



UNIVERSITÀ DI PISA

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

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

***Informatizzazione del processo realizzativo di prototipi
mediante l'introduzione di sistemi ERP e MES:
il caso Pierburg Pump Technology Italy S.p.a.***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Franco Failli

*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia
dei Sistemi Del Territorio e delle Costruzioni*

Ing. Bernardo Celata

Pierburg Pump Technology Italy S.p.a.

IL CANDIDATO

Gianmarco Vanni
gianmarco.vanni98@gmail.com

Sessione di Laurea Magistrale del 26/04/2023

Informatizzazione del processo realizzativo di prototipi mediante l'introduzione di sistemi ERP e MES: il caso Pierburg Pump Technology Italy S.p.a.

Gianmarco Vanni

Sommario

Questo lavoro di tesi è il risultato di un periodo di stage di sei mesi svolto presso il reparto Prototyping & Testing della sede di Livorno di Pierburg, dove si realizzano prototipi di pompe olio meccaniche ed elettriche. Si è posto l'obiettivo di gestire l'informatizzazione del processo realizzativo di prototipi mediante l'introduzione di un sistema ERP integrato ad un sistema MES per la gestione dei processi produttivi. L'attività è iniziata con uno studio approfondito dei processi *as is* e della prima versione, piuttosto grezza, dei sistemi (già rilasciata al momento dell'inizio del tirocinio) al fine di apprenderne le logiche di funzionamento. Si è seguita poi la fase di implementazione, partecipando attivamente alle sessioni di training e di testing, riferendosi soprattutto a casi reali. Sono state inoltre implementate alcune personalizzazioni per supportare altri sottoprocessi, con l'obiettivo di rispettare le esigenze di tempo, costo e qualità imposte dal progetto

Abstract

This thesis work is the outcome of a six months last stage within the Prototyping & Testing division of the Pierburg in Livorno, in this site the prototypes of mechanical and electric oil pump are developed. The scope of the project is the digitalization of the prototyping process through the introduction of an ERP system integrated with a MES system in order to manage the production process.

The thesis activity starts with the study of the applied process and of the first release of the systems (ERP and MES) already in production at the date of stage beginning in order to understand the operating logic.

After this first step the candidate has been involved in the implementation phase, with an active participation at the training and testing session, even in real case. Decisions about customizations needed to support other subprocess have been taken in order to meet the cost and time constrains and quality targets.

1. CONTESTO AZIENDALE

1.1 AZIENDA E REPARTO

La divisione automotive di Rheinmetall, azienda multinazionale tedesca, è presente in Italia in tre sedi facenti parte della società “Pierburg Pump Technology Italy S.p.a.”.

L’esperienza si è svolta presso il dipartimento di R&D della sede di Livorno. Si tratta dell’ unico dipartimento che effettua attività di innovazione e progettazione di pompe olio meccaniche ed elettriche per tutti gli stabilimenti produttivi del mondo, rappresentando un fiore all’occhiello dell’azienda. In particolare, l’attività ha avuto luogo nel reparto Prototyping & Testing, dove ogni anno vengono realizzati mediamente 2000 prototipi.

1.2 TIPO DI PRODUZIONE

Nel reparto si effettua l’assemblaggio manuale di pompe prototipali, secondo Bill of Materials (BOM) composte da decine di componenti approvvigionati esternamente o lavorati nell’officina meccanica interna. Si opera in un contesto produttivo del tipo Engineer to Order (ETO): ogni progetto parte da una fase di progettazione sulla base delle esigenze del cliente.

2. PROCESSO PRODUTTIVO

A seguito di una prima fase di negoziazione con il cliente, il processo si articola, come rappresentato in Tabella 1, in tre fasi prototipali sequenziali: Alfa, Beta e Gamma.

