fornitori, basate su una comunicazione costante e sulla fiducia reciproca. I fornitori vengono selezionati non soltanto per la capacità di eseguire singole attività, ma anche per affidabilità e capacità di collaborare strettamente con il cliente. Un simile approccio collaborativo mira a integrare il più possibile i fornitori all'interno della catena di produzione, implementando qualità dei materiali oltre che tempestività delle forniture, minimizzandone i rischi associati alla variabilità delle scorte e delle materie prime. Altro principio fondamentale del modello giapponese era l'obiettivo della Qualità totale. Con questa modalità, il modello giapponese mira ad ottenere lo status denominato "zero difetti" senza un corrispettivo incremento dei costi: l'idea basilare è che l'eliminazione dei difetti si riveli più efficace ed economica quanto più realizzata in prossimità del momento in cui questi si verificano. Pertanto, il modello giapponese porta ad abbandonare i controlli ex-post in favore di un controllo qualità integrato direttamente nel processo produttivo. Per supportare e rendere realizzabile tale obiettivo, viene adottata una varietà di strumenti tecnici, metodologici e sociali, come il ciclo di Deming, i diagrammi di Ishikawa, il controllo statistico di produzione e i circoli di qualità, così da facilitare il monitoraggio continuo della qualità promuovendone il miglioramento costante dei processi.

### 3.3 Ciclo di Deming

Il ciclo di Deming, illustrato in maniera semplificata in figura 10, rappresenta un metodo di gestione della qualità che consente di attuare una strategia di miglioramento continuo in azienda, facilitando così la risoluzione dei problemi in modo strutturato e sistematico. Definisce il processo produttivo in un sistema che racchiude tutti coloro che interagiscono nei processi di erogazione del servizio, sia operatori che utenti. Il cliente-utente ne rappresenta la parte più importante perché, in sua assenza, lo stesso processo non ha alcuna ragione di esistere. Le organizzazioni devono di conseguenza instaurare rapporti di collaborazione sia con i clienti sia con i fornitori volti al miglioramento continuo del servizio offerto e alla riduzione di errori e insuccessi. ("Presentazione standard di PowerPoint - units.it")<sup>15</sup> In tal modo, qualsiasi processo può essere racchiuso all'interno di un ciclo che ne

---

<sup>14</sup> Chiarini, A. (2013), *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, Springer Science & Business Media

<sup>15</sup> Deming, W. E. (1986), *Out of the Crisis*, MIT Center for Advanced Engineering Study

caratterizza quattro momenti: plan (progettare/pianificare), do (agire/realizzare), check (controllare) e act (stabilizzare/correggere e riavvio del ciclo di intervento). Deming definì un ciclo operativo che denominò “Ruota” partendo dalle fasi reali del processo industriale e inserendovi però alcuni step operazionali, che ne traducevano la logica della ricerca:

1. Progettazione del prodotto e prove di qualificazione;
2. Produzione con prove in linea o in laboratorio;
3. Introduzione nel mercato;
4. Verifica del prodotto durante l’utilizzo, raccolta delle opinioni dei clienti, ricerca delle ragioni del mancato acquisto;
5. Riprogettazione del prodotto sulla base delle reazioni del mercato come qualità, prestazioni e prezzo;
6. Nuove prove di qualificazione.

La novità della riflessione operativa di Deming consiste nell’aver applicato l’idea del ciclo (ricerca) al sistema complesso delle organizzazioni, considerate alla stregua di organismi individuali, soggetti di studio e di intervento. (“Tempi e Metodi Kaizen”) Di conseguenza, ad oggi si contano parecchie elaborazioni e varianti della “ruota” di Deming. Una tra le più conosciute si deve al giapponese Ishikawa con il modello di ciclo PDCA: questo modello consolida una strategia operativa con approccio modulare che ne consente l’applicazione con successo sia all’organizzazione nel suo insieme, come anche a qualsiasi suo processo, anche nell’ambito di lavoro di una sola persona o gruppo.

Le varie fasi vengono di seguito definite:

PLAN (pianificare)

- Definire gli obiettivi e i destinatari: gli obiettivi devono essere indicati in modo concreto e dettagliato, fornendo a tutti gli operatori le informazioni necessarie. (“Presentazione standard di PowerPoint - units.it”) Questi devono anche essere quantificati e riguardare problematiche che l’organizzazione possa risolvere con l’impegno collaborativo di tutte le gradazioni di funzione. Sia le politiche che gli obiettivi devono infatti venire introdotti nell’ambito organizzativo senza alcuna limitazione legata ai livelli gerarchici. Quanto più l’organizzazione è orizzontale e priva di barriere, tanto più sarà agevole coinvolgere il personale nei processi di raggiungimento degli obiettivi.

- Definire i metodi per raggiungere gli obiettivi: Occorre mettere a punto procedure razionali e facili da seguire. Secondo Ishikawa determinare un metodo significa standardizzarlo e renderlo utile e accessibile. In aggiunta, Ishikawa sostiene come un metodo e una procedura non possano ritenersi perfetti e come solo l'esperienza e l'abilità delle persone siano in grado di supplire all'inadeguatezza di standard e regole;
- Impegnarsi nell'istruzione e nella formazione: la formazione del personale risulta indispensabile per la comprensione, applicazione e miglioramento degli standard di lavoro. La distribuzione e la delega di responsabilità, fattore insostituibile per la realizzazione di un sistema qualità, risultano applicabili solo su operatori formati adeguatamente.

#### DO (fare)

- Svolgere il lavoro: nessuna procedura basata su standard ritenuti erroneamente perfetti, può garantire un'esecuzione priva di difetti. L'operatore applica quanto sa e ha appreso, tenendo presenti gli standard, ma utilizzando proprie esperienze e abilità. Un ciclo PDCA può anche applicarsi su singolo operatore e singolo ambito, contribuendo lo stesso in modo determinante al miglioramento continuo dell'organizzazione.

#### CHECK (controllo)

- Controllare le attività: lo scopo del controllo risiede nell'identificazione di processi/prodotti realizzati in modo non accettabile o contrario ai risultati attesi. Il problema, in questo caso, si focalizza sulle modalità idonee a rilevare le cosiddette non conformità. A tal scopo occorre "controllare le cause", utilizzando il diagramma "cause/effetto" o a "spina di pesce" di Ishikawa.

#### ACT (agire)

- Intraprendere azioni appropriate: il punto nodale non è rilevare le cause degli eventi negativi, quanto adottare iniziative efficaci e appropriate volute alla loro eliminazione. Non basta pertanto apportare modifiche ai fattori casuali individuati, ma occorre rimuoverli del tutto, risalendo alla fonte stessa del problema. Correggere e prevenire rappresentano due azioni diverse e separate.<sup>16</sup>

Il ciclo di Deming appena descritto permette di avere una visione strutturata e sistematica del miglioramento continuo e della qualità, integrando diversi elementi pianificazione, azione, controllo e correzione all'interno del processo produttivo. Tuttavia, per poter sfruttare a pieno questo approccio, risulta necessario disporre di strumenti che permettano di monitorare in maniera accurata ogni fase

---

<sup>16</sup> Paolo Senni, La filosofia di Deming e il ciclo PDCA, from <https://www.snalsbrindisi.it/documenti/doc1/Deming.pdf>

produttiva, e permettano, se necessario, di poter intervenire tempestivamente quando si presentano difetti o inefficienze. In questo contesto, l'utilizzo di tecnologie come i codici a barre gioca un ruolo fondamentale. L'automatizzazione del riconoscimento e la conseguente tracciabilità dei prodotti tramite barcode consentono di memorizzare e monitorare i dati in tempo reale, facilitando il controllo continuo (fase di Check nel ciclo di Deming) e l'adozione di azioni correttive immediate (fase di Act). Grazie ai codici a barre, è possibile identificare rapidamente eventuali discrepanze nel processo produttivo, migliorando la gestione delle scorte e riducendo errori e sprechi, elementi chiave del miglioramento continuo. Il passaggio da un approccio puramente manuale alla tracciabilità automatizzata mediante barcode non solo ottimizza il monitoraggio della qualità, ma rappresenta anche un passo avanti verso la piena realizzazione degli obiettivi del ciclo di Deming.

Figura 10: Ciclo di Deming



Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSDgVBBnzS5N-2ah-AuLMQeohV1u-PIes9c7Q&s>

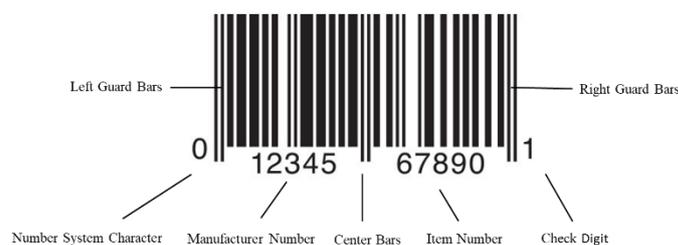
### 3.4 Barcode

Il primo prodotto scannerizzato con un lettore di codice a barre non fu niente di più che una piccola confezione di chewing-gum venduta in un piccolo supermercato di una piccola cittadina dell'Ohio chiamata Troy, il 26 giugno del 1974. E come l'omonimo riferimento dell'Iliade, il suo inventore Joe Woodland lo usò per scardinare l'intero sistema di gestione delle merci in uso negli anni 70'.

Ispiratosi ai punti e linee dell'alfabeto Morse, Woodland ideò un metodo semplice di riconoscimento di un prodotto che però potesse anche gestire una vasta mole di informazioni, utili non solo al consumatore ma anche a chi lo produceva e distribuiva. Negli anni a seguire, il codice a barre (UPC: Universal Product Code) si dimostrò del tutto rivoluzionario per le sue svariate applicazioni in ambito industriale, sanitario e finanziario, al contempo lasciando intravedere di continuo ulteriori e innovativi margini di sviluppo e applicazioni che potessero migliorarne efficacia e accuratezza, tutt'ora di stringente attualità. Il sistema su cui si fonda il riconoscimento con codice a barre definisce, con apparente semplicità, un'alternanza di barre nere e spazi bianchi di spessore e ampiezza variabile, in aggiunta a una specifica sequenza di cifre, così che le infinite combinazioni possibili di questi elementi sono in grado di generare un'identificazione univoca per qualsiasi prodotto venga deciso di contrassegnare. Sono state sviluppate diverse versioni di questa tipologia di codici a barre ma le più diffuse sono:

- EAN (European Article Number): utilizzato prevalentemente nel commercio al dettaglio, per garantire la scansione rapida dei prodotti alla cassa;
- UPC (Universal Product Code): Molto simile l'EAN è utilizzato per l'identificazione di prodotti all'interno di supermercati e negozi (figura 11);
- Code 39: Spesso utilizzato in ambiti industriali e governativi, permette di codificare fino a 43 caratteri, compresi numeri lettere e alcuni simboli;
- Code 128: Permette di codificare tutti e 128 i caratteri ASCII ed è utilizzato prevalentemente nei settori riguardanti la logistica e la qualità.

*Figura 11: Caratteristiche principali di un BAR CODE UPC*



*Fonte: Elaborazione propria*

La decodifica viene affidata a uno scanner che successivamente trasmette le informazioni racchiuse nel codice allo strumento/dispositivo elettronico associato. L'ampiezza della barra o dello spazio più sottile viene solitamente definita "dimensione X" e misurata in millesimi di pollice, costituendo la base per il dimensionamento di tutte le barre e degli spazi: maggiori valori di X sono di più facile

lettura ma aumentano anche dimensione e costi di stampa del barcode. Quanto precedentemente esposto, identifica il formato attualmente più diffuso: codice a barre lineare definito anche come 1D (unidimensionale). Il sistema di barcode consente di esplorare ulteriori campi di sviluppo tecnologico:

- Codici a barre 2D o QR, in grado di memorizzare e gestire una maggiore mole di informazioni, come ad esempio le date di scadenza e i numeri seriali del prodotto, rendendo anche più ampia la tipologia di dispositivi utilizzabili;
- Tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) che consente letture contactless e la tracciabilità in real-time; Barcode intelligenti (Smart) che contengono sia sensori che chips per il conferimento di dati addizionali come la temperatura o la gestione della catena di fornitura;
- Barcode a colori o per lo stoccaggio di grandi quantità di dati in uno spazio ancor più piccolo, mediante utilizzo di scanner con tecnologia a riconoscimento di immagini, in grado di scansionare per esempio in base al logo;
- Integrazione di uno scanner in dispositivi mobili per aumentarne l'accessibilità e la versatilità mediante l'utilizzo con palmari o cellulari, anche mediante app specifiche;
- Utilizzo dei cosiddetti self-scanning tunnel, i cui è possibile identificare qualsiasi prodotto senza dipendere da come questo passi attraverso il sistema di scansione.

Nel nostro campo di applicazione, l'impatto della tecnologia del barcode genera significativi cambiamenti nella gestione dell'intera catena di fornitura come, in primis, l'accesso immediato alla gran mole di dati correlati al materiale movimentato, ne consente la gestione di maggiori livelli quantitativi mantenendo al contempo elevati livelli di efficienza operativa. Inoltre, con l'applicazione del barcode, si è in grado di implementare il tracciamento all'interno di una linea di produzione, il monitoraggio e la gestione dei flussi dei materiali e dei prodotti attraverso l'intera catena di approvvigionamento, a partire dal ricevimento delle materie prime fino ad arrivare alla consegna del prodotto ultimato, mediante scannerizzazione di ogni componente/prodotto per ogni punto o piattaforma operativa o strutturale. Il tracciamento degli utilizzi specifici associati a ogni lotto industriale, consente di verificare correttezza e congruità dei materiali e fornitori impiegati durante le fasi di fabbricazione, collegandoli in maniera univoca, assieme alla progressione degli stessi allo scopo di identificare eventuali ritardi e/o problemi di varia natura e approntare con immediatezza le azioni correttive necessarie con riduzione dei fermi produttivi. Ne beneficerebbe anche la gestione del magazzino, con una movimentazione corretta e appropriata in base alla conoscenza in tempo reale di tutte le informazioni dettagliate, per esempio le date di produzione e di scadenza e del lotto di

appartenenza, acquisendo un monitoraggio accurato e tempestivo delle scorte di magazzino, anche in caso eventuale di adozione di procedure di riciclo del materiale.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Landt, J. (2005), *The History of RFID*, IEEE Potential

PrintShop Mail, (n.d.), Manuale di PrintShop Mail 4.1, PrintShop Mail, Retrieved August 26, 2024, from <http://www.printshopmail.com/files/ITALmanual41.pdf>

Alfacod, (n.d.), Il codice a barre: Cos'è e come funziona, Alfacod, Retrieved August 26, 2024, from <https://www.alfacod.it/blog-codice-a-barre-cosa-e-come-funziona#>

