



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***IMPLEMENTAZIONE DELLA METODOLOGIA JIDOKA
SULLE LINEE #2 E #4 DI ASSEMBLAGGIO AUTOMATICO
DEI PRODOTTI RDU***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Franco Failli
Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Ing. Oronzo Riccardo Panaro
Vitesco Technologies Italy S.r.l

IL CANDIDATO

Daniele Firreri
daniele.firreri@hotmail.it

Sessione di Laurea Magistrale del 15/07/2020
Anno Accademico 2019/2020

Implementazione della metodologia Jidoka sulle linee #2 e #4 di assemblaggio automatico dei prodotti RDI

Daniele Firrerri

Sommario

Questo elaborato di tesi è frutto di un'esperienza formativa svolta presso l'azienda Vitesco Technologies Italy srl di Fauglia (PI), azienda operante nel settore automotive a livello mondiale. L'obiettivo del mio percorso formativo è stato quello di introdurre sulle linee di assemblaggio dell'RDU una metodologia di lavoro che rappresenta una colonna portante della Lean production: il Jidoka. Dopo un opportuno studio delle linee interessate e della declinazione del Jidoka in azienda, è stato creato un sistema di raccolta dati affidabile per poter stilare un elenco di tutte le voci di scarto e determinare tutte quelle che risultassero maggiormente impattanti in termini di perdita di efficienza della linea. Dopo un'accurata analisi di tutte le voci di scarto, opportunamente clusterizzate in famiglie omogenee, si sono definiti i processi critici sia in termini di FPY sia in ottica NCC1 e gli opportuni target. È stato necessario preparare tutta la documentazione come definito da procedura e apportare le necessarie modifiche sia sul database aziendale sia sui controlli dei moduli stessi. Attività chiave è stata quella di revisione dei piani di reazione, per i moduli selezionati, tale revisione è stata veicolata e condizionata da una forte integrazione con la TPM. Fondamentale importanza ha avuto l'attività di formazione sulla linea, che ha permesso agli operatori di prendere consapevolezza della metodologia e della centralità della loro posizione per rendere il processo stabile e sostenibile.

Abstract

This thesis work is the result of a training experience carried out at the Vitesco Technologies Italy srl company in Fauglia (PI), a company operating in the automotive sector worldwide. The goal of my training was to introduce a working methodology on the RDU assembly lines that represents a pillar of Lean production: Jidoka. After an appropriate study of the lines involved and the declination of the Jidoka in the company, a reliable data collection system was created to be able to draw up a list of all the waste items and determine all those that were most impactful in terms of loss of efficiency of the line. After a careful analysis of all the waste items, suitably clustered into homogeneous families, the critical processes were defined both in terms of FPY and in the NCC1 perspective and the appropriate targets. It was necessary to prepare all the documentation as defined by the procedure and make the necessary changes both on the company database and on the controls of the modules themselves. A key activity was the revision of the reaction plans, for the selected modules, this revision was conveyed and conditioned by a strong integration with the TPM. Training on the line was of fundamental importance, which allowed operators to become aware of the methodology and centrality of their position to make the process stable and sustainable.

1. Introduzione

Il lavoro di tesi è stato sviluppato in seguito ad un tirocinio, della durata di sei mesi, presso l'azienda Vitesco Technologies di Fauglia, e si basa sui contenuti appresi durante un primo periodo di studio della linea e, soprattutto, su quanto svolto durante l'implementazione del Jidoka sulle linee di assemblaggio automatico dei prodotti RDU.

1.1 L'azienda

Vitesco Technologies(fino a Settembre 2019 Continental divisione Powertrain) è un'azienda operante nel settore automotive a livello mondiale. Lo stabilimento di Pisa ha rappresentato e rappresenta tutt'oggi un impianto leader per la produzione di iniettori a benzina ad alta e bassa pressione; è possibile categorizzare il portfolio prodotti (fig. 1) aziendale in 4 categorie:

1. Iniettori a bassa pressione (LPI)
2. Iniettori ad alta pressione (HPI)
3. Fuel Rail a bassa ed alta pressione
4. SCR – *Selective Catalytic Reduction*



Figura 1: Portafoglio prodotti stabilimento di Pisa

1.2 Il prodotto: RDU

Per abbattere le emissioni inquinanti NOx i moderni motori diesel utilizzano i catalizzatori SCR. Questa sigla è l'acronimo di *Selective Catalyst Reduction*, cioè catalizzatore a riduzione selettiva, un componente dell'auto che abbate le emissioni di ossidi di azoto grazie all'impiego dell'agente riducente AdBlue (come è possibile notare in fig. 2). Il componente progettato per l'iniezione di AdBlue è il Reduction Dosing Unit (RDU).