	Alfa	Beta	Gamma
<i>Durata</i>	Alcuni mesi	Circa 1 anno	Tra fase Beta e produzione di serie
<i>N° pompe</i>	Da 1 a 5	Decine/centinaia	Decine/centinaia
<i>Prove</i>	Funzionali interne o presso il cliente	Funzionali, climatiche, di durata, di validazione	Validazione di caratteristiche e tolleranze
<i>Finalità</i>	Rispetto dei requisiti funzionali richiesti dal cliente	Progettazione di dettaglio e design freeze	Benestare dei disegni
<i>Componenti</i>	Prototipali	Prototipali	Da fornitori della produzione di serie
<i>Assemblaggio</i>	Manuale	Manuale	Manuale

Tabella 1. Fasi Alfa, Beta, Gamma

I valori di *Durata* e *N°pompe* dipendono dalle caratteristiche del singolo progetto.

Il passaggio da ogni fase alla successiva avviene previa conferma del cliente.

3. PROCESSO AS IS DI GESTIONE DI UNA COMMESSA

Il primo step è rappresentato dal Kick Off Meeting, indetto dal Capo Progetto (PMD) con lo scopo di condividere con Proto Engineer (PE) e Proto Manager (PM) le richieste del cliente.

Sono formalizzati modelli, disegni, BOM, date e team di progetto.

A seguire, viene realizzato un Piano di Controllo per la pompa assemblata e per i componenti in base alle caratteristiche che il cliente chiede di certificare alla spedizione.

Il PE ed il PM prendono decisioni di make or buy in base alla saturazione delle macchine dell'officina interna, analizzando i fabbisogni aggregati ed elaborando una programmazione di massima delle attività.

Si approvvigionano da fornitori locali materiali grezzi "non gestiti" (componenti standard in regime di free pass), grezzi "gestiti" (controllo interno a campione e identificazione del lotto) e componenti finiti (controllo al 100% presso il fornitore).

Il Responsabile dell'Officina, coerentemente con quanto stabilito dalla programmazione, fornisce agli operatori dell'officina i materiali e le istruzioni necessarie a completare i cicli di lavorazione. I pezzi vengono marcati a pennarello con un numero progressivo e gli operatori li movimentano tra le macchine in appositi contenitori etichettati.

Dopo la fase di lavaggio, i pezzi vengono controllati dalla Sala Metrologica in accordo col Piano di Controllo.

Si entra poi nella fase di delibera dove il Test Engineer (TE), analizzando il Piano di Controllo ed i Report Dimensionali, delibera i pezzi come conformi, scarti definitivi o da rilavorare, oppure richiede deroga al PMD.

I componenti conformi vengono stoccati nel cassetto del magazzino automatizzato "Modula" relativo al progetto, da dove poi vengono prelevati dagli operatori dell'assemblaggio.

Le istruzioni di assemblaggio sono formalizzate dal TE all'interno della Procedura di Assemblaggio, fornita agli operatori insieme ad un documento cartaceo su cui registrare gli accoppiamenti.

Le pompe assemblate vengono identificate, testate e poi imballate per la spedizione.

3.1 CRITICITÀ DEL PROCESSO AS IS

Le criticità del processo sono legate in particolar modo allo scambio e alla gestione delle informazioni all'interno del reparto. La presenza di diversi database Access non integrati tra loro e l'elevato utilizzo di documenti cartacei e fogli elettronici comporta una scarsa integrazione tra i dati raccolti. Inoltre, si sono riscontrate difficoltà legate all'identificazione ed alla tracciabilità di pompe e componenti, con lunghi tempi di risposta al cliente a seguito di

resi o richieste di modifiche. Anche in fase di produzione, l'assenza di dati oggettivi che tengano traccia delle lavorazioni svolte, ha portato nel tempo ad errori ed incomprensioni.

4. PLANNING DEL PROGETTO DI INTRODUZIONE DEI SISTEMI ERP E MES

4.1 MOTIVI ED OBIETTIVI DELL'INTRODUZIONE

Per superare queste criticità, è stato promosso dall'R&D il progetto di acquisto di un sistema informativo che rispondesse in primis a queste esigenze:

- Favorire l'interconnessione tra i macchinari del reparto in ottica Industria 4.0, sostenendo le spese per l'implementazione nel bilancio 2022 al fine di ottenere il credito d'imposta del 50% del costo del software, a fronte del 20% ottenibile nel 2023
- Migliorare il flusso informativo del reparto confluenndo la maggior parte dei dati in un unico ambiente
- Incrementare l'affidabilità dei dati in merito alla tracciabilità di pompe e componenti
- Avere a disposizione dati in tempo reale per monitorare l'avanzamento della produzione nei vari centri di lavoro
- Raccogliere tutti i dati e tutti i file per gestire la programmazione delle attività in un unico ambiente, che permetta anche l'aggiornamento automatico delle quantità processate.