### 3.5 QR Code

Al fine di superare i limiti del codice a barre unidimensionale, come il numero poco significativo di caratteri includibili e una velocità di lettura non soddisfacente sui codici ad elevata quantità di informazioni, venne introdotto un differente standard di identificazione automatizzata denominato QR Code (Quick Response Code). Il QR Code concretizza maggiori standard di performance nella visualizzazione dimensionale dei dati sul dispositivo elettronico di lettura, assicurando una capacità di codifica per un solo crittogramma che si spinge fino a 7.089 caratteri numerici o 4.926 alfanumerici. In termini più tecnici, un QR Code può supportare una dimensione massima del simbolo di 177x177 moduli, quindi comprendendo fino a 31.329 quadrati, con una conseguente capacità di codifica che può raggiungere i 3KB di informazioni. Il ruolo di leader nel cammino di superamento dei limiti dei codici a barre unidimensionali venne assunto nel 1994 dalla Compagnia nipponica DENSO Wave, quando venne lanciato il primo QR Code. Fu Masahiro Hara a sviluppare uno speciale codice bidimensionale, denominandolo QR (Quick Response), per la decodifica estremamente rapida delle informazioni raggruppate in esso. Inizialmente ricompresa nel Gruppo Toyota, e quindi con un ruolo di pioniere nel settore dell'ottimizzazione dei flussi di lavoro industriali per l'industria automobilistica, DENSO Wave iniziò a sviluppare progressivamente un metodo per elaborare elettronicamente i kanban (bolle di accompagnamento). Introdusse così il codice QR per gestire in maniera più veloce ed efficiente i processi logistici, supportandone le esigenze di tracciabilità e gestione dei prodotti tramite la rapida estrazione di una gran mole di dati informativi. Ad es., i codici QR stampati sui kanban vengono scannerizzati in varie stazioni di lavoro così da registrare elettronicamente ogni fase del processo tramite una marcatura temporale, potendo definire anche la sequenza successiva. Questo ha rappresentato un'importante pietra miliare nella trasformazione della produzione just-in-time e dei numerosi processi gestionali collegati. Il primo QR Code del 1994, si diffuse da subito in Giappone trovando successivamente applicazione in svariati campi, dal settore alimentare all'industria farmaceutica. Oggi DENSO Wave si rapporta come una grande azienda globale focalizzata sulla mobilità avanzata.<sup>18</sup> In aggiunta a quelli sovraccitati, alcuni tra i punti di forza del QR Code comprendono:

---

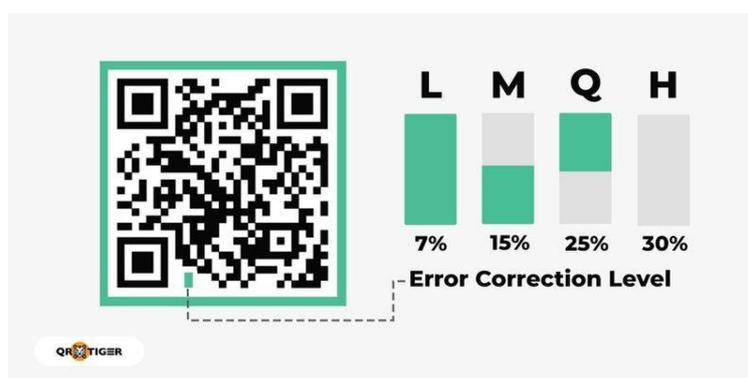
<sup>18</sup> Hara, M. (2007), *QR Code: The Evolution and Applications of Quick Response Codes*, DENSO Wave Incorporated

Datalogic, (n.d.), *Il codice a barre: Panoramica delle informazioni codificate*, Datalogic, Retrieved August 26, 2024, from <https://www.datalogic.com/ita/azienda/panoramica-dellazienda/il-codice-a-barre-co-5241.html#:~>

Vitolavecchia, (n.d.), *Codici a barre lineari: Barcode lineari*, Vitolavecchia, Retrieved August 26, 2024, from <https://vitolavecchia.altervista.org/codici-barre-lineari-barcode-lineari/>

- La possibilità di essere letti rapidamente da qualsiasi angolazione, facilitando l'utilizzo in applicazioni mobili e digitali;
- Mantengono invariata la quantità di dati anche se si riducono notevolmente le dimensioni dei codici: questa modalità risulta ideale per contesti in cui lo spazio risulta limitato, al contrario invece dei codici a barre lineari, che necessitano di un'area maggiore per estrarre le stesse informazioni;
- L'utilizzo di una codifica chiamato Reed-Solomon consente di rilevare eventuali errori nel caso la superficie in cui sia allocato il QR risulti danneggiata da macchie o graffi, con quattro livelli di correzione degli errori denominati L, M, Q e H, rispettivamente dal più basso al più alto. In tal modo si è in grado di recuperare fino al 30% delle informazioni corrotte, migliorandone l'efficienza anche quando le matrici vengono ingrandite, ridotte o viene modificata la loro risoluzione con dispositivi che modificano le immagini, evitando così perdita di informazioni per quanto possibile.

Figura 12: QR CODE correzione degli errori



Fonte: [https://media.qrtiger.com/blog/2024/06/qr-code-correction-error-leveljpg\\_800.jpeg](https://media.qrtiger.com/blog/2024/06/qr-code-correction-error-leveljpg_800.jpeg)

In sede di valutazione di un'eventuale introduzione nei processi gestionali, non vanno comunque dimenticate alcune criticità dei QR code rispetto all'utilizzo dei tradizionali codici a barre:

- Facilità di generazione dei codici a barre lineari in quanto sono più semplici da generare e stampare e la tecnologia applicata alla lettura è generalmente meno costosa;
- Compatibilità: i codici a barre lineari sono da più tempo sul mercato, ampiamente utilizzati in svariati settori sin dalla loro introduzione, specialmente negli ambiti della vendita al dettaglio e della logistica, contrariamente ai codici QR ancora non universalmente adottati in tutti i settori, fattore che ne limita l'utilità di quest'ultimi in determinati contesti;

- I codici QR possono risultare più ingombranti o con peggior effetto estetico rispetto ai codici a barre lineari che invece risultano meno intrusivi e possono essere incorporati nei design grafici con un minore impatto visivo.<sup>19</sup>

L'applicazione del QR Code all'interno di una linea di produzione consente di abbracciare pienamente il concetto di oggettivazione, un passaggio critico verso l'ottimizzazione dei flussi di lavoro e l'aumento della trasparenza operativa. Attraverso l'uso del QR Code, ogni componente, semilavorato o prodotto finito può essere monitorato in tempo reale ed in maniera dettagliata (in base alla quantità di informazioni contenuta nel QR Code) attraverso ogni fase del processo produttivo. Questa tracciabilità migliora la capacità di identificare e risolvere rapidamente le inefficienze, minimizzando gli errori e riducendo gli sprechi. L'oggettivazione, facilitata dal QR Code, consente alle aziende di definire con precisione e misurare ogni aspetto del processo produttivo. Gli operatori possono accedere istantaneamente a dati critici come la provenienza dei materiali, le istruzioni di lavorazione, e le verifiche di qualità, tutto mediante la scansione di un singolo QR Code. Questo sistema non solo velocizza le operazioni ma promuove anche un ambiente di produzione più agile e reattivo, in cui decisioni basate su dati accurati e tempestivi diventano la norma. Inoltre, l'integrazione dei QR Code con i sistemi di gestione dell'informazione e con le tecnologie di automazione industriale amplifica ulteriormente i benefici dell'oggettivazione. La capacità di monitorare e analizzare in tempo reale le performance di produzione tramite dati raccolti dai QR Code consente alle organizzazioni di attuare rapidamente miglioramenti, adattare i processi alle esigenze di mercato in evoluzione e rispondere proattivamente ai problemi prima che questi influenzino la qualità del prodotto o la soddisfazione del cliente. L'implementazione del QR Code, quindi, non solo perfeziona l'efficacia dei processi produttivi attraverso una migliore oggettivazione, ma stabilisce anche una base solida per un'innovazione continua nel contesto di un'economia globale interconnessa e tecnologicamente avanzata.

### 3.6 Oggettivazione

Il requisito individuato per ottimizzare la linea di produzione descritta è rappresentato dal criterio della Oggettivazione, su cui è quindi opportuno specificare gli approfondimenti appropriati. All'interno di una linea di produzione, specialmente per un impianto che si occupa della produzione di semilavorati e prodotti finiti, l'oggettivazione configura un processo necessario per ottimizzare la gestione dell'intero pannello di attività previste. Il concetto di oggettivazione in una linea di produzione si esplicita sinteticamente nella trasformazione di concetti, idee o processi soggettivi in

---

<sup>19</sup> Kato, H. & Tan, K.T. (2018), *Advanced Applications of QR Codes in Modern Technology*, Springer

elementi misurabili e quantificabili. Questo approccio è fondamentale per migliorare efficienza, qualità e sicurezza all'interno di una linea di produzione. Alla realizzazione di un prodotto finito concorrono una grande quantità di fattori e nell'eventualità si presenti un difetto o un malfunzionamento non sempre si è in grado di risalire prontamente all'origine del problema. Ci si deve quindi chiedere da quale causa il problema sia stato generato, se si è in presenza di errore casuale o di qualche problema intrinseco alla linea con ulteriori ripercussioni successive e generazione di scarti nel corso della produzione. Allo scopo di evitare l'insorgere di rischi generici in tutti i processi produttivi risulta necessario implementare il tipo di soluzioni per il controllo della qualità per tutte le fasi del processo, per assicurare che i componenti soddisfino le specifiche di qualità richieste. Al giorno d'oggi, per gestire in maniera efficace un processo produttivo è necessario interfacciarsi con un'ampia gamma di tecnologie che consentano di verificare l'esito della lavorazione svolta. In alcuni casi, questo può rappresentare un problema, poiché gli strumenti elettronici utilizzati all'interno della linea di produzione vengono programmati per svolgere i loro compiti specifici e possono risultare poco flessibili dal punto di vista gestionale. L'oggettivazione permette quindi la gestione efficace di interfacce multiple su sistemi produttivi anche complessi attraverso l'implementazione di soluzioni hardware e software, allo scopo di creare un sistema uomo-macchina capace di raccogliere, modulare e, se necessario, elaborare i dati in tempo reale. Un altro concetto fondamentale viene rappresentato dalla tracciabilità, concetto che indica la capacità di registrare l'intero percorso di un prodotto in modo completo e preciso, così da consentire la ricostruzione precisa del processo di produzione in caso si verifichi un malfunzionamento nel prodotto finale o la generazione di scarti ancor prima della commercializzazione, individuando più facilmente l'origine del problema. Oltre ad una più facile individuazione delle criticità produttive, la tracciabilità risulta fondamentale per monitorare lo stato di avanzamento del processo. Per implementare soluzioni che comprendano l'oggettivazione e la tracciabilità è necessario l'impiego di meccanismi di identificazione univoca su componenti, lavorazioni o postazioni di lavoro, per evitare di incorrere in errori durante la produzione e, nel caso si presentino, sapere subito dove intervenire. Per questo motivo, associate a questi meccanismi, vengono create delle procedure operative standardizzate (SOP) che descrivono in maniera dettagliata ogni singolo passaggio del processo produttivo. Per implementare queste SOP è anche necessario che tutti gli operatori della linea siano a conoscenza di ogni passaggio che deve essere svolto e che utilizzino sempre gli stessi strumenti e procedure. Tutto questo si rende assolutamente necessario per massimizzare l'efficienza produttiva. Se questo sistema viene implementato correttamente, il risultato è la rilevante riduzione degli errori dovuti alla variabilità nell'applicazione delle procedure e delle mansioni. È inoltre necessario che gli operatori siano presenti quando vengono applicate delle modifiche nel processo della linea produttiva, così da riuscire a comprendere e svolgere al meglio

tutte le nuove procedure che verranno utilizzate. Uno degli elementi fondamentali dell'oggettivazione è l'implementazione di sistemi di monitoraggio e controllo della qualità in tempo reale. Per permettere tutto ciò è necessario l'utilizzo di sensori, telecamere e altre tecnologie in grado di raccogliere i dati in corso di produzione, in maniera tale da valutare immediatamente una eventuale deviazione dagli standard predefiniti. In caso vengano rilevate determinate tipologie di errore, il sistema è così in grado di generare degli avvisi automatici per consentire interventi tempestivi da parte degli operatori, evitando che i prodotti non conformi proseguano lungo la linea di produzione.<sup>20</sup>

### 3.6.1 Oggettivazione in FPT

L'oggettivazione all'interno dello stabilimento FPT Iveco si avvale ampiamente dell'automazione, tramite l'utilizzo di isole robotizzate, macchine CNC (Controllo Numerico Computerizzato) e sistemi di movimentazione automatizzata che riducono l'intervento manuale, migliorando la produzione e l'efficienza del processo produttivo. In aggiunta, si sta rivelando fondamentale l'integrazione dell'intelligenza artificiale (IA), capace di ottimizzare ancora di più l'efficienza produttiva, in quanto quest'ultima potrebbe sostenere procedure in grado di prevedere guasti alle attrezzature e far sì che venga pianificata una manutenzione preventiva, riducendo i tempi di inattività. Nonostante le nuove tecnologie e l'alto grado di automazione, il ruolo degli operatori rimane di fondamentale importanza. Come precedentemente accennato, l'oggettivazione richiede che il personale sia formato in maniera adeguata a comprendere e seguire le SOP, oltre essere addestrato sui sistemi di monitoraggio e controllo implementati. Per questo motivo, visto che l'oggettivazione rappresenta un processo dinamico che necessita quindi di un continuo miglioramento, la formazione continua del personale è fondamentale per mantenere gli standard di competenza elevati. Ci sono possibili criticità nell'implementazione di nuove tecnologie, ad esempio i feedback degli operatori sono essenziali per identificare delle eventuali inefficienze pratiche nelle operazioni quotidiane. La maggior parte dei lavori di miglioramento produttivo svolti all'interno dell'impianto sono a carico di fornitori esterni che, nonostante conoscano l'impianto FPT e siano costantemente in contatto con i vari enti tecnici, devono rendere fattibile la procedura che sarà svolta dagli operatori, prestando così attenzione a non stravolgere sensibilmente le procedure. In quest'ultima eventualità, si potrebbe determinare un grave danno in termini di produzione, in quanto gli operatori avrebbero necessità di una lunga formazione e questo potrebbe sfociare in ritardi o addirittura in temporanei stop della produzione. Ovviamente sono da rimarcare i vantaggi derivanti dall'implementazione di un sistema di oggettivazione:

---

<sup>20</sup> Smith, J. & Chang, Y. (2019). *Process Optimization and Traceability in Manufacturing*. Springer

- **Qualità Costante:** la standardizzazione e il controllo rigoroso garantiscono che ogni prodotto soddisfi gli stessi criteri di qualità;
- **Efficienza Operativa:** l'automazione e il monitoraggio in tempo reale riducono i tempi di inattività e migliorano l'efficienza della linea di produzione;
- **Riduzione degli Sprechi:** l'accuratezza e la precisione dei processi minimizzano gli scarti e gli errori, riducendo i costi di produzione;
- **Adattabilità e flessibilità:** la capacità di integrare nuove tecnologie e implementazioni continua a mantenere efficaci le performance complessive della linea di produzione;
- **Sicurezza:** procedure standardizzate e di automazione riducono il rischio di incidenti, migliorando la sicurezza sul lavoro.