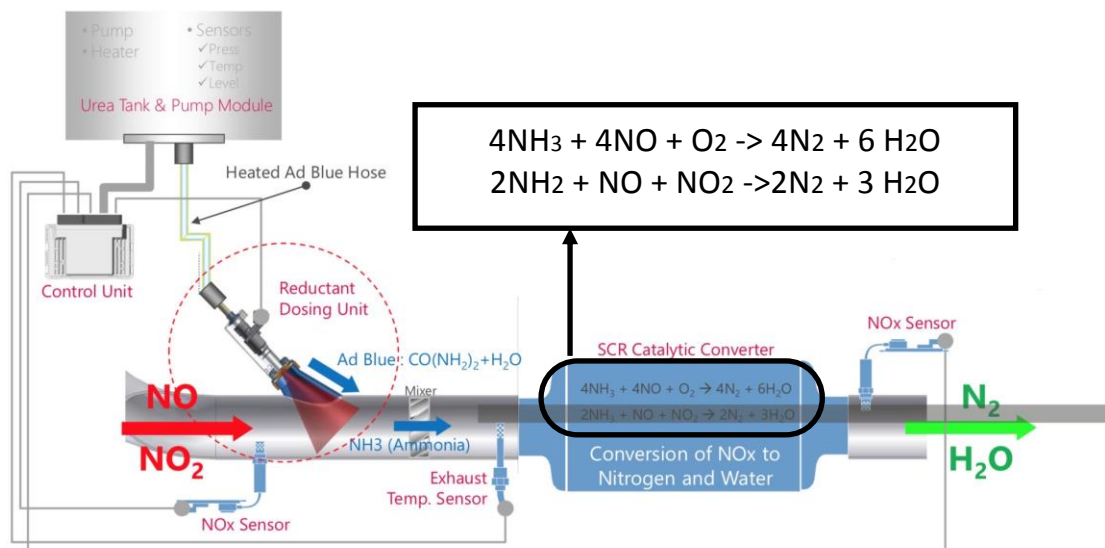


Figura 2: Schema montaggio RDU scarico motore diesel

L’RDU, in ogni sua versione, risulta essere un iniettore “corazzato” per resistere alle alte temperature presenti nei pressi degli scarichi di un motore diesel. L’iniettore utilizzato è il Dekka VII, iniettore a solenoide a bassa pressione sviluppato ed assemblato nel medesimo stabilimento. Gli RDU sviluppati si differenziano da cliente a cliente tuttavia è possibile fare una macro-divisione nelle versioni:

- RDU Air Cooler —> raffreddamento ad aria
- RDU Liquid Cooler —> raffreddamento a liquido

Il principio di funzionamento delle due versioni è il medesimo ma i sistemi di raffreddamento diversi permettono di lavorare a temperature diverse. La scelta delle due varianti dipende dalla posizione di installazione del dispositivo.

All’interno dello stabilimento sono presenti due linee dedicate all’assemblaggio dei prodotti RDU;

Linea 2 e Linea 4.

1.3 Lo strumento: Jidoka

Il Jidoka è uno strumento della Lean Production e rientra tra metodologie della CBS¹,



Figura 3: Le versioni di RDU prodotte nello stabilimento di Pisa

¹ Continental Business System, modello di gestione di tutti i processi aziendali basata sull’implementazione delle metodologie lean

quindi della Vitesco Technologies, e deve essere implementato su tutte le linee produttive in serie. Jidoka significa:

- Dotare la linea di un sistema di monitoraggio delle performance;
- Formare ogni operatore al fine di segnalare la deviazione del processo rispetto agli indicatori prestabiliti;
- Fermare il processo produttivo in presenza di anomalie.

Lo scopo di tale metodologia, è quello di mantenere un processo stabile attraverso una rapida reazione alle deviazioni del processo stesso e implementare azioni correttive che intervengano sulle cause allo scopo di prevenire il ripresentarsi di tali deviazioni.