4.2 FASE DI SCELTA

La scelta finale è ricaduta sul vendor Codhex S.r.l., un'azienda di Pontedera (PI), adottando una two-tier strategy: si è affiancato al sistema SAP, che gestisce la contabilità del reparto, un altro sistema Enterprise Resource Planning (XMINE ERP) integrato ad un sistema Manufacturing Execution System (XMINE MES 4.0) per la gestione dei processi produttivi.

L'acquisto di un modulo aggiuntivo di SAP, già in utilizzo per la produzione di serie dello stabilimento, è stato scartato poiché difficilmente in grado di supportare contesti produttivi più flessibili e variabili come quello del reparto prototipi.

XMINE è un sistema On Premise, installato presso i server aziendali, in linea con la policy aziendale di possesso e controllo diretto dei dati.

Codhex, a differenza di altri vendor, ha garantito tempi e costi di implementazione in linea con le esigenze, licenze illimitate, supporto e manutenzione, oltre a requisiti di affidabilità e flessibilità. In particolar modo è stata considerata nella scelta la disponibilità alle personalizzazioni, favorita dalla vicinanza geografica della sede del vendor (previsti nell'offerta ben dieci incontri in presenza) e soprattutto dal fatto che Codhex è proprietaria del software, quindi in grado di configurare e customizzare il sistema con tempi e costi ristretti.

5. IMPLEMENTAZIONE DEI SISTEMI: INSTALLAZIONE E CONFIGURAZIONE

Durante i mesi estivi del 2022 Codhex si è occupata dell'installazione di XMINE sui server aziendali e della configurazione dei sistemi in base ai requisiti funzionali espressi da Pierburg. Con la prima versione rilasciata, Codhex ha limitato il proprio operato all'informatizzazione di un numero esiguo di processi, rispetto al totale di quelli formalizzati nella specifica tecnica.

5.1 PROCESSO TO BE DI GESTIONE DI UNA COMMESSA SU XMINE

Di seguito, si illustra la gestione di una commessa con l'utilizzo di XMINE.

In fase di KO Meeting si inseriscono i dati relativi alla commessa in un'apposita anagrafica.

Un'altra anagrafica di XMINE ERP permette di creare ed inserire dei cicli di lavorazione.

In fase di import BOM da SAP si associa ad ogni componente un ciclo di lavorazione composto da una sequenza di fasi che descrivono le lavorazioni, associate alle anagrafiche dei centri di lavoro e dei macchinari, oltre agli acquisti, al controllo e alla delibera.

L'Anagrafica Articoli si popola di materiali grezzi e componenti per i quali si può scegliere di identificare univocamente ogni singolo pezzo, solo il lotto, oppure nessuna identificazione.

In seguito, viene generato un Ordine Cliente dove si specifica quante pompe realizzare per il cliente e per prove interne, e per quali date. Questo viene preso in input dal MRP (Material Requirements Planning) che in base ai coefficienti d'impiego nella BOM e alla giacenza a magazzino, genera in output un Ordine di Produzione per ogni componente di una quantità di pezzi sufficiente a coprire il fabbisogno.

La stampa degli Ordini di Produzione genera una Bolla di Lavorazione per ogni singola fase di ogni ciclo di lavorazione di ogni componente. Qui entra in gioco il sistema MES.

Terminata ogni lavorazione, l'operatore infatti legge tramite lettore di codice a barre il barcode presente sulla Bolla, legge il barcode del proprio cartellino personale, ed indica la quantità di pezzi prodotti e scartati in quella fase.

Nelle fasi "Assegna Matricola" è richiesto all'operatore di identificare univocamente i pezzi o i lotti processati: per farlo, si utilizzano delle etichette adesive dotate di codice a barre.