### 3.7 Enterprise Resource Planning (ERP)

L'Enterprise Resource Planning (ERP) configura un sistema integrato di gestione aziendale che permette di automatizzare e gestire una vasta gamma di processi di business in modo centralizzato. L'ERP comprende una suite di applicazioni software interconnesse che condividono un database comune, consentendo la raccolta, la conservazione e l'analisi delle informazioni aziendali in tempo reale. Questa struttura centralizzata consente alle aziende di migliorare l'efficienza operativa, ridurre i costi e migliorare il processo decisionale.

Il sistema ERP supporta vari processi aziendali (come illustrato in figura 14), tra cui contabilità, risorse umane, supply chain management, vendite, gestione delle relazioni con i clienti (CRM), produzione, e altro ancora. Grazie alla sua natura modulare, un ERP può essere personalizzato per soddisfare le esigenze specifiche di un'azienda, permettendo di implementare solo i moduli necessari.<sup>21</sup>

Figura 13: Enterprise Resource Planning



Fonte: <https://spremutedigitali.com/wp-content/uploads/2022/09/erp.jpg>

#### 3.7.1 Applicazioni dell'ERP nell'industria

Nell'ambito di un'industria manifatturiera come IVECO, l'ERP (Enterprise Resource Planning) svolge un ruolo fondamentale nel garantire che tutti gli aspetti della produzione siano gestiti in modo efficiente e coordinato. Questo sistema integrato consente di pianificare la produzione rapportandola alla domanda prevista, alle scorte disponibili e alla capacità produttiva, assicurando che le risorse siano allocate in modo ottimale, al fine di ridurre i tempi di inattività e massimizzare l'efficienza delle

---

<sup>21</sup> Leon, A. (2020), *Enterprise Resource Planning*, McGraw-Hill Education

linee di produzione. Durante il processo produttivo, l'ERP permette di monitorare in tempo reale lo stato di avanzamento dei lavori, rilevando tempestivamente eventuali deviazioni dai piani previsti. Questo monitoraggio continuo consente di intervenire rapidamente in caso di problemi, minimizzando così ritardi e costi aggiuntivi.

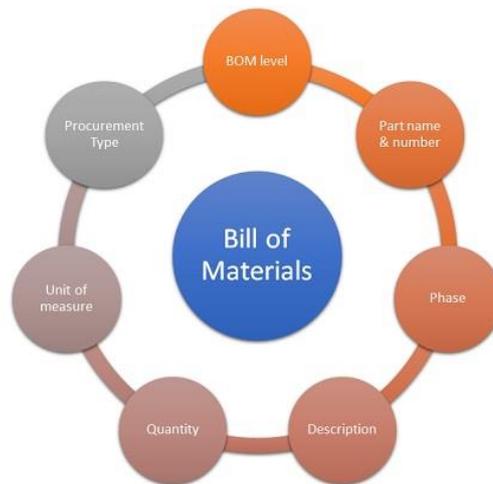
### 3.7.2 Gestione delle Distinte Base (BOM)

La gestione delle distinte base, o Bill of Materials (BOM), è un aspetto cruciale della produzione industriale (i principali componenti sono illustrati in figura 13). Il BOM definisce essenzialmente una lista completa e strutturata di tutti i componenti, materiali e sub-assemblaggi necessari per costruire un prodotto finito. In un'industria come IVECO, la precisione e la completezza della distinta base devono garantire come ogni parte del ponte si renda disponibile al momento giusto, nella quantità idonea e con le specifiche corrette. L'ERP facilita la gestione della distinta base attraverso un sistema centralizzato che consente la creazione, la modifica e la condivisione del BOM tra i vari reparti aziendali, come l'ingegnerizzazione, la produzione e la gestione della supply chain. Ogni modifica alla distinta base si riflette immediatamente su tutto il sistema, riducendo il rischio di errori dovuti a informazioni obsolete o incoerenti. Tale aspetto risulta particolarmente importante in un'industria dove i processi di produzione sono altamente interdipendenti e qualsiasi discrepanza nel BOM può portare a ritardi significativi nella produzione. L'ERP permette inoltre la gestione di varianti del BOM per diversi modelli di prodotti o configurazioni specifiche richieste dai clienti, aspetto di particolare rilevanza per lo stabilimento, che deve spesso adattare i propri prodotti alle esigenze specifiche dei mercati globali o di singoli clienti. Attraverso il sistema ERP, è possibile gestire in modo efficace queste varianti, assicurando che tutte le specifiche siano rispettate e i costi ottimizzati.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Aspinwall, E. & Meredith, J. (2021), *ERP Systems and their Role in Managing Bill of Materials*, Wiley

Figura 14: Bill of Materials o Distinta Base



Fonte:

[https://www.mbaskool.com/2020/images/stories/dec\\_in](https://www.mbaskool.com/2020/images/stories/dec_in)

### 3.7.3 Gestione della Supply Chain

Nell'ambito della gestione della supply chain, l'ERP svolge un ruolo centrale nel coordinare le attività di approvvigionamento, gestione degli inventari e logistica. La supply chain deve essere estremamente efficiente per garantire che i materiali e i componenti necessari per la produzione siano disponibili in modo tempestivo e che le scorte siano gestite in modo ottimale per evitare sia carenze che eccedenze. L'ERP consente di monitorare in tempo reale i livelli di inventario, prevedere la domanda e generare automaticamente ordini di acquisto quando le scorte scendono sotto un livello predeterminato. Questo processo automatizzato riduce significativamente il rischio di interruzioni nella produzione dovute a carenze di materiali, garantendo al contempo che le risorse finanziarie dell'azienda non siano impegnate in eccessive scorte di magazzino. Inoltre, l'ERP permette di tracciare i materiali lungo tutta la supply chain, dalla fornitura alla consegna, migliorando la visibilità e la gestione del rischio. La gestione dei fornitori è un'altra area critica supportata dall'ERP. Il sistema permette di monitorare le performance dei fornitori, valutando parametri come la puntualità delle consegne, la qualità dei materiali forniti e la conformità agli accordi contrattuali. Questo permette all'azienda di mantenere relazioni strette con i fornitori più affidabili, negoziare migliori condizioni contrattuali e intervenire rapidamente in caso di problemi con le forniture.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Motiwalla, L., & Thompson, J. (2012). *Enterprise Systems for Management*. Pearson Education

### 3.7.4 Gestione della Qualità

Il controllo qualità rappresenta una componente fondamentale per assicurare che ogni prodotto che esce dalla linea di produzione rispetti gli standard elevati attesi. L'ERP integra strumenti specifici per la gestione della qualità, così da monitorare costantemente i processi produttivi e raccogliere dati sui risultati delle ispezioni e dei test eseguiti su ogni componente e prodotto finito. Il sistema ERP permette di automatizzare molte delle procedure di controllo qualità, riducendo la possibilità di errori umani e garantendo che ogni controllo venga eseguito in modo coerente e conforme agli standard aziendali. Inoltre, grazie alla tracciabilità completa offerta dall'ERP, è possibile risalire facilmente all'origine di qualsiasi difetto, identificando rapidamente le cause e adottando le misure correttive necessarie. Questo non solo migliora la qualità dei prodotti, ma ha ricadute favorevoli sulla reputazione dell'azienda e abbatta i costi associati a richiami o rilavorazioni.

### 3.7.5 Manutenzione degli Impianti

La gestione dei processi manutentivi degli impianti rappresenta un altro aspetto in cui l'ERP dimostra la sua importanza. In un'industria di produzione pesante come quella in questione, dove le attrezzature e i macchinari sono soggetti a usura costante, è essenziale prevenire guasti che potrebbero causare interruzioni significative nella produzione. L'ERP consente di programmare la manutenzione preventiva in modo efficace, basandosi non solo su programmi fissi, ma anche su dati reali correlati all'utilizzo dei macchinari e alle loro condizioni operative. Questo approccio predittivo alla manutenzione aiuta a minimizzare i tempi di fermo imprevisti, riducendo i costi di riparazione e prolungando la vita utile delle attrezzature. Inoltre, l'ERP offre la possibilità di gestire i percorsi manutentivi in modo più agile, coordinando le attività di manutenzione con la produzione al fine di evitare interruzioni nei momenti di picco produttivo.

### 3.7.6 Gestione Finanziaria

L'ERP concorre anche alla gestione finanziaria. Attraverso il monitoraggio e la registrazione accurata dei costi associati a ogni fase del processo produttivo, l'ERP consente all'azienda di avere una visione chiara dei costi totali di produzione, includendovi non solo i costi diretti dei materiali e della manodopera, ma anche i costi indiretti come l'energia, le spese generali e la manutenzione degli impianti. La capacità di generare report finanziari in tempo reale permette ai manager di prendere decisioni informate, ad esempio riguardo agli investimenti in nuove attrezzature o alla necessità di ottimizzare ulteriormente i processi produttivi. L'ERP aiuta anche a garantire che l'azienda rimanga conforme alle normative finanziarie e fiscali, riducendo il rischio di sanzioni e migliorando la trasparenza delle operazioni finanziarie.

### 3.7.7 L'ERP come Strumento Strategico

L'implementazione di un ERP non costituisce soltanto un miglioramento operativo, bensì un vero e proprio vantaggio strategico. Centralizzando e integrando tutte le informazioni relative ai processi produttivi, alla qualità, alla supply chain e alle finanze, l'ERP offre una visibilità senza precedenti sui processi aziendali. Questo consente di ridurre il rischio di errori, migliorare la capacità di risposta alle variazioni della domanda e affrontare con maggiore efficacia le sfide del mercato. In un settore altamente competitivo e regolamentato come quello automobilistico, l'ERP supporta IVECO nel mantenere elevati standard di qualità e conformità normativa, garantendo al contempo l'efficienza operativa e la redditività. Grazie alla possibilità di prendere decisioni basate su dati accurati e aggiornati, l'ERP migliora la competitività dell'azienda nel lungo termine, consentendo a Iveco di rispondere rapidamente alle esigenze del mercato e di continuare a innovare nella produzione di ponti per veicoli.

### 3.7.8 Ruolo dell'ERP nel progetto

L'Enterprise Resource Planning (ERP), come precedentemente accennato, riveste un ruolo centrale nella gestione dei controlli qualitativi all'interno di un'industria complessa come Iveco, permettendo di coordinare e ottimizzare l'intero processo produttivo, centralizzare le operazioni e garantire la gestione efficiente e conforme agli standard qualitativi richiesti di tutte le attività.

Il sistema ERP funge da piattaforma unificata per la raccolta e l'elaborazione dei dati operativi, facilitando la pianificazione delle risorse e la distribuzione degli ordini di lavoro. Gli operatori in stabilimento, dotati di dispositivi mobili, ricevono gli ordini generati dall'ERP, potendo così seguire le procedure risolutive passo dopo passo. Questo assicura che ogni fase del processo produttivo sia tracciabile e che le informazioni necessarie siano disponibili in tempo reale, migliorando la trasparenza e la capacità di risposta dell'azienda. In un contesto produttivo dove la qualità è fondamentale, l'ERP svolge una funzione cruciale nel controllo e nella standardizzazione dei processi di verifica qualitativa. Esso integra strumenti per il monitoraggio continuo della qualità, supportando l'esecuzione di controlli tramite tecnologie avanzate come i codici a barre e l'OCR. La capacità di documentare e registrare ogni passaggio del controllo qualità all'interno del sistema ERP permette non solo di mantenere un elevato livello di conformità, ma anche di effettuare audit dettagliati, garantendo la tracciabilità completa dei prodotti.

Un altro aspetto rilevante dell'ERP è costituito dal suo ruolo nel supporto decisionale. Grazie alla capacità di aggregare dati provenienti da diverse fonti, l'ERP fornisce ai manager dell'azienda una

visione completa e in tempo reale delle operazioni. Questo consente di identificare rapidamente eventuali inefficienze o problemi nella produzione, facilitando l'implementazione di misure correttive e il miglioramento continuo dei processi. L'integrazione dell'ERP con il sistema Order Management System (OMS) è fondamentale per la gestione ottimale degli ordini e delle risorse. Questa sinergia assicura che le attività produttive siano perfettamente allineate con le esigenze del mercato, permettendo di rispondere rapidamente alle variazioni della domanda e di ottimizzare l'uso delle risorse disponibili. Infine, l'ERP contribuisce all'automazione di molte operazioni manuali, riducendo i margini di errore e migliorando l'efficienza complessiva della produzione. Questo non solo riduce i costi operativi, ma garantisce anche una maggior precisione nelle operazioni, supportando una produzione più agile e reattiva.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Ptak, C. A., & Schragenheim, E. (2004), *ERP: Tools, Techniques, and Applications for Integrating the Supply Chain*, CRC Press

## 4. Progetto Space-One

L'idea progettuale presentata si propone di sviluppare e implementare soluzioni avanzate per la gestione dei processi di controllo qualità nell'ambito della produzione di kit NDA. L'obiettivo principale prevede l'integrazione di procedure risolutive e appositamente progettate, all'interno di una piattaforma digitale dedicata, al fine di garantire processi di monitoraggio costante e accurato delle attività produttive. Attualmente, il processo di composizione dei kit NDA non viene supportato da un sistema di controllo digitalizzato, con ricadute non ottimali sulla tracciabilità del flusso produttivo e la rilevazione tempestiva di eventuali errori o non conformità. La mancanza di un sistema strutturato compromette pertanto l'intento dell'azienda di consolidare un elevato livello di qualità e quindi rispondere con prontezza alle criticità operative che possono emergere durante il processo produttivo. Una digitalizzazione dei controlli qualitativi, mediante l'implementazione della piattaforma proposta, mira a superare queste criticità. In particolare, la soluzione progettata consentirà di automatizzare e standardizzare le procedure di controllo, riducendo al minimo l'intervento manuale e, conseguentemente, il rischio di errori umani. Inoltre, il sistema offrirà strumenti per l'analisi dei dati in tempo reale, permettendo una gestione maggiormente proattiva e informata delle attività produttive.

### 4.1 Requisiti e specifiche funzionali

L'implementazione proposta prevede la realizzazione di una procedura risolutiva, strettamente integrata con il sistema ERP OMS (Order Management System), finalizzata alla gestione e al controllo qualitativo dei ponti NDA. Il sistema citato coordina l'intero processo produttivo, generando ordini di lavoro a specificare le attività da svolgere e i controlli da effettuare in ciascuna fase della produzione. La generazione di tali ordini di lavoro avviene tramite un "Backend Server", una componente fondamentale del sistema informatico aziendale. Il Backend Server opera dietro le quinte, essendo responsabile della gestione della logica di business e delle operazioni sui database che alimentano l'applicazione. Esso elabora le richieste provenienti dall'ERP OMS, esegue i calcoli necessari per poi interagire direttamente con i database per fornire i dati richiesti dall'utente finale.