L'applicazione di tale strumento, all'interno dello stabilimento pisano, ha il compito, inoltre, di contenere e migliorare le prestazioni in termini di FPY² e costo scarti. Come è possibile notare dalla fig.4 la corretta applicazione passa dall'attuazione di sei step chiave che si ripetono ciclicamente al fine di perseguire un miglioramento continuo.

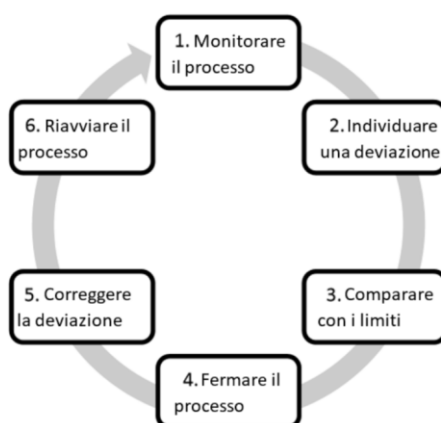


Figura 4: I sei step chiave del Jidoka

1.4 Obiettivo e scopo della tesi

Lo scopo della seguente tesi è quello di analizzare la linea di assemblaggio dei prodotti RDU e creare le condizioni necessarie per l'applicazione degli strumenti della Lean production.

L'obiettivo è quello di implementare il Jidoka sulle linee di assemblaggio automatico adibite alla produzione di prodotti RDU attraverso l'applicazione della procedura aziendale, al fine di

² First pass yield, indicatore di linea che rapporta percentualmente i pezzi conformi al primo passaggio con i pezzi processati

ottenere dei miglioramenti prestazioni della linea sia legati al FPY sia all'impatto che le inefficienze hanno sul valore complessivo del costo scarti (NCC1).

2.1 Analisi processo produttivo

Al fine di ottenere una corretta implementazione sulle linee dedicate alla produzione dei prodotti RDU, è stato necessario uno studio accurato della linea e della procedura Jidoka all'interno dello stabilimento. Lo studio iniziale si è diviso in due macro attività:

1. Studio del processo di assemblaggio, movimentazione del materiale e delle operazioni per quanto concerne il prodotto
2. Affiancamento responsabile Jidoka linea XL3 al fine di apprendere l'applicazione della procedura e valutarne criticità.

2.2 Analisi perdite linea assemblaggio

Per avere una panoramica della linea, conoscerne le perdite e progettare una corretta applicazione del Jidoka, conformemente alla procedura corporate, è stato necessario partire da un'analisi di entrambe le linee scorrendo ogni voce di scarto per ogni modulo, in modo da definire i moduli e gli scarti associati più critici sia per impatto sul FPY sia sul valore complessivo del costo scarti.

Per effettuare tale analisi è stato necessario generare un strumento di raccolta dati, dove sono stati registrati tutti gli scarti a partire dalla CW35 del 2019 per ogni linea, raggruppando le varie voci in famiglie omogenee. Questo strumento ha permesso di estrapolare agilmente i dati dal sito intranet aziendale, dove vengono registrati tutti i dati di produzione, e creare per ciascuna linea 4 storici:

1. Dati giornalieri e voci di scarto non aggregate
2. Dati giornalieri e voci di scarto aggregate
3. Dati settimanali e voci di scarto non aggregate
4. Dati settimanali e voci di scarto aggregate

Infine, per l'analisi dei dati ottenuti, sono stati creati dei fogli di lavoro che illustrano graficamente l'andamento della linea. Grazie all'utilizzo di grafici e tabelle pivot è possibile rappresentare graficamente il top 10 Pareto delle voci di scarto della linea (come rappresentato in figura 5) e confrontare i dati settimanali con i quelli delle tre settimane precedenti.