Le successive fasi "Utilizza Matricola", potranno essere completate soltanto leggendo barcode di pezzi/lotti che sono stati processati in tutte le fasi precedenti. Superate le fasi di controllo, delibera e stoccaggio nel Modula, i pezzi compaiono come giacenza a magazzino.

Il MES supporta anche l'assemblaggio: per ogni componente della BOM il sistema indica a video la quantità necessaria di pezzi per assemblare una pompa. Il MES registra il completamento solo una volta che l'assemblatore ha letto i barcode di tutti i pezzi necessari.

6. IMPLEMENTAZIONE DEI SISTEMI: FASE DI FINAL PREPARATION

Il reparto ha deciso di integrare il candidato nel team di progetto al fine di partecipare alle decisioni relative alla gestione dei processi non ancora supportati nella prima versione di XMINE; a tal proposito il tirocinante ha operato come interfaccia tra gli impiegati del reparto, dotati di forte conoscenza in merito ai processi produttivi ma bassa conoscenza delle logiche del sistema informativo, ed il vendor.

Inizialmente l'attività ha riguardato l'apprendimento della logica con cui è stata configurata la prima versione dei sistemi. Si sono analizzate le differenze tra la realtà *as is* e quella *to be* in merito ai processi formalizzati nella specifica tecnica, raccogliendo informazioni e problemi.

6.1 FINAL PREPARATION: PERSONALIZZAZIONE

Uno degli obiettivi della fase di personalizzazione è stato quello di cercare di capire come gestire gli altri processi del reparto, possibilmente evitando customizzazioni pesanti, che avrebbero richiesto la modifica del codice, a vantaggio di configurazioni di parametri esistenti. Questo al fine di ottenere un risparmio in termini di costi e di tempi, ma senza rinunciare alla qualità, ovvero ad una gestione efficiente di questi processi mediante XMINE.

6.1.1 Alcuni esempi significativi di scelte in fase di personalizzazione

6.1.1.1 Sequenzialità delle fasi all'interno del ciclo di lavorazione

La prima versione dei sistemi permetteva di invertire le fasi all'interno dei cicli, nei casi in cui eseguire due lavorazioni in un ordine o nell'altro fosse indifferente, diminuendo tempi morti. Tuttavia, in fase di testing, ci si è accorti che questa soluzione portava il sistema a compiere errori sul totale di pezzi in lavorazione. Il danno generato è stato valutato come più impattante rispetto al beneficio ottenibile da sequenze flessibili. Si è scelto allora di obbligare la sequenzialità, questo ha permesso, anche se a discapito di una minor flessibilità, l'ottenimento di ulteriori importanti benefici quali quelli legati al monitoraggio real time delle attività e alla gestione degli WIP, alla limitazione degli errori in fase di assemblaggio, dove un pezzo può essere utilizzato solo se ha superato tutte le fasi precedenti, tra cui la delibera.

6.1.1.2 Logica e gestione delle quantità calcolate dal lancio dell'MRP

In alcuni casi accade che ci sia la necessità di modificare la quantità calcolata in automatico dall'MRP, che lavora *lot for lot*, per esempio a causa di esigenze del cliente o del testing, oppure per componenti critici o per motivi di lot sizing.

È stata abilitata la voce del menu "Gestione Ordini di Produzione" per permettere di modificare manualmente la quantità dell'ordine o di una singola fase dello stesso.

6.1.1.3 Verifica di conformità, delibera e rilavorazioni

Il controllo dimensionale e la delibera venivano gestiti come normali fasi di lavorazione nella prima versione del sistema. La gestione delle rilavorazioni, frequenti nei prototipi, non era prevista.

La necessità di introdurre un controllo a campione ha portato a configurare dei “Cicli di Collaudo” con l’inserimento di un “Piano di Controllo” per stabilire la frequenza della verifica. Lato MES è stata attivata una funzione che avvisa l’operatore della fase precedente, tramite un messaggio a schermo, se la matricola appena sparata deve andare al controllo o meno.

Per la delibera, invece, è stata necessaria una customizzazione su misura per Pierburg.