### 4.1.1 Generazione degli Ordini di Lavoro

Nel contesto descritto, gli ordini di lavoro non vengono generati direttamente da una persona o dall'operatore in linea, bensì in automatico dal Backend Server su input e logiche predefinite all'interno del sistema ERP OMS. Di seguito è presente una descrizione di come avviene la generazione degli ordini di lavoro:

1. Inizio del Processo: questo inizia quando viene identificata la necessità di produrre un certo numero di componenti, come i ponti NDA, dando così seguito a diverse tipologie di fonti, come nuovi ordini dei clienti, esigenze di programmazione della produzione oppure la necessità di aggiornare l'inventario;
2. Integrazione con l'ERP OMS: il sistema ERP OMS gestisce l'intero ciclo di vita dell'ordine, analizzando queste esigenze di produzione e, attraverso le sue funzionalità, inviando le informazioni rilevanti al Backend Server, come ad esempio i dettagli del lavoro come il tipo di prodotto, la quantità, le specifiche tecniche, e i requisiti di qualità;
3. Automazione tramite Backend Server: sulla base delle istruzioni ricevute dall'ERP OMS, il Backend Server genera automaticamente gli ordini di lavoro basandosi su regole predefinite, algoritmi e logiche programmate nel sistema;
4. Distribuzione degli Ordini agli Operatori: appena generato dal Backend Server, l'ordine di lavoro viene automaticamente distribuito sui dispositivi mobili degli operatori sul campo che in tal modo ricevono l'ordine già completo di tutte le informazioni necessarie per eseguire le attività di produzione e i controlli qualitativi associati.

L'operatore utilizza il dispositivo mobile per scansionare i codici a barre o per acquisire dati tramite OCR, confrontando poi le informazioni ottenute con quelle archiviate nel knowledge repository, un archivio di conoscenze contenente le specifiche tecniche, immagini e altri dati rilevanti per i controlli qualitativi. Tale operazione risulta cruciale al fine di garantire che i componenti e i materiali utilizzati risultino conformi agli standard di qualità prestabiliti. Una volta completati i controlli e verificata la conformità dei componenti rispetto alle specifiche archiviate nel knowledge repository, l'operatore inserisce l'esito della procedura risolutiva nel sistema. Sia che i componenti risultino conformi (OK) o non (KO), l'esito viene inviato automaticamente al sistema ERP OMS esterno. Tale procedura costituisce un passaggio fondamentale, poiché consente all'ERP di aggiornare i dati relativi al ciclo produttivo e prendere decisioni informate basate sugli esiti dei controlli qualitativi.

## 4.2 Definizione dei requisiti utente

Nell'ambito della gestione dei controlli qualitativi per la produzione di ponti NDA, è stato necessario identificare e definire una serie di requisiti utente, così da delineare le funzionalità essenziali del sistema. Essi costituiscono la base per il successivo sviluppo delle procedure risolutive e per l'integrazione con il sistema ERP OMS. Di seguito nella tabella 3 sottostante, vengono elencati i requisiti chiave identificati:

Tabella 3: Descrizione dei requisiti utente

<b>ID</b>	<b>Descrizione dei requisiti</b>
<b>UR001</b>	Definizione anagrafica di base e configurazione ordini di lavoro
<b>UR002</b>	Definizione e configurazione procedura risolutiva
<b>UR003</b>	Controllo documentazione
<b>UR004</b>	Abbinamento matricola-ponte carrello
<b>UR005</b>	Controllo scatola ponte
<b>UR006</b>	Verifica flangia d'entrata
<b>UR007</b>	Verifica coppa olio
<b>UR008</b>	Verifica rapporto coppia conica
<b>UR009</b>	Integrazione ERP OMS

Fonte: Elaborazione propria

## 4.3 Specifiche dei requisiti

Il controllo della documentazione costituisce una fase cruciale del processo di verifica qualitativa, in quanto assicura che i componenti utilizzati nella produzione dei ponti siano correttamente identificati oltre che conformi agli standard aziendali. In questa fase si prevede l'acquisizione e l'analisi di dati con l'utilizzo di tecnologie avanzate come il barcode e l'OCR (Optical Character Recognition). Di seguito sono elencate le tipologie di lettura da effettuare:

1. Lettura della matricola su cartellino: viene effettuata la scansione del barcode apposto su cartellino identificativo associato al componente. Il codice a barre contiene la matricola del

componente, un numero univoco che può variare da 8 a 12 cifre che viene acquisito e memorizzato nel sistema per ulteriori verifiche;

2. Lettura della matricola su LIMO: prevede la lettura della matricola presente su un'etichetta LIMO, così da potere integrare informazioni aggiuntive o dettagli specifici sul componente;
3. Lettura della matricola su targhetta: viene utilizzata la tecnologia OCR per leggere la matricola impressa su targhetta metallica attaccata al componente. L'OCR converte così l'immagine in testo leggibile dal sistema, che viene poi analizzato per verificare la corrispondenza con i dati attesi.

Le matricole acquisite vengono poi analizzate così da accertarsi che vengano composte esclusivamente da numeri con una lunghezza variabile e compresa tra 8 e 12 cifre. Ogni matricola include un identificativo univoco, ad esempio "NDA38xxxxxx", che deve corrispondere agli standard predefiniti. Mediante l'utilizzo di strumenti come il Field Collaboration, vengono definiti pattern specifici per eseguire letture precise e accurate delle matricole, i cui pattern risultano essenziali per assicurare che soltanto i componenti corretti vengano poi utilizzati nel processo produttivo. Altro passaggio fondamentale è l'abbinamento della matricola del ponte al carrello di movimentazione, tramite un riconoscimento di pattern numerici da 1 a 3 caratteri, utilizzando un codice di tipo code39. Il sistema associa la matricola del ponte al carrello corrispondente, garantendo che ogni componente venga correttamente tracciato e identificato durante tutto il processo produttivo. Le operazioni successive prevedono una corrispondenza tra le matricole acquisite e le informazioni visualizzate sull'app mobile utilizzata dall'operatore: il sistema recupera il part-number del pezzo in questione sulla base del part-type relativo allo step eseguito, presentando così all'operatore un riscontro visivo a verifica che il componente corrisponda esattamente a quello atteso, sulla base delle immagini e descrizioni memorizzate nel sistema. Le procedure risolutive sono pertanto implementate in modalità idonea a gestire un'ampia varietà di casi d'uso. Ciascuna operazione viene associata a un part-type del tipo componente, che funge da parametro per il recupero del part-number del componente richiesto. Queste informazioni sono estrapolate tramite una chiamata al servizio OMS, che acquisisce il tracciato e le anagrafiche dei materiali necessari per il controllo. Una volta completata la procedura risolutiva, gli esiti vengono inviati al servizio ERP OMS tramite tracciato XML specifico che include una serie di campi che documentano i risultati delle operazioni eseguite, permettendo al sistema di aggiornare lo stato dei controlli qualitativi in modo accurato e trasparente.

Esempio di Tracciato XML:

```
``xml
<MachineryProcessDataTable>
  <MachineryProcessTable>
    <ID_CARATTERISTICA>01</ID_CARATTERISTICA>
    <CARATTERISTICA>Valore Letto - Come l'ho letto - Esito</CARATTERISTICA>
    <GAN_COMPONENTE/>
    <ID_COMPONENTE/>
  </MachineryProcessTable>
</MachineryProcessDataTable>
``
```

In questo tracciato sono presenti:

- **ID\_CARATTERISTICA:** Identifica in modo sequenziale ciascuna operazione di controllo eseguita;
- **CARATTERISTICA:** Contiene il valore letto (ad esempio, il part-number), il metodo di acquisizione utilizzato (barcode, QR code, OCR) e l'esito del controllo (OK/KO). Se un'operazione è stata ignorata (SKIP), questa viene registrata come KO;
- **GAN\_COMPONENTE e ID\_COMPONENTE:** Campi riservati per identificare ulteriormente il componente e associarlo correttamente al tracciato.

## 4.4 Dettagli dei requisiti

Di seguito viene elencato dettagliatamente ogni requisito presente all'interno della tabella numero 3, in modo tale da rendere chiaro il funzionamento della piattaforma.

### 4.4.1 UR001: Definizione anagrafica di base e configurazione ordini di lavoro

Al fine di assegnare efficacemente una procedura risolutiva a un utente mobile sul campo, questo requisito impone la necessità di definire le anagrafiche di base e configurare gli ordini di lavoro correlati. Questo processo di configurazione risulta essenziale per garantire che le informazioni corrette siano rese disponibili in ogni fase del processo produttivo e al tempo stesso assicurare che gli operatori possano eseguire i controlli qualitativi in modo preciso e standardizzato.

Di seguito vengono definite le operazioni da eseguire:

1. Configurazione dell'impianto: in tale contesto, l'impianto rappresenta un campo anagrafico direttamente associato alla stazione di lavoro all'interno dell'impianto che quindi deve essere identificata univocamente attraverso un codice specifico. Il codice non solo identifica la stazione, ma viene anche utilizzato per tracciare l'esito delle operazioni svolte, che vengono poi inviate al sistema ERP OMS per un'ulteriore elaborazione e archiviazione;
2. Gestione degli asset: nel contesto industriale, un asset può essere definito come qualsiasi risorsa fisica che viene utilizzata nel processo produttivo. Nel sistema, l'asset deve essere mappato con una linea specifica di produzione, definita come IdLine. A livello di configurazione, viene creata una tipologia di asset denominata "linea", sotto la quale vengono classificati e gestiti gli asset associati. Questo processo di mappatura assicura che ogni ordine di lavoro possa essere collegato all'asset corretto, facilitando il monitoraggio e la gestione delle risorse produttive;
3. Configurazione del tipo di ordine di lavoro: ogni ordine di lavoro va associato a una tipologia specifica che definisca le caratteristiche dell'attività da svolgere. In questa fase iniziale del progetto, si prevede di utilizzare un'unica tipologia di ordine di lavoro, poiché la procedura risolutiva risulterà specifica per il processo di controllo qualità. La definizione di questa tipologia all'interno del sistema si rivela essenziale per garantire che gli ordini di lavoro siano creati con coerenza e che tutte le attività necessarie siano dettagliate chiaramente per l'operatore sul campo.

Allo stesso tempo, risulta importante chiarire il concetto di Part-Number all'interno di questo contesto, come un codice identificativo univoco assegnato a ciascun componente o parte utilizzata nella produzione. Questo codice è fondamentale per tracciare i componenti attraverso l'intero ciclo di lavoro e per garantire che ogni parte sia correttamente identificata e utilizzata nel contesto giusto. Durante la procedura risolutiva, il Part-Number viene utilizzato per recuperare informazioni specifiche sui componenti dal database, garantendo che solo i materiali corretti siano impiegati nel processo produttivo.

#### 4.4.2 UR002: Definizione e configurazione procedura risolutiva

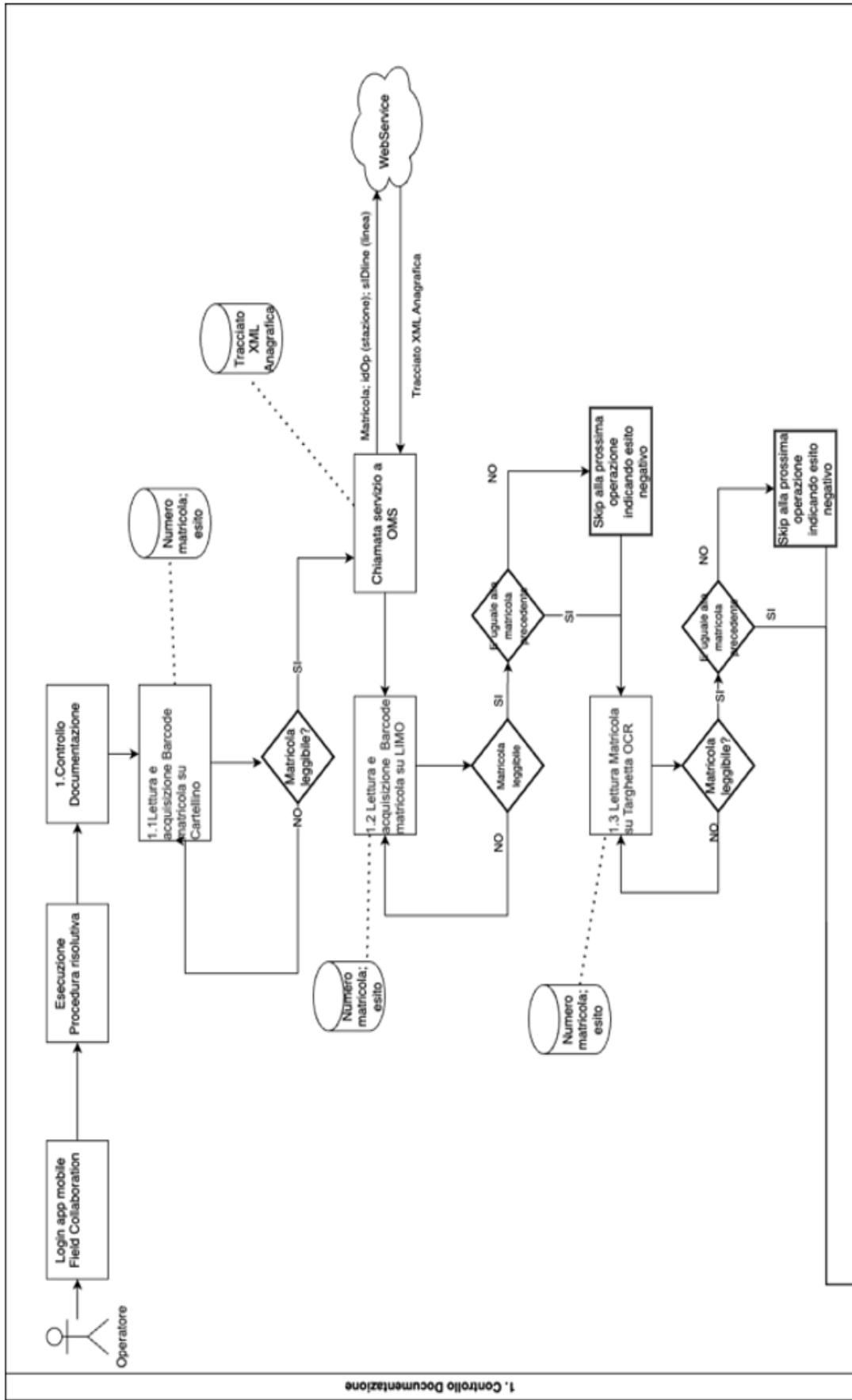
La procedura risolutiva qui descritta rappresenta un processo strutturato per garantire che i controlli qualitativi siano eseguiti correttamente all'interno del sistema. Questa procedura si basa su una serie di macro-step, ciascuno dei quali include operazioni specifiche necessarie per verificare tutti i materiali o componenti. Un aspetto fondamentale di questa procedura è l'utilizzo del Part-Type, un identificatore che classifica i componenti da verificare: viene configurato all'interno dell'operazione e utilizzato per cercare il Part-Number corrispondente all'interno del tracciato anagrafico ricevuto dal sistema OMS. In taluni casi, la procedura potrebbe richiedere un confronto visivo tra il materiale

fisico e un'immagine di riferimento che vengono così allegati se pertinenti alle operazioni e associati al Part-Number del componente, permettendo al sistema di richiamarli durante la verifica. L'operatore utilizza queste immagini per confrontare visivamente il componente con le specifiche richieste, assicurandosi così che sia conforme agli standard.