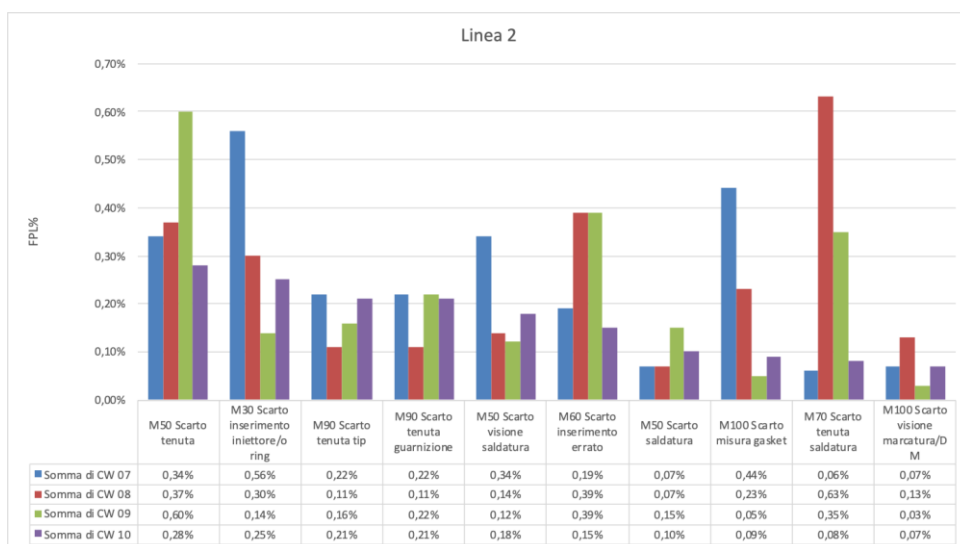


Figura 5: Top 10 Pareto scarti settimanali linea #2

Questo strumento è stato utilizzato prima per l'individuazione dei moduli critici e successivamente come strumento di monitoraggio continuo della linea.

È stato successivamente utilizzato, con le opportune modifiche, come strumento di tracciatura su altre linee di assemblaggio all'interno dello stabilimento.

2.3 Selezione processi critici

Dall'andamento estrapolato dall'analisi delle linee è stato possibile identificare i moduli e le voci di scarto maggiormente critiche e, conseguentemente, selezionate per l'implementazione del Jidoka. È stato necessario stabilire delle percentuali soglia che consentissero di calcolare i target, sia in termini di scarti aggregati che scarti consecutivi. Partendo dal valore estratto dal file di tracciatura, ovvero il FPL medio giornaliero, è stata svolta un'analisi oraria delle percentuali di scarto sulle ultime 15 settimane antecedenti alla definizione dei parametri per ciascuna voce di scarto interessata.

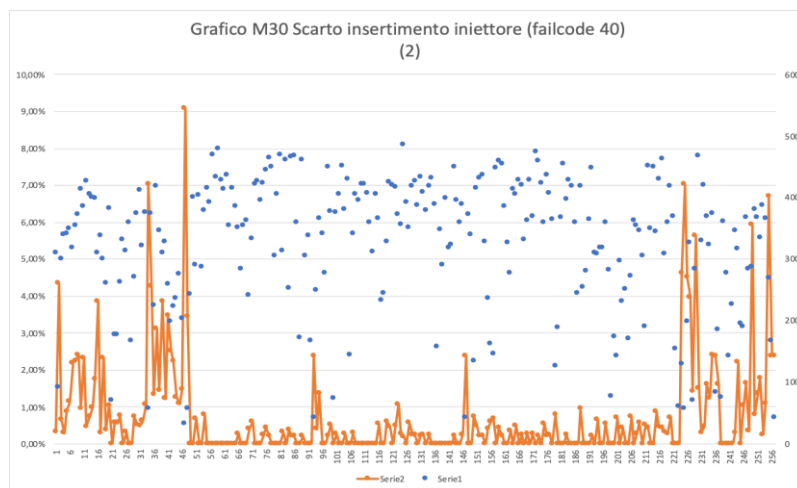


Figura 6: Trend orario scarto inserimento iniettore

Dal grafico in fig. 6 è evidente notare l'andamento della percentuale di scarto oraria ed è possibile valutare i picchi, confrontandoli con il valore di pezzi processati. Confrontando i trend orari con i valori target stimati, sono state definite le percentuali di scarto e il valore degli scarti aggregati e consecutivi per ciascuna voce selezionata.

La definizione delle soglie ha tenuto conto di un bilanciamento tra produttività (per soddisfare le richieste dei clienti nei relativi tempi) e eccesso di scarti % (prevista durante la stesura del Budget per le linee RDU).

Dopo le suddette analisi e la definizione dei valori soglia, con l'approvazione dei responsabili della linea, è stato necessario modificare i parametri a bordo macchina, in modo tale che i moduli selezionati possano fermarsi, evidenziando il segnale di errore, ogni qualvolta che i target vengono superati.

2.4 Revisione piani di reazione

Il progetto di tesi è stato caratterizzato da una forte integrazione con il reparto TPM in azienda. Lo strumento che lega fortemente le due metodologie sono i piani di reazione: documenti che guidano l'operatore e il manutentore nell'esecuzione delle attività per la risoluzione di problemi inerenti agli scarti. Durante la fase preparatoria è stato necessario aggiornare e revisionare i piani di reazione legati ai moduli selezionati.