Cliccando sulla voce “Gestione Delibera Matricole” del menu principale di XMINE ERP, si accede ad una schermata dove si visualizzano, con diverse opzioni di filtro, tutte le matricole che hanno superato il controllo, ordinate per numero progressivo. Per queste il TE indica l’esito della delibera, selezionando la casella *Buono*, *Scarto* (matricola definitivamente inattiva) o *Rilavorare* (matricola momentaneamente inattiva, stato di rilavorazione).

Si è studiata una soluzione in grado di rendere flessibile la scelta di quante e quali macchine utilizzare per rilavorare il pezzo, senza il condizionamento della sequenzialità delle fasi.

È stato configurato in “Configurazione Cicli di Rilavorazione” un ciclo di rilavorazione generico costituito da due fasi: la prima di lavorazione, eseguibile più volte specificando la macchina dell’officina, e la seconda di dichiarazione fine lavorazione, che se eseguita fa tonare la matricola nella schermata di delibera. La customizzazione aggiuntiva introdotta ha riguardato soltanto il MES, che per questo ciclo bypassa il controllo sul codice articolo (generico nei cicli di rilavorazione) ma considera soltanto lo stato della matricola.

Con logica simile si gestiscono i pezzi prodotti per supporto alla produzione e alla qualità.

6.1.1.4 Altre configurazioni implementate

Si sono originate commesse e distinte base ad hoc per gestire i ripristini di pompe rese dai clienti, i componenti presenti in più di una BOM, le lavorazioni eseguite conto lavoro e la programmazione di massima delle attività.

6.1.1.5 Gestione degli scarti

La logica di funzionamento iniziale di XMINE in merito alla gestione degli scarti era più assimilabile a quella di un contesto di produzione di serie, limitata a registrare le quantità. La personalizzazione, prevista da Codhex direttamente nell’offerta iniziale, fa sì che il sistema aumenti in automatico le quantità da produrre di quel componente al fine di rimpiazzare il pezzo scarto ed avere le quantità necessarie di pezzi conformi per assemblare le pompe.

6.2 FINAL PREPARATION: TESTING

Per poter svolgere il testing, attività parallela alla personalizzazione ed al training, è stato sviluppato un apposito ambiente di test “TST”, a cui si accede in fase di login su XMINE.

Si sono svolti dei test funzionali, verificando se ogni funzionalità prevista è stata implementata ed è funzionante. Andando a definire una casistica ampia di scenari simili a quelli tipici del reparto, si è andati a simulare varie modalità di funzionamento, anche durante i processi decisionali relativi alle personalizzazioni.

Durante questa fase, gli errori ed i problemi sono stati documentati e raccolti, così come le eventuali proposte per risolverli.

6.3 FINAL PREPARATION: TRAINING

In accordo col concetto “train-the-trainer” è stato formato in particolar modo il team di progetto, i quali membri sono definibili *key users*, al fine poi di gestire autonomamente la formazione delle altre persone del reparto.

L’attività di incentivazione al cambiamento è risultata piuttosto critica. In questo contesto, il team di progetto ha cercato (attraverso presentazioni ed incontri) di mettere in luce i vantaggi legati all’introduzione del software a fronte di alcuni cambiamenti che porteranno gli operatori a dover svolgere delle operazioni aggiuntive che, almeno inizialmente, sembrerebbero dilatare i tempi necessari a compiere alcune attività.

Le sessioni di formazione, quindi, hanno previsto una prima parte generale dove sono state messe in luce le logiche di funzionamento; successivamente, il vero e proprio training, differenziato a piccoli gruppi a seconda della posizione ricoperta, si è concentrato sui comandi da utilizzare sul sistema. Si è affiancata a questa attività di training teorica anche una messa in pratica, mediante casi simulati in ambiente di test ed un caso reale, ovvero la produzione di 20 pompe prototipali per Lamborghini.

Per questo primo progetto pilota, si è deciso comunque di mantenere la modalità di lavoro antecedente all’introduzione del sistema, affiancandola all’inserimento di dati e tabelle su XMINE ERP ed alla registrazione dei movimenti di produzione su XMINE MES.