#### 4.4.3 UR003: Controllo documentazione

Questo processo, denominato "Controllo Documentazione", costituisce il primo passaggio operativo da eseguire da parte del tecnico incaricato del controllo qualità sul campo. La fase di controllo documentazione è essenziale per assicurare la conformità dei componenti attraverso la verifica incrociata delle matricole, utilizzando diverse sorgenti di dati e tecnologie di acquisizione. Di seguito, in figura 15, è rappresentata una parte del processo tramite BPMN.

Figura 15: Processo di lettura matricole



Fonte: Elaborazione propria

Il processo inizia con la lettura della matricola apposta su un cartellino fisico, utilizzando un lettore di codici a barre (barcode). Questo step prevede l'estrazione del numero di matricola dal barcode presente sul cartellino del componente. La matricola acquisita, una stringa numerica composta da otto caratteri, viene poi salvata nel dispositivo mobile dell'operatore, per essere successivamente confrontata con altre matricole e utilizzata per le chiamate al sistema OMS del cliente, nonché per la generazione del tracciato finale di reportistica al termine della procedura. Per eseguire correttamente questa operazione, è necessario come la fase di lettura del cartellino venga preconfigurata all'interno della Web App "Collaboration" e della Digital Work Instruction (DWI) come una specifica operazione dedicata. In configurazione si include l'inserimento di un campo aggiuntivo di tipo "Text" che consente l'attivazione della fotocamera del dispositivo mobile per la scansione del barcode. Una volta acquisita la matricola, l'operatore conferma l'operazione premendo un apposito tasto di conferma. L'avvenuta acquisizione viene quindi salvata nel sistema e inviata tramite una chiamata API REST al sistema OMS. Successivamente, l'operatore procede alla lettura della matricola presente su etichetta LIMO. Anche in questo caso, la matricola viene acquisita tramite la scansione del barcode presente sull'etichetta. Il sistema, attraverso l'applicazione configurata, permette all'operatore di salvare il numero di matricola e di confrontarlo con quello precedentemente acquisito dal cartellino. Se la matricola acquisita dalla LIMO risulta leggibile e corrispondente a quella acquisita dal cartellino, l'operatore conferma l'operazione tramite il tasto "Conferma". Se invece le matricole non corrispondono o non è possibile leggere il codice, l'operatore ha la possibilità di ripetere l'operazione o di procedere al passo successivo, registrando però un esito negativo (processo di skip). La terza modalità di verifica coinvolge la lettura della matricola stampata su una targhetta metallica, con l'utilizzo della tecnologia OCR che consente di convertire l'immagine della matricola in testo leggibile dal sistema, peraltro anche in situazioni dove risulta non praticabile la lettura tramite barcode. A differenza delle precedenti operazioni, questo tipo di acquisizione richiede una preconfigurazione più avanzata all'interno della Web App "Collaboration", comprensiva dell'inserimento di un campo "Text" che attivi la fotocamera per la scansione OCR specificando i pattern da riconoscere. Questi pattern, espressi in regex (espressioni regolari), guidano il sistema nella lettura corretta della matricola. Un esempio di pattern potrebbe essere "`\d{8}`" così da riconoscere una stringa numerica di otto cifre. Dopo aver acquisito la matricola tramite OCR, l'operatore conferma l'operazione verificando che la matricola corrisponda a quelle precedentemente acquisite. Se le matricole corrispondono, l'operazione è registrata come completata con esito positivo. In caso contrario, o se non risulta possibile leggere il codice, il sistema registra un esito negativo per procedere con il passo successivo. Un aspetto critico di questo processo è rappresentato

dall'integrazione con il sistema OMS: ogni volta che una matricola viene acquisita e confermata, il sistema effettua una chiamata API REST al Web Service per ottenere il tracciato anagrafico completo associato a quella matricola. Questa chiamata richiede l'invio di dati essenziali, come il numero di matricola, il codice dell'impianto (identifica la stazione di lavoro) e il numero di asset (identifica la linea di produzione). Il Web Service riscontra con un tracciato XML contenente tutte le informazioni anagrafiche associate ai dati in input. Questo tracciato viene poi utilizzato per confermare la conformità del componente e per aggiornare il sistema ERP OMS con le informazioni rilevanti. L'integrazione tra il processo di controllo documentazione e il sistema OMS permette di mantenere una tracciabilità completa e accurata dei componenti utilizzati, garantendo come ogni parte risulti conforme alle specifiche richieste e come eventuali anomalie possano essere rilevate e corrette tempestivamente. Al termine del processo di controllo documentazione, il sistema genera un output che include diversi dati chiave:

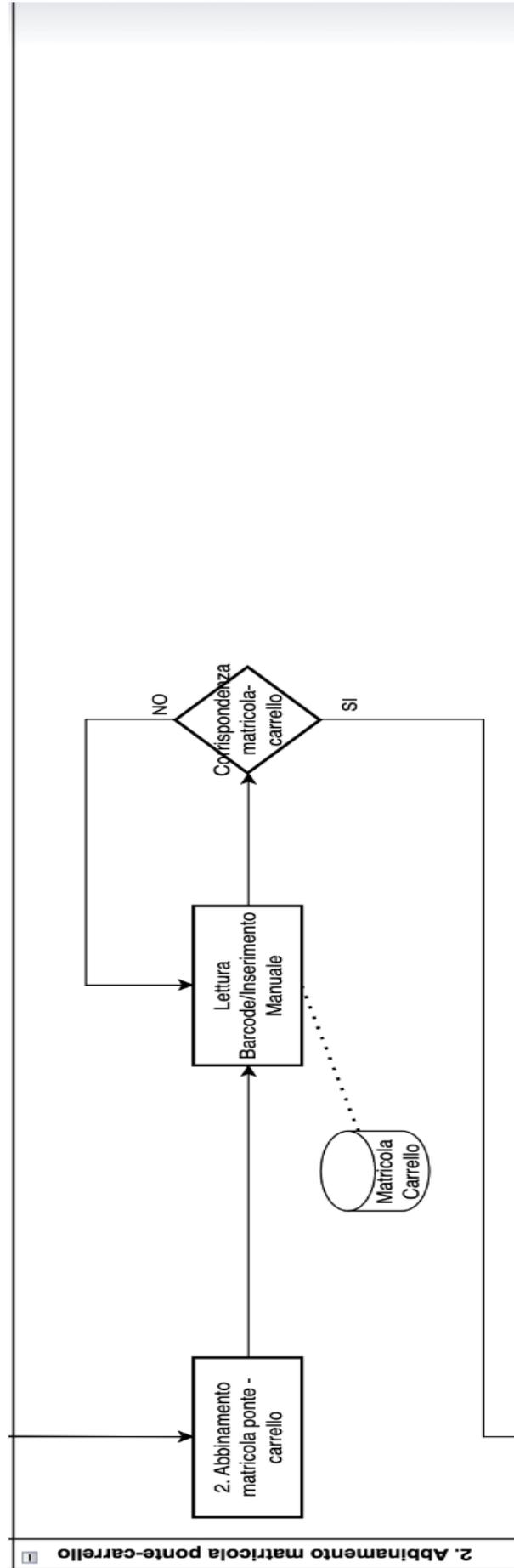
- Id operazione: Identificativo univoco dell'operazione di controllo eseguita;
- Corrispondenza matricole: Esito della verifica delle matricole (OK/KO);
- Numero matricola: Numero di matricola acquisito durante l'operazione;
- Tipologia Lettura: Modalità di acquisizione della matricola (Barcode, OCR, ecc.).

Questi dati vengono quindi registrati nel sistema e inviati come parte del tracciato finale di reportistica, garantendo come ogni fase del controllo qualità venga documentata e tracciata con precisione.

#### 4.4.4 UR004: Abbinamento matricola ponte-carrello

Il requisito UR004 si riferisce a una delle operazioni critiche di controllo qualità che il tecnico sul campo deve eseguire durante la produzione. In particolare, tale operazione riguarda l'abbinamento della matricola di un ponte con il carrello di movimentazione su cui viene montato. L'operazione inizia con la verifica della matricola presente sul carrello che trasporta il ponte. La matricola racchiude un codice univoco che identifica il carrello e deve essere correttamente abbinata al ponte che vi è stato montato. Questo processo assicura che il ponte corretto venga assegnato al carrello corrispondente, garantendo così la conformità del flusso produttivo e prevenendo eventuali errori di assemblaggio o spedizione. Viene fornita una breve descrizione di tale processo in figura 16 e di seguito approfondita.

Figura 16: Abbinamento matricola-ponte



Fonte: Elaborazione propria

Il primo passaggio operativo consiste nella lettura della matricola del carrello, generalmente rappresentata da un codice a barre presente sul carrello stesso. L'operatore utilizza un dispositivo mobile, equipaggiato con la Web App Collaboration, per la scansione del codice a barre. Durante la scansione, la fotocamera del dispositivo viene attivata per acquisire il codice, che viene quindi decodificato e salvato nel sistema come numero di matricola del carrello. Una volta acquisita la matricola del carrello, rappresentato in figura 17, il sistema procede a confrontarla con il tracciato esistente nel database aziendale che contiene tutte le matricole registrate e i loro abbinamenti con i relativi ponti. Il sistema ricerca poi la matricola acquisita all'interno del tracciato per verificare se corrisponde a una matricola esistente e corretta.

- Esito Positivo (OK): se la matricola acquisita risulta presente nel tracciato e corrispondente a quella attesa, il sistema registra un esito positivo (OK), così significando che il ponte viene correttamente abbinato al carrello previsto, e l'operazione può proseguire senza ulteriori interventi;
- Esito Negativo (KO): se la matricola acquisita non è presente nel tracciato, oppure non corrisponde a quella attesa, il sistema registra un esito negativo (KO). In questo caso, l'operatore deve segnalare l'errore, e potrebbe essere necessario eseguire ulteriori verifiche o correggere l'abbinamento.

*Figura 17: Carrello trasporto ponte*



*Fonte: Elaborazione propria*

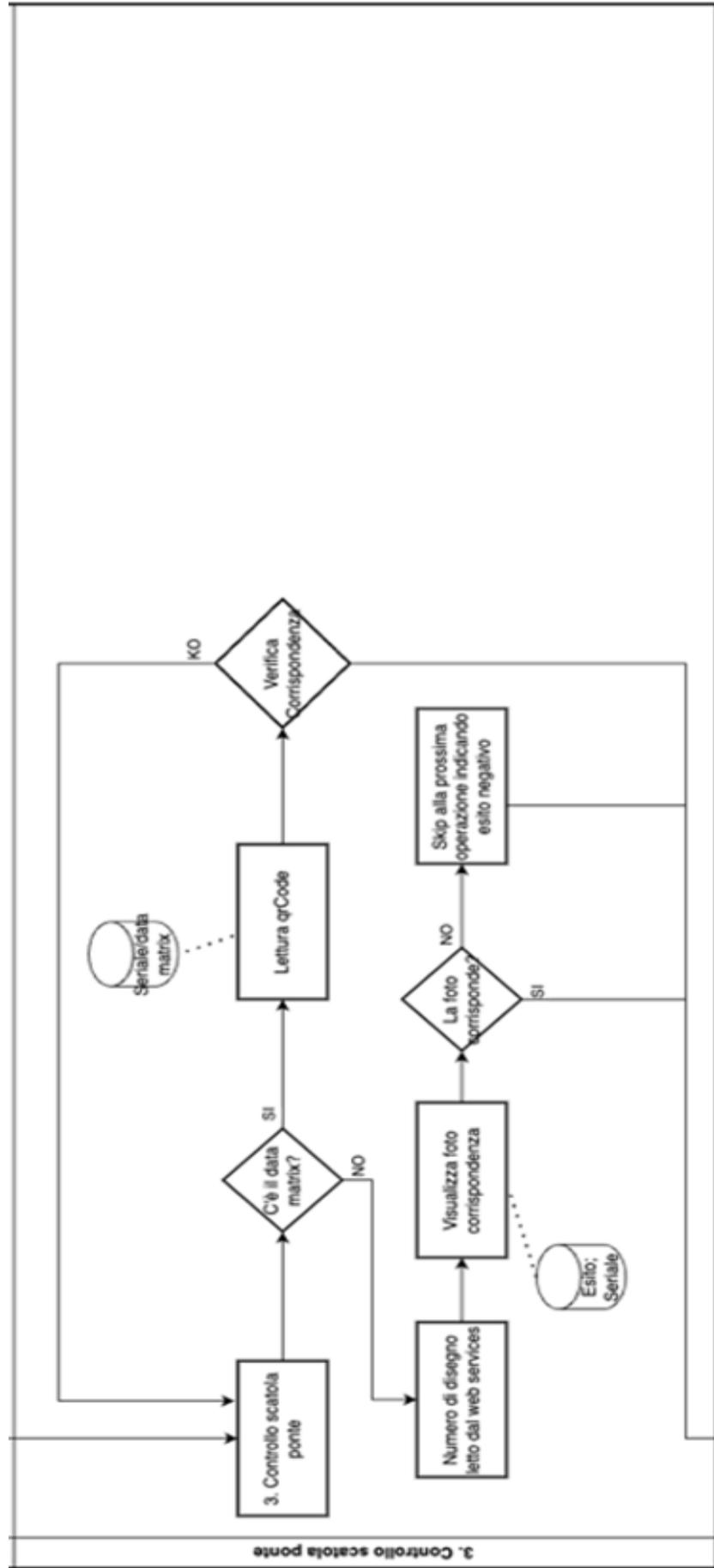
Salvataggio e Comunicazione dell'Esito: dopo che la verifica della matricola è stata completata, l'esito dell'operazione viene salvato nel tracciato finale. Questo rappresenta un documento di reportistica che include tutte le informazioni rilevanti raccolte durante la procedura risolutiva, compresi gli esiti delle verifiche di matricola. L'output dell'operazione include nuovamente:

- Id operazione: un identificativo univoco assegnato all'operazione di controllo eseguita;
- Corrispondenza matricole: l'esito della verifica, che può essere OK (corrispondenza trovata) o KO (corrispondenza non trovata);
- Numero matricola: il numero di matricola del carrello acquisito durante l'operazione;
- Tipologia Lettura: la modalità di lettura della matricola, in questo caso tramite barcode.