In questa fase è stata valutata la possibilità di allineare tutte le linee produttive sotto un unico standard; un format che segua delle regole di compilazione e lettura ben precise e che spinga verso una manutenzione autonoma.

Sono state definite delle chiare regole di compilazione al fine di facilitare la lettura e unificare i documenti su tutte le linee produttive. Nella fase di revisione, invece, sono state valutate tutte le azioni presenti in termini di rischio associato, in modo da trasferire alcune attività dal manutentore all'operatore.

Nel diagramma di flusso in fig. 7 viene mostrato il funzionamento del processo di utilizzo dei piani di reazione a fronte di scarti. Quando suona l'allarme Jidoka l'operatore preleva il piano di reazione ed esegue le attività indicate in base alla tipologia di scarto. Se risolve il problema, inserisce il fermo macchina Jidoka specificando che il piano di reazione è stato efficace, altrimenti ferma la macchina e richiede un intervento manutentivo. Il manutentore esegue le attività previste dal piano e se esegue altre attività deve indicarlo in nota. Dopodiché l'operatore inserirà il fermo compilandolo integralmente con le informazioni richieste.

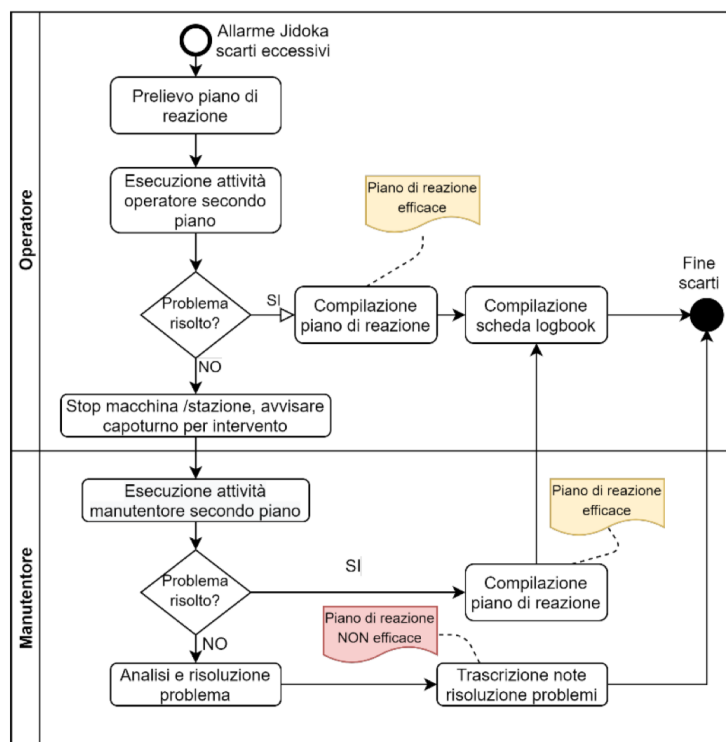


Figura 7: Flowchart reazione scarti processo Jidoka

2.5 Formazione operatori

L'ultima operazione della fase preparatoria è la formazione degli operatori. Risulta essere l'operazione più importante in quanto l'ottenimento di risultati nel medio-lungo periodo è vincolato all'osservanza della procedura aziendale. È stata effettuata una formazione a coppie sulla linea; è una modalità necessaria per avere un contatto diretto con l'operatore, renderlo partecipe e consapevole che il vantaggio ottenibile dal progetto non è qualcosa di intangibile ma un'efficienza che si ripercuote direttamente sulla linea, generando meno guasti e portando a tecniche risolutive più efficaci ed efficienti. Così facendo si rende il loro lavoro più lineare e meno sovraccaricato.

Ogni attività di formazione ha avuto una durata di circa 25 minuti prolungata per circa 10 giorni, tempo necessario per trovare sulla linea, nei turni diurni, tutti e cinque i team di operatori delle linee RDU.

Durante la formazione è stata illustrata la procedura aziendale e come consultare i singoli documenti presenti sulla Jidoka Board. È stato presentato il nuovo formato dei piani di reazione, come consultarlo e compilarlo correttamente.