7. VALUTAZIONI IN MERITO ALL’INTRODUZIONE DI XMINE

7.1 BENEFICI DERIVANTI DALL’INTRODUZIONE

Avendo analizzato la gestione di un progetto reale quale quello Lamborghini, seppur supportato da una versione di sistema non ancora definitiva, si sono identificati numerosi benefici conseguenti all’introduzione del sistema.

- **Migliorata la gestione delle informazioni documentate conflueno i dati in un unico ambiente:** anagrafiche, documenti e dati transazionali tutti consultabili su XMINE.
- **Maggior standardizzazione nella compilazione dei documenti e nel loro formato** secondo la configurazione dei campi di inserimento dati del sistema.
- **Creazione di know how grazie alle Anagrafiche** in merito ad esempio a clienti, articoli, progetti, commesse e cicli di lavorazione.
- **Affiancati documenti e dati puntuali alla comunicazione verbale per limitare gli errori** come l'utilizzo di Bolle di Lavorazione in officina e la sequenzialità delle fasi obbligatoria.
- **Migliorata la gestione degli WIP nel reparto** grazie alla presenza del ciclo del componente, e di tutte le sue fasi, stampato su ogni Bolla di Lavorazione.
- **Monitoraggio real time dell'avanzamento dei progetti, degli scarti e delle quantità presenti a magazzino** mediante la schermata "Analisi Stato Avanzamento Produzione" che indica in tempo reale per ogni componente il numero di pezzi che hanno 'superato' ogni singola fase del ciclo e gli scarti. Completate tutte le fasi, i pezzi passano dalla colonna "Totale in Lavorazione" a quella "Giacenza a Magazzino".
- **Automatizzazione della selezione dei pezzi da portare al collaudo per controllo non al 100%** grazie al messaggio che compare sul MES durante la fase precedente.
- **Ridotti gli errori in fase di assemblaggio** in quanto il MES supporta a video le operazioni fornendo la lista dei componenti e le quantità necessarie, per i pezzi identificati. Ridotto il rischio di confondere tra loro i componenti, dimenticarsi di assemblarne alcuni, o non codificare una pompa assemblata, operazione necessaria per chiudere l'assemblaggio.
- **Evitato l'assemblaggio di un pezzo senza averlo deliberato oppure di assemblare pezzi scarto** grazie all'introduzione della sequenzialità delle fasi.
- **Identificazione dei pezzi non assemblati in un progetto e riutilizzabili in altri progetti** rintracciabili rapidamente grazie alle interrogazioni di ricerca articoli.
- **Incrementata l'affidabilità dei dati in merito alla tracciabilità di pompe e componenti** superando la gestione manuale ed offline degli accoppiamenti componenti-pompa e l'etichettatura dei pezzi a pennarello. In caso di reso dal cliente, si permette all'utente di poter ricostruire la storia di un pezzo semplicemente andando a leggere un codice a barre.
- **Facilitata la pianificazione grazie al calcolo automatico del fabbisogno tramite MRP** superando l'attività manuale di calcolo in base ai coefficienti d'impiego della BOM.

- **Dati precisi per un rapido confronto tra quantità pianificate e realmente prodotte a consuntivo** grazie ai dati provenienti in tempo reale da XMINE MES 4.0.

7.2 BENEFICI POTENZIALI E POSSIBILI MIGLIORAMENTI

Si suggeriscono adesso alcuni ulteriori benefici e miglioramenti, ad oggi potenziali, favoriti dall'implementazione di XMINE.

7.2.1 Miglioramenti legati all'MRP ed alla pianificazione della produzione

La pianificazione delle attività rispetto alla data di consegna richiesta dal cliente viene inserita nelle schermate di pianificazione in modo non guidato, ma ci si affida all'esperienza del PM per quantificare i Lead Time (LT) di lavorazioni ed approvvigionamenti

XMINE, tuttavia, sarebbe in grado di supportare questa attività mediante importazione di una BOM temporizzata con i LT per ogni componente.

I risultati dell'MRP sarebbero ordini anticipati di approvvigionamento e di lavorazione.