#### 4.4.5 UR005: Controllo scatola ponte

Il requisito UR005 si concentra sulla verifica della correttezza dell'associazione matricola alla scatola del ponte (brevemente descritto in figura 18), garantendo che il componente sia identificato in modo univoco e conforme alle specifiche tecniche richieste. La verifica della matricola è fondamentale per mantenere un alto livello di qualità nella produzione, assicurando che ogni parte del ponte sia tracciata correttamente e che non vi siano errori nell'assemblaggio o nella gestione del flusso produttivo.

Figura 18: Controllo scatola ponte



Fonte: Elaborazione propria

Preliminarmente alla verifica della matricola della scatola ponte, è essenziale configurare correttamente il sistema mediante l'inclusione della definizione del Part-Type all'interno della procedura risolutiva. Ogni operazione associata alla verifica di un componente deve infatti includere un campo Part-Type, che viene inserito nei campi di testata della procedura, in tal modo consentendo al sistema di identificare correttamente la categoria del componente e di recuperare il Part-Number corrispondente dal tracciato del sistema. La configurazione preliminare richiede anche l'impostazione di un tracciato che includa tutte le informazioni rilevanti per la verifica. Questo è essenziale per la gestione delle informazioni sulle matricole e deve essere strutturato in modo tale da permettere ricerche rapide ed efficaci, garantendo che i dati recuperati siano accurati e pertinenti al componente in esame. Successivamente vi è la verifica della matricola, che può avvenire in due modalità distinte, a seconda della presenza di un cartellino con Data Matrix sulla scatola del ponte. Nel primo caso la scatola del ponte è dotata di un cartellino con Data Matrix, il processo di verifica della matricola si sviluppa attraverso una serie di operazioni sequenziali:

1. **Acquisizione della Matricola tramite barcode:** in questa fase, l'operatore utilizza la scansione del dispositivo mobile sul Data Matrix presente sulla scatola del ponte. Questo Data Matrix contiene la matricola del componente, che viene acquisita e salvata sul dispositivo mobile. La corretta acquisizione della matricola è fondamentale, poiché questo dato verrà utilizzato per tutte le verifiche successive.
2. **Ricerca del Part-Type nel Tracciato:** dopo l'acquisizione della matricola, il sistema esegue una ricerca all'interno del tracciato utilizzando il Part-Type come chiave di ricerca. Il Part-Type permette di filtrare i dati presenti nel tracciato e di recuperare il Part-Number associato al componente. Questo passaggio è cruciale per assicurarsi che il componente in esame sia quello previsto dalla procedura e che corrisponda esattamente alle specifiche tecniche richieste.
3. **Confronto tra Matricola Acquisita e Matricola Tracciata:** una volta recuperato il Part-Number dal tracciato, il sistema confronta la matricola acquisita durante la scansione con quella presente nel tracciato. Se le due matricole corrispondono, l'operazione è considerata riuscita, e l'esito viene registrato come OK. In caso di discrepanze, l'operazione viene segnalata con esito negativo (KO), indicando che è necessario un intervento correttivo o una revisione del componente.
4. **Salvataggio dell'Esito della Verifica:** l'ultimo passo di questa modalità prevede il salvataggio dei risultati della verifica. Il sistema registra sia la matricola acquisita che l'esito del confronto, inserendo questi dati nel tracciato finale che verrà utilizzato per generare report dettagliati sulle operazioni di controllo qualità, fornendo una documentazione completa del processo.

Nel caso in cui la scatola del ponte non disponga di un cartellino con Data Matrix, la verifica della matricola deve essere eseguita tramite un processo di controllo visivo:

1. **Verifica Visiva della Scatola Ponte:** L'operatore, in assenza di un codice Data Matrix, procede con una verifica visiva del componente. Questa verifica è basata sul confronto tra la scatola fisica del ponte e una serie di immagini di riferimento memorizzate nel Knowledge Repository. Queste immagini devono essere accuratamente etichettate utilizzando una convenzione di denominazione che includa sia il Part-Type che il Part-Number, permettendo al sistema di individuare rapidamente l'immagine corretta.
2. **Filtraggio e Selezione delle Immagini:** Durante la fase di verifica visiva, il sistema applica un filtro che seleziona solo le immagini pertinenti al Part-Number identificato nel tracciato. Questo filtraggio avviene automaticamente e garantisce che l'operatore abbia accesso solo alle immagini rilevanti, riducendo il rischio di errore. L'operatore confronta quindi la scatola del ponte con l'immagine visualizzata e verifica la conformità del componente.
3. **Conferma della Verifica Visiva:** Una volta completata la verifica visiva, l'operatore deve confermare l'esito dell'operazione tramite un tasto di conferma presente nell'interfaccia dell'applicazione che segnala al sistema che la verifica è stata eseguita e che i risultati possono essere registrati. Se il componente risulta conforme, l'esito è registrato come OK; in caso contrario, viene registrato un esito negativo (KO).
4. **Integrazione e Logica di Ricerca:** la verifica della matricola richiede una logica di sviluppo avanzata per gestire la ricerca e il confronto dei dati all'interno del sistema. Questa logica è implementata attraverso l'uso di campi aggiuntivi, come il campo "Cerca tracciato", che risulta di tipo generico "text" e riceve in input il Part-Type configurato. Questo campo viene utilizzato come chiave per cercare il corrispondente Part-Number nel tracciato. Se la ricerca ha successo, il PartNumber viene restituito come output, e il sistema procede con il confronto delle matricole.

Esempio di tracciato XML utilizzato per la ricerca:

xml

Copia codice

```
<DressingData>
```

```
  <PartNumber>000005802456758</PartNumber> <!-- OUTPUT -->
```

```
  <Description>SCATOLA PONTE</Description>
```

```
  <PartType>7358</PartType> <!-- INPUT -->
```

<Quantity>1</Quantity>

<Grouping>1</Grouping>

<ConsistencyCheck>No</ConsistencyCheck>

</DressingData>

In questo tracciato:

PartNumber rappresenta il codice univoco del componente specifico.

Part-Type è il tipo di componente (ad esempio, una scatola ponte) utilizzato per la ricerca.

Il sistema utilizza questi dati per assicurarsi che il componente sia conforme alle specifiche richieste. Al termine del processo di verifica, il sistema genera nuovamente un output che documenta i risultati dell'operazione che include:

- Id operazione: Un identificativo univoco che traccia l'operazione eseguita;
- Corrispondenza matricole: L'esito del confronto tra la matricola acquisita e quella presente nel tracciato (OK o KO);
- Numero matricola: Il numero di matricola acquisito e verificato durante l'operazione;
- Tipologia Lettura: La modalità di acquisizione della matricola (barcode, verifica visiva, ecc.);

#### 4.4.6 UR006: Verifica flangia d'entrata

Il requisito UR006 riguarda la verifica della conformità della flangia d'entrata, così da determinare se la flangia si presenti liscia (figura 19) o rigata (figura 20). Il processo descritto segue una metodologia simile a quella applicata nel Caso 2 del requisito UR005, ovvero il controllo della scatola ponte. Di seguito, viene illustrato il processo dettagliato passo per passo.

Figura 19: Flangia liscia



Fonte: Elaborazione propria

Figura 20: Flangia rigata



Fonte: Elaborazione propria

1. Configurazione Preliminare: prima di avviare la verifica della flangia d'entrata, è necessario configurare correttamente il sistema. Questo inizia con la preconfigurazione del Part-Type all'interno dell'operazione.
2. Allegare Foto con Part-Type all'Operazione: Una volta configurato il Part-Type, è necessario allegare le immagini pertinenti della flangia all'operazione. Queste immagini devono essere precedentemente caricate nel sistema e devono seguire una convenzione di denominazione che includa il Part-Type e il Part-Number. Questo permette al sistema di associare correttamente l'immagine al componente in esame durante la fase di verifica. Le immagini allegate serviranno come riferimento visivo per l'operatore durante la verifica. In questo contesto, l'immagine della flangia sarà utilizzata per confrontare le caratteristiche fisiche del componente, come la lisciatura o la rigatura, con quelle richieste dalle specifiche tecniche.
3. Logica per Visualizzare la Foto Correlata al Part-Number: durante la verifica, il sistema deve essere in grado di visualizzare soltanto l'immagine pertinente alla flangia specifica. Questo avviene attraverso una logica di filtraggio che seleziona l'immagine corretta basandosi sul part-number associato al Part-Type configurato. Quando l'operatore avvia l'operazione, il sistema utilizza il Part-Type come chiave di ricerca per individuare il part-number nel tracciato e quindi applica un filtro per visualizzare solo l'immagine corrispondente. Questo filtro garantisce che l'operatore abbia accesso solo alle informazioni rilevanti, riducendo il rischio di errori durante il controllo.

4. Verifica Visiva e Conferma: la verifica della flangia d'entrata avviene principalmente tramite un controllo visivo. L'operatore confronta la flangia fisica con l'immagine visualizzata sul dispositivo, verificando se la superficie della flangia è liscia o rigata come richiesto dalle specifiche. Una volta completata la verifica, l'operatore deve confermare l'esito dell'operazione tramite un tasto "Conferma" presente nell'interfaccia dell'applicazione. Questo tasto indica al sistema che la verifica è stata eseguita e che i risultati possono essere registrati.

Al termine della verifica avremo nuovamente il seguente output:

- Id operazione: un identificativo univoco assegnato all'operazione eseguita;
- Corrispondenza matricole: l'esito del confronto visivo tra la flangia fisica e quella visualizzata (OK o KO);
- Numero matricola: il numero di matricola associato alla flangia verificata;
- Tipologia Lettura: la modalità di verifica utilizzata, in questo caso una verifica visiva.

#### 4.4.7 UR007: Verifica coppa olio

Il requisito UR007 descrive il processo di verifica della coppa dell'olio. La verifica prevede la scansione di un codice a barre, il salvataggio del part-number corrispondente e il confronto automatico di questo part-number con quello presente nel tracciato del sistema. Prima di avviare il processo di verifica, è essenziale configurare correttamente il sistema. Questo inizia con l'inserimento del part-type all'interno dell'operazione. Il part-type serve a categorizzare la coppa dell'olio illustrata in figura 21 e a facilitare il recupero delle informazioni necessarie durante la verifica.

Successivamente, è necessario configurare due campi aggiuntivi:

1. *Campo "Barcode"*: questo campo permette di acquisire la matricola della coppa dell'olio tramite la scansione di un codice a barre.
2. *Campo "Cerca tracciato"*: un campo personalizzato che consente al sistema di cercare e confrontare il PartNumber acquisito con quello presente nel tracciato del sistema.

Durante l'operazione, l'utente utilizza un dispositivo mobile per scansionare il codice a barre presente sulla coppa dell'olio. La scansione attiva il campo "Barcode", che acquisisce la matricola e salva il PartNumber corrispondente nel sistema. Questo passaggio è importante per identificare univocamente il componente e prepararlo per il confronto automatico con i dati presenti nel tracciato. Dopo aver acquisito il part-number, il sistema esegue un confronto automatico utilizzando una formula preconfigurata. Questa formula confronta l'output del campo "Barcode" (cioè la matricola

acquisita) con l'output del campo "Cerca tracciato" (cioè il PartNumber presente nel tracciato del sistema).

*Figura 21: Coppa olio*



*Fonte: Elaborazione propria*

La logica della formula è la seguente:

- Se Matricola Acquisita = Matricola Tracciata, allora l'operazione è registrata come OK.
- Se Matricola Acquisita  $\neq$  Matricola Tracciata, allora l'operazione è registrata come KO.

Questo confronto automatico permette di verificare rapidamente e con precisione se il componente è corretto e conforme alle specifiche richieste. Una volta completato il confronto automatico, l'operatore deve confermare manualmente l'esito dell'operazione tramite un tasto "Conferma" presente nell'interfaccia dell'applicazione, allo scopo di segnalare al sistema che l'operazione è stata eseguita correttamente e che i risultati possono essere salvati e registrati nel tracciato finale. L'output dell'operazione è un'altra volta composto da:

- Id operazione: un identificativo univoco che traccia l'operazione eseguita;
- Corrispondenza matricole: l'esito del confronto tra la matricola acquisita e quella presente nel tracciato (OK o KO);
- Numero matricola: il numero di matricola acquisito e verificato durante l'operazione;
- Tipologia Lettura: la modalità di acquisizione della matricola, in questo caso tramite scansione barcode.

#### 4.4.8 UR008: Verifica rapporto coppia conica

Il requisito UR008 descrive il processo di verifica del rapporto coppia conica (figura 22). La verifica prevede l'utilizzo della tecnologia OCR (Optical Character Recognition) per acquisire il Part-Number

dalla superficie del componente e confrontarlo automaticamente con il Part-Number presente nel tracciato del sistema. Di seguito viene descritta la modalità in cui il processo avviene:

1. Pre-configurazione del Part-Type: il Part-Type deve essere configurato come un campo aggiuntivo nell'operazione. Esso rappresenta una classificazione del componente e facilita il recupero delle informazioni durante la verifica.
2. Campo Aggiuntivo "OCR": Viene configurato un campo aggiuntivo specifico per l'acquisizione del Part-Number tramite tecnologia OCR che consente di scansione il codice impresso sulla superficie del componente e di tradurlo in un formato leggibile dal sistema.
3. Campo Aggiuntivo "Cerca tracciato": Questo campo personalizzato è configurato per cercare il Part-Number acquisito nel tracciato del sistema e serve a recuperare e confrontare i dati del Part-Number con quelli già registrati nel sistema.

Durante l'operazione, l'utente utilizza il dispositivo mobile per eseguire la scansione del codice impresso sul rapporto coppia conica utilizzando la tecnologia OCR. La scansione viene effettuata tramite il campo "OCR", che acquisisce il codice e lo converte in un Part-Number leggibile e utilizzabile all'interno del sistema. Questo passaggio risulta fondamentale poiché il Part-Number acquisito sarà successivamente confrontato con quello presente nel tracciato per verificarne la correttezza e la conformità. Una volta acquisito il Part-Number, il sistema procede al confronto automatico utilizzando una formula preconfigurata. Questa formula confronta l'output del campo "OCR" (matricola acquisita) con l'output del campo "Cerca tracciato" (matricola presente nel tracciato).

*Figura 22: Coppia conica*



*Fonte: Elaborazione propria*

La logica della formula è di nuovo la seguente:

- Se Matricola Acquisita = Matricola Tracciata, allora l'operazione è registrata come OK.
- Se Matricola Acquisita  $\neq$  Matricola Tracciata, allora l'operazione è registrata come KO.