Ci si è avvalsi anche di un OPL (One Point Lesson), strumento molto utilizzato in azienda, in quanto riesce a condensare in un unico foglio tutte le informazioni necessarie all'utente. Ci è

stata utile per indicare come compilare in modo corretto il fermo macchina e la scheda Jidoka associata.

3.1 Analisi e report

Dopo l'implementazione del Jidoka, è stato necessario creare un foglio di raccolta dati che favorisce le analisi e la stesura dei report.

I dati estrapolati da Microsoft Access vengono opportunamente formattati con l'utilizzo di una serie di macro già programmate sul foglio elettronico e integrati con le informazioni estraibili dai piani di reazione compilati sulla linea.

La mole di dati che si ottiene per ogni fermo agevola le molteplici analisi che rappresentano spunti di partenza durante le riunioni per definire le attività di miglioramento da mettere in atto.

Per semplificare tecnicamente e tempestivamente questa fase sono state predefinite delle tabelle pivot, e relativi grafici, che permettono di effettuare le analisi estraendo i dati precedentemente inseriti nell'apposito foglio elettronico.

Tale strumento permette, una volta scaricati i dati settimanali, di estrapolare agilmente molteplici analisi favorendo la stesura di report da portare in riunione di produzione.

3.2 Modifica M30 e risultati attività

Dalle analisi effettuate settimanalmente si è valutata la possibilità di effettuare una modifica meccanica che ha portato notevoli vantaggi in termini prestazionali. Nel modulo M30 di Linea 2, modulo su cui è stato implementato il Jidoka, è stato sostituito il sistema di lubrificazione riducendo notevolmente il numero di scarti durante l'inserimento dell'iniettore. Per effettuare tale modifica, è stato necessario svolgere una riunione per effettuare un'analisi accurata di tutti i rischi legati al cambio di operazione. Ogni attività, prima di entrare a regime sulla linea, deve essere sottoposta ad una analisi di rischio, una PFMEA. Sono stati analizzati tutti i rischi legati al nuovo sistema di lubrificazione e valutato il rischio complessivo, assicurandoci che non superasse il valore di rischio precedentemente calcolato. Dopo la redazione e approvazione del nuovo PFMEA, è stato montato il nuovo sistema: un tampone imbevuto di liquido lubrificante che entrando in contatto con la sede riesce ad ottenere una lubrificazione corretta senza rilasciare elementi contaminanti o potenzialmente dannosi nel pezzo.

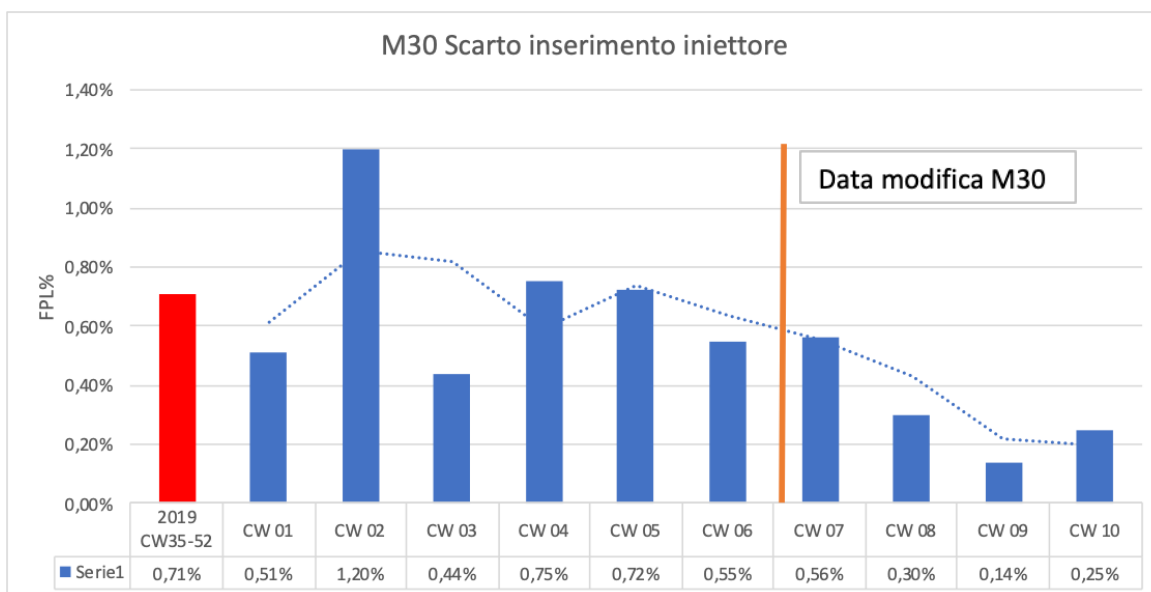


Figura 8: Andamento % scarti dopo modifica sistema lubrificazione

Tale modifica ha permesso di ridurre notevolmente la percentuale di scarto, come è possibile notare in fig. 8, migliorando l'efficienza di linea e riducendo drasticamente il numero di fermi legati alla suddetta tipologia di scarto.