Si deve considerare però anche la tipologia di contesto produttivo che presenta alcuni limiti legati alla stima e all'utilizzo di LT, solitamente lunghi e soggetti ad elevata variabilità.

7.2.2 Miglioramenti derivanti dall'interconnessione in ottica di Industria 4.0

Avere a disposizione dati in tempo reale di inizio e fine lavorazione direttamente dalla macchina potrebbe agevolare il processo di stima e di quantificazione dei LT di produzione.

L'interconnessione con la fresatrice HAAS verrà completata entro fine 2023.

7.2.3 Statistiche ed introduzione di KPI

All'interno del Prototyping & Testing non si ha ad oggi un sistema di KPI ampio e strutturato.

Si è proposto agli impiegati del reparto di porre l'attenzione su alcuni dati raccolti da XMINE in modo da poter identificare degli obiettivi in merito, ad esempio, agli indicatori suggeriti in Tabella 2:

Tabella 2. KPI suggeriti

Assoluti	Σ scarti	Σ WIP	Σ delibereOK	Σ delibereSCARTO	Σ delibereRILAVORARE
Relativi	$\frac{\text{pezzi scarto}}{\text{TOT pezzi}}$	$\frac{\text{WIP}}{\text{TOT pezzi}}$	$\frac{\text{delibere OK}}{\text{TOT delibere}}$	$\frac{\text{delibere SCARTO}}{\text{TOT delibere}}$	$\frac{\text{delibere RILAVORARE}}{\text{TOT delibere}}$

Filtrandoli ad esempio per commessa, per codice articolo, per ciclo, per intervallo temporale.

Si possono monitorare anche la percentuale di avanzamento dei progetti in termini di pezzi, il numero di rilavorazioni, di ripristini e di lavorazioni di supporto a produzione e qualità.

7.2.4 Poka yoke sistema MES

In fase di assemblaggio, il sistema potrebbe suggerire a video la quantità massima di pompe che è possibile assemblare in base alle quantità di pezzi di componenti presenti nel Modulo.

7.2.5 Rendere identificabile e rintracciabile ogni componente

Attualmente, non si tiene la tracciabilità di alcuni componenti standard come viti o molle.

Questo snellisce le operazioni in fase di registrazione e identificazione dei componenti ma limita fortemente il beneficio in fase di assemblaggio. Infatti, i componenti non gestiti non sono presenti tra quelli che l'operatore visualizza sul MES nelle fasi di assemblaggio.

Lo sforzo aggiuntivo di gestire tutti i materiali presenti nel reparto sarebbe ampiamente ripagato dai benefici ottenibili nel processo di assemblaggio.

7.2.6 Migliorare la gestione dei cassettei del magazzino Modula e creazione di kit

Gestire la tracciabilità di tutti i materiali permetterebbe anche di integrare il software di XMINE con quello del magazzino Modula, con la relativa possibilità di identificare spazialmente i componenti all'interno del cassetto della singola commessa. A questo punto si potrebbe operare una strategia di kitting con l'assemblatore che prepara il kit prelevando i pezzi dal contenitore corrispondente, guidato dalla visualizzazione del layout del cassetto sullo schermo del Modula, rendendo ancora più difficile l'errore umano in fase di assemblaggio.

8. CONCLUSIONI

8.1 RISPETTO DELL'OBIETTIVO DI COSTO, TEMPO E QUALITÀ

L'obiettivo di riuscire a fatturare l'investimento entro la fine del 2022 con in mano una versione quasi definitiva dei sistemi è stato raggiunto.

A fine tirocinio, qualche settimana prima del go live, si può parlare di successo di progetto: si sono rispettati i tempi ed i costi, in quanto si sono riuscite a limitare il più possibile pesanti customizzazioni. La gestione del flusso informativo del reparto è migliorata, i processi produttivi sono supportati da dati e documenti, si riescono a rintracciare pompe e componenti con pochi clic. L'attuale versione del sistema è in grado di ben supportare il processo realizzativo di prototipi e di soddisfare le esigenze emerse nel reparto che hanno spinto all'introduzione del gestionale. Si sono gettate inoltre le basi per poter ottenere ulteriori benefici e miglioramenti futuri dall'utilizzo di XMINE.