Dopo che il sistema ha completato il confronto, l'operatore deve confermare manualmente l'esito dell'operazione utilizzando un tasto "Conferma" nell'interfaccia dell'applicazione. Questa conferma finale segnala al sistema che l'operazione è stata eseguita correttamente e che i risultati possono essere salvati nel tracciato finale e come nelle operazioni precedenti viene salvato il seguente output:

- Id operazione: un identificativo univoco per tracciare l'operazione eseguita;
- Corrispondenza matricole: l'esito del confronto tra la matricola acquisita tramite OCR e quella presente nel tracciato (OK o KO);
- Numero matricola: il numero di matricola acquisito e verificato durante l'operazione;
- Tipologia Lettura: la modalità di acquisizione della matricola, in questo caso tramite OCR;

#### 4.4.9 UR009: Integrazione ERP OMS

Il requisito UR009 riguarda l'integrazione tra il sistema ERP (Enterprise Resource Planning) e il Web Service esterno OMS (Order Management System). Questa integrazione è fondamentale per garantire la coerenza e la continuità delle informazioni tra il sistema aziendale interno e il sistema del cliente, assicurando che i dati di produzione siano correttamente tracciati e gestiti. L'integrazione avviene attraverso una doppia chiamata API REST, effettuata all'inizio e alla fine della procedura digitale (Digital Work Instruction). La prima chiamata API REST viene effettuata al termine della prima operazione della Digital Work Instruction. Questa chiamata ha lo scopo di richiedere e ricevere dal Web Service esterno OMS tutte le anagrafiche associate ai dati di input forniti. I dati inviati nella richiesta includono:

- Numero matricola: identificativo univoco del componente;
- Codice impianto: identifica la stazione di lavoro dove l'operazione viene eseguita;
- Numero asset: indica la linea di produzione alla quale viene associato il componente;

Questi dati sono essenziali per il Web Service OMS al fine di identificare e restituire le informazioni corrette. In risposta, il sistema OMS invia un tracciato, generalmente in formato XML o JSON, che contiene l'anagrafica del componente associato ai dati di input. Questo tracciato include informazioni

dettagliate sul componente, come il PartNumber, la descrizione del componente, e altre specifiche necessarie per il processo produttivo.

Esempio di tracciato XML ricevuto:

```
``xml
<DressingData>
  <PartNumber>000005802456758</PartNumber> <!-- OUTPUT -->
  <Description>SCATOLA PONTE</Description>
  <PartType>7358</PartType> <!-- INPUT -->
  <Quantity>1</Quantity>
  <Grouping>1</Grouping>
  <ConsistencyCheck>No</ConsistencyCheck>
</DressingData>
``
```

Il tracciato ricevuto viene salvato sul dispositivo mobile dell'operatore e deve essere accessibile sul campo durante l'esecuzione delle procedure. L'operatore può quindi utilizzare un campo aggiuntivo denominato "Cerca tracciato" all'interno dell'applicazione per cercare e visualizzare il PartNumber specifico. Il campo "Cerca tracciato" è un elemento critico per il funzionamento della prima chiamata API. Configurato come un campo generico di tipo "text", questo campo riceve in input il PartType configurato nei dati di testata dell'operazione. Il sistema utilizza questa chiave per effettuare una ricerca all'interno del tracciato ricevuto e restituire il PartNumber corrispondente. Se la ricerca produce esito positivo, il PartNumber identificato viene utilizzato come output del campo aggiuntivo, permettendo all'operatore di verificare la conformità del componente durante l'operazione. La seconda chiamata API REST viene effettuata alla fine della Digital Work Instruction, una volta completata l'intera procedura. Questa chiamata serve a restituire al Web Service OMS il tracciato finale, arricchito con i risultati delle verifiche effettuate. Prima di inviare i dati, il tracciato ricevuto nella prima chiamata viene duplicato e trasformato in un nuovo tracciato, distinto in TracciatoIN e TracciatoOUT. Il TracciatoOUT è una copia del TracciatoIN ma con l'aggiunta di una sezione che documenta gli esiti (part-number) delle operazioni eseguite.

Esempio di struttura aggiunta nel TracciatoOUT:

```
``xml
```

```
<MachineryProcessDataTable>
```

```
<MachineryProcessTable>
```

```
<ID_CARATTERISTICA>01</ID_CARATTERISTICA>
```

```
<CARATTERISTICA>Valore Letto - Come l'ho letto - Esito</CARATTERISTICA>
```

```
<GAN_COMPONENTE/>
```

```
<ID_COMPONENTE/>
```

```
</MachineryProcessTable>
```

```
</MachineryProcessDataTable>
```

```
``
```

#### Dettaglio del TracciatoOUT

Nel TracciatoOUT, per ogni operazione eseguita, viene creato un blocco `<MachineryProcessTable>` che contiene i seguenti campi:

- ID\_CARATTERISTICA: identificativo univoco dell'operazione eseguita (ad esempio, 01, 02, ecc.);
- CARATTERISTICA: questo campo concatena il valore letto (ad esempio, il PartNumber), la tipologia di acquisizione (OCR, Barcode, ecc.) e l'esito dell'operazione (OK/KO);
- GAN\_COMPONENTE: campo per eventuali dettagli aggiuntivi sul componente, se necessari;
- ID\_COMPONENTE: Identificativo del componente specifico;

Questo processo permette di raccogliere in modo strutturato tutti i dati necessari per documentare le operazioni eseguite durante la procedura di controllo qualità. Una volta completato e arricchito, il TracciatoOUT viene inviato nuovamente al Web Service esterno OMS. Questa seconda chiamata API REST serve a trasmettere al cliente tutte le informazioni raccolte durante l'operazione, garantendo che il sistema OMS sia aggiornato con i dati più recenti e accurati.

## 5. Analisi dei risultati

### 5.1 Modifiche progetto Space-One

Tabella 4: Modifiche progetto Space-One

Stato	N° operazione	Operazione	Descrizione	TC (min)
TOGLI	510	Stampa cartellino autocontrollo-targhetta	Verificare corrispondenza n° disegno del LIMO del cartellino op. autocontrollo	-0,18
TOGLI	540	Preparazione carrello	Verifica rapporto coppia conica, coppa olio e flangia	
TOGLI	4020	Montaggio targhetta	Controllare abbinamento cartellino limo targhetta scatola ponte	
TOGLI	4030	Misura pignone	Controllare abbinamento cartellino autocontrollo e targhetta, disegno ponte	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura matricola cartellino	1,08
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura matricola LIMO	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura targhetta metallica	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura carrello kit	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura qr scatola ponte	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura tagliando coppa olio	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura flangia	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura qr pignone	
METTI	NEW	PROGETTO SPACE-ONE	Lettura qr corona	
<b>Totale Delta tempo</b>				<b>+0,9</b>

Fonte: Elaborazione propria

La tabella sopra indicata (tabella 4) riassume le modifiche apportate alle operazioni di produzione nell'ambito del progetto Space-One, evidenziandone sia le operazioni rimosse che quelle introdotte. Il focus dell'analisi verte sul conseguente impatto operativo, sia in termini di tempo di ciclo (TC) che per quanto attiene all'efficienza complessiva del processo produttivo, in accordo al quale, ad es., le attività contrassegnate con "TOGLI" rappresentano processi obsoleti o non più necessari dalle specifiche del progetto, con conseguente rimozione delle stesse.

Queste includono:

- Stampa cartellino autocontrollo + targhetta (510): la verifica della corrispondenza tra il numero di disegno e il cartellino di autocontrollo in modalità manuale viene sostituita da verifiche automatizzate;

- Preparazione carrello (540): la verifica del rapporto tra coppia conica, coppa olio e flangia, viene eliminata con l'introduzione di nuove procedure automatizzate dedicate al controllo degli elementi indicati;
- Montaggio targhetta (4020): non più necessario il controllo dell'abbinamento tra cartellino e scatola ponte, in virtù dello shift verso l'automazione.
- Misura pignone (4030): L'operazione di misura del pignone, prima eseguita manualmente, viene eliminata.

Tali esempi di rimozioni operative, da un lato contribuiscono a una riduzione complessiva del tempo di ciclo pari al 0,18 minuti rispetto al TC originale, e in aggiunta eliminano le ridondanze del nuovo sistema su sistemi automatizzati, riducendo conseguenzialmente il rischio di errore umano. Le nuove operazioni automatizzate introdotte dal Progetto Space-One, indicate come "NEW" nella tabella, aggiungono innovative fasi di lettura e verifica nel processo produttivo.

Queste sono così riassunte:

- Lettura matricola cartellino;
- Lettura matricola LIMO;
- Lettura targhetta metallica;
- Lettura carrello kit;
- Lettura QR scatola ponte;
- Lettura tagliando coppa olio;
- Lettura flangia;
- Lettura pignone;
- Lettura QR corona.

In tal modo, pur con un complessivo prolungamento del tempo totale di ciclo pari al 1,08 minuti, si produce un significativo impatto di segno positivo sull'intero processo produttivo, stante il miglioramento della tracciabilità e precisione legate alle fasi di lettura automatizzata che assicurano l'identificazione e associazione dei componenti, con riduzione dell'errore e implementazione della qualità del prodotto finale. Risulta utile precisare come il suddetto incremento sia indiscutibilmente motivato dai correlati benefici ottenuti in termini di miglioramento della qualità, riduzione degli errori e maggiore efficienza globale del processo produttivo.

In sintesi, l'analisi del tempo di ciclo mostra come il suo incremento conseguenziale introdotto con l'attuazione del Progetto Space-One, venga ampiamente compensato dai vantaggi operativi ottenuti,

in quanto l'automazione delle verifiche e la migliore tracciabilità riducono significativamente il rischio di errori e scarti, implementandone precisione e affidabilità del prodotto finito.

Pertanto, risulta evidente come il progetto Space-One rappresenti indubbiamente un netto miglioramento del processo, così allineandosi agli obiettivi di qualità ed efficienza ricercati dall'azienda.

## 5.2 Analisi volumi-perdite

Tabella 5: Analisi volumi-perdite

Anno	Totale Delta tempo	Volumi di produzione	Ore di perdita / Anno	Perdita €/Anno
2024	+ 0,90	X	Y	Z
2025	+ 0,90	X - 0.034 X	Y - 0.035 Y	Z + 0.034 Z
2026	+ 0,90	X - 0.04 X	Y - 0.04 Y	Z + 0.04 Z
2027	+ 0,90	X - 0.025 X	Y - 0.025 Y	Z + 0.025 Z

Fonte: Elaborazione propria

La tabella "Analisi volumi-perdite" (tabella 5), fornisce un'analisi delle variazioni nel tempo di ciclo che fanno seguito all'implementazione del progetto, focalizzandosi sull'impatto per le ore di perdita annuali e relative perdite operative, espresse in percentuale per gli anni 2024-2027. L'incremento del tempo di ciclo pari al 0,90 minuti per ogni unità prodotta impatta in maniera significativa nelle operazioni di produzione. Questo aumento si applica uniformemente a tutti gli anni analizzati a partire dalla sua introduzione. Possiamo osservare un trend di diminuzione progressiva dei volumi di produzione dal 2024 al 2026, con una leggera ripresa nel 2027 ma ciò non è dovuto all'aumento del tempo ciclo, bensì alla previsione della domanda per tale prodotto. Il delta tempo introdotto determina invece la presenza di una perdita di ore produttive, con un poco significativo grado di variabilità nel corso degli anni. Per quest'ultima evenienza, si registrano ad esempio, una riduzione del 4% dal 2024 al 2026, una leggera stabilizzazione nel 2027 in cui l'aumento è solo del 1,5% rispetto all'anno precedente. Le perdite operative, espresse come percentuale delle ore di produzione disponibili, mostrano una tendenza simile alle ore di perdita annuali. Vi è una diminuzione delle perdite operative di circa il 4% dal 2024 al 2026, seguita da un leggero incremento del 1,5% nel 2027. Questi cambiamenti percentuali indicano che, sebbene vi sia un incremento del tempo di ciclo, l'efficienza operativa riesce a mantenersi relativamente stabile grazie all'attenta gestione dei volumi di produzione e delle risorse. L'automazione delle verifiche e la migliore tracciabilità garantiscono una

produzione più affidabile e di qualità superiore, compensando l'incremento del tempo di ciclo con rilevanti benefici a lungo termine. Le variazioni percentuali osservate confermano come l'azienda si trovi in grado di assorbire tale incremento temporale, mantenendo al contempo alti standard di produzione e operatività.

### 5.3 Analisi della capacità produttiva

Tabella 6: Capacità produttiva

Volumi				
Famiglia di prodotto	2024-PO3	2025 (%)	2026 (%)	2027 (%)
NDA Sin	X	0.951 X	0.932 X	0.932 X
NDA Gem	Y	0.954 Y	0.929 Y	0.929 Y
42S	Z	1.118 Z	1.314 Z	1.514 Z
Tot. Complessivo	X + Y + Z	0.951 X + 0.954 Y + 1.118 Z	0.932 X + 0.929 Y + 1.314 Z	0.932 X + 0.929 Y + 1.514 Z
Vel/gg (230 gg/anno) = Tot. Complessivo/230	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\theta$
Capacità produttiva richiesta (per giorno)	$\mu$	$\mu$	$\mu$	$\mu$
$\Delta$	0.16 $\mu$	0.19 $\mu$	0.19 $\mu$	0.18 $\mu$

Fonte: Elaborazione propria

La tabella 6 fornisce un quadro della capacità produttiva giornaliera del sistema produttivo, prima e dopo l'implementazione fornita dal progetto Space-One, nonché una valutazione dettagliata dei volumi produttivi annuali e delle differenze giornaliere tra produzione richiesta e la capacità disponibile. Di seguito viene fornita maggior livello di approfondimento su questi risultati. La tabella riassume la capacità produttiva giornaliera del sistema, che si attesta a “ $\mu$ ” unità/giorno, sia nello scenario attuale ("AS IS") che in quello conseguenziale all'implementazione del progetto Space-One ("TO BE"). Il dato indica come, nonostante l'introduzione di nuove operazioni e l'automatizzazione di diversi processi, la capacità massima del sistema debba rimanere invariata. La stabilità della capacità produttiva giornaliera suggerisce che le modifiche introdotte dal progetto Space-One non impattano negativamente sulla potenzialità di produzione dello stabilimento. Il dato diventa particolarmente importante poiché il mantenimento della capacità produttiva costituisce un segnale

positivo, indicando che l'efficienza complessiva del processo non deve essere compromessa dall'aumento del tempo di ciclo.