4.1 Previsioni e attività pianificate

A causa dell'emergenza sanitaria non è stato possibile monitorare la linea. La chiusura aziendale, di conseguenza, ha impedito di arrivare a risultati utili per la valutazione dell'efficienza dello strumento.

È stato stimato un'andamento del FPL ideale basato sul calcolo dei dati storici e su un progetto di implementazione del Jidoka sulla linea del Fuel Rails in data Gennaio 2019.

La stima rappresenta una previsione approssimata dell'andamento del FPL su linee RDU, nonostante la diversità intrinseca delle due linee.

Al fine di stimare una previsione approssimata, è stato utilizzato il trend del FPL nelle 8 settimane successive all'implementazione. Data la diversità intrinseca delle linee, sono stati calcolati dei coefficienti di "calibrazione" necessari per adeguare tale trend all'andamento della linea su cui si sta effettuando la previsione.

Per ogni modulo su cui è stato implementato il Jidoka, è stato calcolato un coefficiente confrontando i dati di FPL delle 10 settimane antecedenti all'implementazione con i dati relativi al FPL del *FR XL5 - Leak test*.

Nel seguente grafico in fig. 9 è possibile notare l'andamento previsto di uno dei moduli interessati all'implementazione.

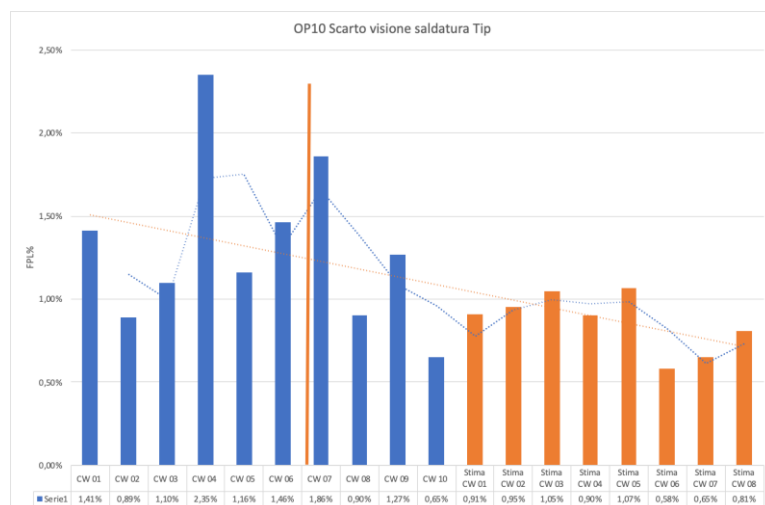


Figura 9: Andamento previsionale FPL OP10

Sono state, inoltre, programmate e schedate delle attività di miglioramento che potenzialmente possono migliorare notevoli vantaggi all'efficacia del Jidoka come:

- Digitalizzazione piani di reazione
- Introduzione Jidoka BSV (banco di controllo visivo finale)
- Formazione telematica
- Modifica PLC sul controllo del modulo

4.2 Conclusioni

Compatibilmente agli obiettivi prestabiliti, è stata implementata la metodologia di lavoro sulle linee di produzione dei prodotti RDU, creando una struttura software in grado di favorire l'estrapolazione e l'analisi delle informazioni generate in produzione. L'elaborazione di uno standard comune ha permesso l'unificazione dei documenti sulle varie linee favorendo l'applicazione del Jidoka e dando una grande spinta verso la manutenzione autonoma, come richiesto dal livello corporate. L'azione di miglioramento sugli scarti di inserimento iniettore descritto nel paragrafo 3.2 ha portato una riduzione delle percentuali di scarto di linea al primo passaggio di circa lo 0.5%.

Infine, sono state programmate una serie di attività di miglioramento che possono portare notevoli vantaggi nell'attuazione del Jidoka in azienda.