La tabella analizza i volumi produttivi annuali previsti per gli anni 2024-2027, suddividendoli per diverse famiglie di prodotto (NDA SIN, NDA GEM, 42S), per poi confrontarli con la capacità giornaliera. I volumi produttivi annuali riguardanti le famiglie NDA a ruota singola ed NDA a ruota gemellata, mostrano una leggera diminuzione rispetto al 2024, anno in cui sono presenti ancora i dati relativi all'attuale funzionamento della linea di produzione. Al 2027 si prevede una produttività del 93,2% rispetto al 100% iniziale, la stessa situazione viene prevista per la famiglia NDA a ruota gemellata, la cui produttività scenderà fino al 92,9% al 2027. Diversa invece la situazione della famiglia 42 S, in quanto i volumi di produzione aumentano significativamente, fino addirittura ad un 150% rispetto ai volumi iniziali. Una volta evidenziati i volumi di produzione annuali delle tre famiglie all'interno della linea, si possono considerare 230 giorni di produzione annui, tramite i quali siamo in grado di ricavare i volumi di produzione giornalieri per ogni anno, in tabella indicati come “vel/gg (230 gg/anno)”. Ricavando questi e sapendo che la quantità prodotta deve rimanere invariata possiamo calcolare il delta, a indicare la differenza tra quantità richiesta e quantità che viene effettivamente prodotta in seguito all'implementazione del progetto. La differenza costante tra capacità produttiva e produzione effettiva suggerisce un fenomeno di sottoutilizzazione delle risorse disponibili. Tale sottoutilizzazione della capacità potrebbe rappresentare un'opportunità per l'azienda al fine di ottimizzare ulteriormente i processi produttivi o esplorare nuove opportunità per aumentare la domanda. Nonostante il delta, lo stabilimento risulta in grado di mantenere una certa resilienza operativa, tale aspetto è certamente di segno positivo poiché offre una flessibilità sfruttabile in caso di improvviso aumento della domanda o l'introduzione di nuovi prodotti senza necessità di investimenti immediati in nuove infrastrutture. In sintesi, l'analisi evidenzia come, nonostante la capacità disponibile non venga utilizzata completamente, tale delta possa rappresentare un'opportunità per l'azienda per migliorare l'efficienza produttiva, ottimizzare i processi o provare ad aumentare i volumi di produzione in risposta alla domanda di mercato.

#### 5.4 Dettaglio perdite-savings

La tabella 7 denominata “Dettaglio Perdite-Savings” evidenzia un'analisi combinata delle perdite operative annuali e dei risparmi (savings), ottenuti attraverso l'implementazione del progetto, con una valutazione del saving netto per gli anni 2024-2027. Il volume di produzione annuale, come citato in precedenza, rileva una leggera variazione tra il 2024 e il 2027, con una fluttuazione di circa il 4-5% tra volume massimo e minimo. Le perdite operative annue, espresse come percentuale del volume prodotto, rimangono relativamente stabili nel corso degli anni, con una variazione inferiore al 2% tra

l'annualità con la perdita minima e quello con la perdita massima. Tale dato esprime efficacemente l'impatto operativo sulle perdite, nonostante le variazioni nei volumi di produzione.

*Tabella 7: Dettaglio Perdite-Savings*

	<b>Volumi di produzione</b>	<b>Perdite (€ / Anno)</b>	<b>Savings (€ / Anno)</b>	<b>Saving netto (€ / Anno)</b>
<b>2024</b>	X	Y	- Z	Y - Z
<b>2025</b>	X - 0.034 X	Y - 0.034 Y	- Z	Y - 0.034 Y - Z
<b>2026</b>	X - 0.04 X	Y - 0.04 Y	- Z	Y - 0.04 Y - Z
<b>2027</b>	X - 0.025 X	Y - 0.025 Y	- Z	Y - 0.025 - Z

*Fonte: Elaborazione propria*

I savings, che rappresentano i risparmi ottenuti grazie all'efficienza migliorata e alla riduzione degli errori e scarti, restano costanti per tutto il periodo considerato. Tuttavia, se confrontiamo i savings con le perdite operative, osserviamo che il valore netto di saving (differenza tra savings e le perdite), riflette un beneficio netto positivo e costante in termini percentuali: il saving netto costituisce un miglioramento significativo delle performance aziendali, in quanto i costi che non vengono più sostenuti grazie all'implementazione del progetto superano di gran lunga le perdite operative generate. Questo implica come, nonostante l'aumento del tempo di ciclo e delle relative perdite, i benefici operativi e i risparmi ottenuti superino ampiamente il dato delle perdite totali, garantendo in tal modo un vantaggio netto e un periodo di ritorno dell'investimento relativamente breve.

## Conclusioni

Il presente progetto risponde alla necessità dell'azienda di garantire un'efficienza operativa che si renda sostenibile nel lungo termine, nello specifico identificando e portando a risoluzione gli eventuali difetti riscontrati all'interno di distinte linee di produzione. In particolare, le criticità rilevate nelle linee interessate dai processi di implementazione del progetto, costituivano degli eventi significativi, che necessitavano obbligatoriamente di interventi mirati al loro superamento. Dal punto di vista economico, ai disallineamenti individuati durante il processo produttivo seguivano inevitabilmente le necessarie rilavorazioni, con un impatto significativo sul bilancio aziendale, evidenziato da un'analisi accurata dei costi correlati. Tale tipologia di errore comportava inoltre oneri aggiuntivi per l'impiego di personale supplementare, nonché riferito a riparazioni e ritardi nella catena di produzione. La situazione veniva ulteriormente aggravata dal fatto che la procedura di controllo qualità, veniva affidata quasi esclusivamente agli operatori, con un loro intervento manuale nella verifica dei codici identificativi dei componenti. Grazie all'adozione di un avanzato sistema di scansione automatizzato, le caratteristiche dei componenti vengono ora trasmesse direttamente a un server centralizzato che ne esegue un controllo continuo e dettagliato. Questo step innovativo rende così estremamente improbabile l'insorgere di errori nel processo produttivo, per la possibilità di regolare e monitorare ogni fase con precisione millimetrica. Una tale approccio non apporta benefici alla singola linea, ma all'intero ciclo industriale dello stabilimento: infatti, nel contesto operativo dell'azienda, le linee produttive risultano strettamente interconnesse, configurate in modo che i pezzi elaborati da una linea alimentino direttamente la successiva. Questa configurazione crea però una dipendenza critica tra le linee, visto che qualsiasi interruzione o malfunzionamento di una linea può avere ripercussioni immediate e significative sull'intero processo produttivo. Pertanto, un problema in un singolo punto del sistema non solo impatta l'efficienza della linea specifica ma si propaga a valle, compromettendone la produttività e l'efficienza complessive dell'impianto. In tal modo, diventa cruciale la resilienza del sistema produttivo, rendendo obbligatorie strategie efficaci di manutenzione preventiva e risposta rapida ai guasti, così da minimizzare i potenziali danni e garantire la continuità operativa. A titolo di esempio esplicativo, si cita un evento, sia pur non legato alla linea analizzata nella presente Tesi, verificatosi durante il periodo di tirocinio: un problema nella registrazione su server di un numero di disegno, che specifica la composizione di un componente meccanico, ha causato un'interruzione nella linea di erogazione dell'olio, peraltro e fortunatamente già automatizzata. Il problema generato dall'errore di registrazione impediva l'erogazione della quantità

corretta di olio indispensabile il componente specifico. La prontezza nell'intervento, attraverso una rapida correzione dei dati sul server, permetteva di risolvere il problema in tempi brevi. Tuttavia, se la linea non avesse beneficiato dell'automazione, il tempo di fermo macchina sarebbe stato notevolmente più lungo, causando ritardi che si sarebbero propagati a tutte le linee successive. Questo tipo di incidente sottolinea l'importanza vitale di avere sistemi resilienti, in grado di rispondere prontamente agli imprevisti, così confermando la necessità di strategie di manutenzione preventiva e interventi rapidi, come discusso in precedenza. Risulta fondamentale riconoscere come, sebbene l'implementazione di nuovi progetti come quello trattato all'interno dell'elaborato possa sembrare semplice e diretta, non si devono trascurare vari fattori di significativo ostacolo all'introduzione di innovazioni su un ambiente produttivo consolidato. Uno dei principali problemi presentatisi è rappresentato dalla resistenza al cambiamento visto che gli operatori vengono abituati a seguire modalità operative che si rivelano poi ben radicate: pertanto, l'introduzione concreta di nuove metodologie o modifiche alle abituali procedure operative costituisce una sfida impegnativa. Alcune linee di produzione, ancorché consolidate da tempo nello stabilimento, rappresentano parte integrante dei processi produttivi. Inoltre, la necessità di mantenere determinati standard di produzione giornalieri potrebbe rendere problematica anche una sia pur breve interruzione delle attività, se si intende formare il personale su nuove metodologie. Per questo motivo è stato deciso di non stravolgere totalmente il funzionamento della linea, bensì di adottare soluzioni graduali che consentivano il passaggio da un controllo visivo a una procedura di scannerizzazione. Un simile approccio ha permesso di mantenere l'efficacia del controllo qualità, introducendo al contempo un metodo più preciso e in minor misura soggetto a errori umani. Nella fase di implementazione delle nuove tecnologie del progetto, si è evidenziato un ulteriore ostacolo derivante dall'introduzione di due tablet dedicati al controllo di accesso sulla linea di produzione. Inizialmente, per motivi di sicurezza, veniva predisposto un sistema che autorizzava soltanto un limitato numero di operatori tramite credenziali proprie. Tuttavia, questa soluzione si rivelava inadeguata alle esigenze dell'impianto, dato il rilevante numero di personale richiesto per il funzionamento di una linea. Di conseguenza, si rendeva necessario intervenire sulle configurazioni dei server dedicati, attuandovi una modifica che ne permetteva l'utilizzo da parte di un singolo account utente. Attraverso l'associazione di un Part-Number specifico, era così possibile identificare l'operatore in servizio in un determinato turno, garantendo la tracciabilità delle operazioni pur mantenendo l'efficienza e la sicurezza del processo.

In conclusione, il progetto esaminato in questa Tesi si associa a promettenti specifiche operative, evidenziando potenziali risparmi significativi, come rappresentato nei "savings" dell'analisi dei

risultati ottenuti. Se questa tipologia di implementazione continuerà a confermare le attese, diventerà opportuno reconsiderarne l'applicazione anche ad altre linee produttive dello stabilimento, ivi comprese le linee di assali medi e pesanti, così favorendo un'ulteriore ottimizzazione dei processi e un incremento complessivo dell'efficienza operativa.

## Bibliografia

- Ashby, M. F. (2016), *Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice*, Elsevier
- Aspinwall, E. & Meredith, J. (2021), *ERP Systems and their Role in Managing Bill of Materials*, Wiley
- Chiarini, A. (2013), *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, Springer Science & Business Media
- Deming, W. E. (1986), *Out of the Crisis*, MIT Center for Advanced Engineering Study (“W. Edwards Deming | SpringerLink”)
- Hara, M. (2007), *QR Code: The Evolution and Applications of Quick Response Codes*, DENSO Wave Incorporated
- Harmon, P. (2020), *Business Process Change: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals*, Elsevier
- IVECO Group, *Annual Report 2022*, IVECO Group
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (Eds.). (1999), *Juran's Quality Handbook (5th ed.)*, McGraw-Hill
- Kato, H. & Tan, K.T. (2018), *Advanced Applications of QR Codes in Modern Technology*, Springer
- Landt, J. (2005), *The History of RFID*, IEEE Potential
- Leon, A. (2020), *Enterprise Resource Planning*, McGraw-Hill Education
- Motiwalla, L., & Thompson, J. (2012), *Enterprise Systems for Management*, Pearson Education
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2018), *The Six Sigma Handbook*, McGraw-Hill Education
- Ptak, C. A., & Schragenheim, E. (2004), *ERP: Tools, Techniques, and Applications for Integrating the Supply Chain*, CRC Press
- Smith, J. & Chang, Y. (2019), *Process Optimization and Traceability in Manufacturing*, Springer
- Taiichi Ōno (1995), *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*, Productivity Press Inc

## Sitografia

FPT Industrial (2024), *Propulsori per veicoli industriali: Scopri i prodotti e servizi FPT Industrial*, from <https://www.fptindustrial.com/it>

IVECO BUS (2024), *Scopri i prodotti e servizi IVECO BUS, IVECO BUS*, from <https://www.iveco.com/ivecobus/it-it/prodotti/pages/iveco-bus-about-us.aspx>

Heuliez Bus (2024), *Presentazione dell'azienda Heuliez Bus, Heuliez Bus*, from [https://www.heuliezbus.com/fr/presentation\\_de\\_lentreprise](https://www.heuliezbus.com/fr/presentation_de_lentreprise)

IVECO Defence Vehicles (2024), *About Iveco Defence Vehicles, Iveco Defence Vehicles*, from <https://www.idvgroup.com/company/>

Astra Trucks (2024), *Discover Astra Trucks Products, Astra Trucks*, from <https://www.astra-trucks.com/en/products/>

Magirus Group (2024), *Company Information, Magirus Group*, from <https://www.magirusgroup.com/de/en/company/>

IVECO Capital (2024), *About Us - IVECO Capital, IVECO Capital*, from [https://www.ivecocapital.com/it\\_it/A-proposito-di-noi](https://www.ivecocapital.com/it_it/A-proposito-di-noi)

Paolo Senni, *La filosofia di Deming e il ciclo PDCA*, from <https://www.snalsbrindisi.it/documenti/doc1/Deming.pdf>

QualitiAmo, (n.d.), *L'evoluzione del concetto di qualità: Un lungo percorso*, QualitiAmo, Retrieved August 26, 2024, from <https://www.qualitiamo.com/evoluzione/lungo%20percorso.html>

Rivoltella, P. C., (2022), *La qualità della ricerca e la ricerca di qualità: Una riflessione*, Quaderni di Sociologia, 80(4), 43-58, Retrieved August 26, 2024, from <https://journals.openedition.org/qds/5993>

Mondadori Education, (n.d.), *Le tappe dello sviluppo storico del concetto di qualità*, Mondadori Education, Retrieved August 26, 2024, from [https://msmms.hubscuola.it/saggio/120RE0066313/8a83e2eb-dae5-48c0-a941-6bad94ba82a9/A2\\_u1\\_stec\\_tappe\\_sviluppo\\_storico\\_qualita.pdf](https://msmms.hubscuola.it/saggio/120RE0066313/8a83e2eb-dae5-48c0-a941-6bad94ba82a9/A2_u1_stec_tappe_sviluppo_storico_qualita.pdf)

Queensland University of Technology, (2010), *An analysis of Toyota's production system in the context of the automotive industry*, Queensland University of Technology, Retrieved August 26, 2024, from <https://eprints.qut.edu.au/40347/1/c40347.pdf>

PrintShop Mail, (n.d.), *Manuale di PrintShop Mail 4.1*, PrintShop Mail, Retrieved August 26, 2024, from <http://www.printshopmail.com/files/ITALmanual41.pdf>

Alfacod, (n.d.), *Il codice a barre: Cos'è e come funziona*, Alfacod, Retrieved August 26, 2024, from <https://www.alfacod.it/blog-codice-a-barre-cosa-e-come-funziona#>

Vitolavecchia, (n.d.), *Codici a barre lineari: Barcode lineari*, Vitolavecchia, Retrieved August 26, 2024, from <https://vitolavecchia.altervista.org/codici-barre-lineari-barcode-lineari/>

Datalogic, (n.d.), *Il codice a barre: Panoramica delle informazioni codificate*, Datalogic, Retrieved August 26, 2024, from <https://www.datalogic.com/ita/azienda/panoramica-dellazienda/il-codice-a-barre-co-5241.html#>