



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**

***Evoluzione digitale di una piccola impresa
manifatturiera:***

***Schedulatore di taglio, distinta base e sistema di
lettura delle macchine***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Gualtiero Fantoni
Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Ing. Riccardo Campolmi
ERRE QUADRO s.r.l. Research over Research

IL CANDIDATO

Dario Vanzi
dariovanzimail@gmail.com

Sessione di Laurea Magistrale del 29/04/2020

**Evoluzione digitale di una piccola impresa manifatturiera:
Schedulatore di taglio, distinta base e sistema di lettura delle macchine**
Dario Vanzi

Sommario

Questo lavoro di tesi si colloca all'interno del progetto di introduzione di tre tecnologie digitali quali:

Progettazione ed implementazione dello schedulatore di taglio e prelievo tubi.

Progettazione ed alimentazione della codifica dei componenti più critici della distinta base.

Progettazione delle specifiche ed installazione del sistema di lettura dati della produzione.

Le attività svolte in prima persona sono sinteticamente ascrivibili alla redazione di un Piano di miglioramento complessivo, alla fase di analisi della prima tecnologia e alla completa implementazione della seconda, dalla progettazione fino al regime. I risultati derivanti dalle attività svolte dal candidato sono stati principalmente l'acquisizione e la messa a disposizione di conoscenza aziendale, prima basata su stime, a cui vanno aggiunti: il miglioramento di un software di simulazione dei consumi, il miglioramento della gestione del magazzino, la trascrizione di know-how, la tracciatura dei materiali in conto lavoro, la diversificazione del mercato di fornitura, l'abbattimento delle asimmetrie informative con i terzi e la sostituzione di materiali impiegati come materia prima.

Abstract

This thesis work is part of the introduction project of three digital technologies:

Design and implementation of the tube cutting and picking identifier system.

Design and feeding of the coding of the most critical components of the bill of materials.

Design of specifications and installation of the data retrofitting system from production.

The activities carried out in the first person can be briefly ascribed to the drafting of an overall improvement plan, to the analysis phase of the first technology and to the complete implementation of the second, from design to the regime. The results obtained from the candidate's activities are mainly the acquisition and transcription of corporate knowledge, which must be added: the improvement of a consumption simulation software, the improvement of warehouse management, transcription know-how, traceability of subcontracted materials, diversification of the supply market, reduction of information asymmetries with subcontractors and the replacement of raw materials.

1. CONTESTO

1.1 Contesto esterno

La quarta rivoluzione industriale, riconosciuta ed incentivata governativamente per la prima volta in Germania nel 2012, risulta ad oggi riconosciuta da quasi il 50% delle imprese italiane come fattore maggiormente impattante sulle aziende e sul proprio business nei prossimi cinque anni. Anche i governi italiani, dal 2016 con in Piano Nazionale Industria 4.0 e successivamente con Impresa 4.0 e Transizione 4.0, hanno recepito l'importanza di questo nuovo paradigma varando misure atte ad incentivare l'adozione di tecnologie digitali.

In questo contesto Toscana Spazzole Industriali s.r.l. ha avvertito l'esigenza di considerare le opportunità della quarta rivoluzione industriale.

1.2 Contesto interno

L'azienda Toscana Spazzole Industriali s.r.l. presso la quale è stato svolto il lavoro di tesi si colloca all'interno del contesto delle piccole imprese toscane manifatturiere operanti nel settore di componentistica di macchine industriali.

L'impresa si caratterizza per la buona salute e nei propri 30 anni di attività riporta una costante crescita, anche nel numero di occupati, che risultano attualmente 25. Nell'ultimo anno ha generato 5 milioni di fatturato ed attesta le redditività del capitale investito e del capitale proprio rispettivamente sui valori di 13,79% e del 18,85%.

La Figura 1.1 riporta l'organigramma e la struttura standard delle funzioni, anche se la natura dinamica e flessibile dell'impresa porta alla frequente creazione di gruppi di lavoro temporanei. Il numero contenuto degli occupati in azienda e la grande autorevolezza consente una leadership accentrata nella direzione generale, che fa un basso utilizzo di delega in favore di un controllo diretto.

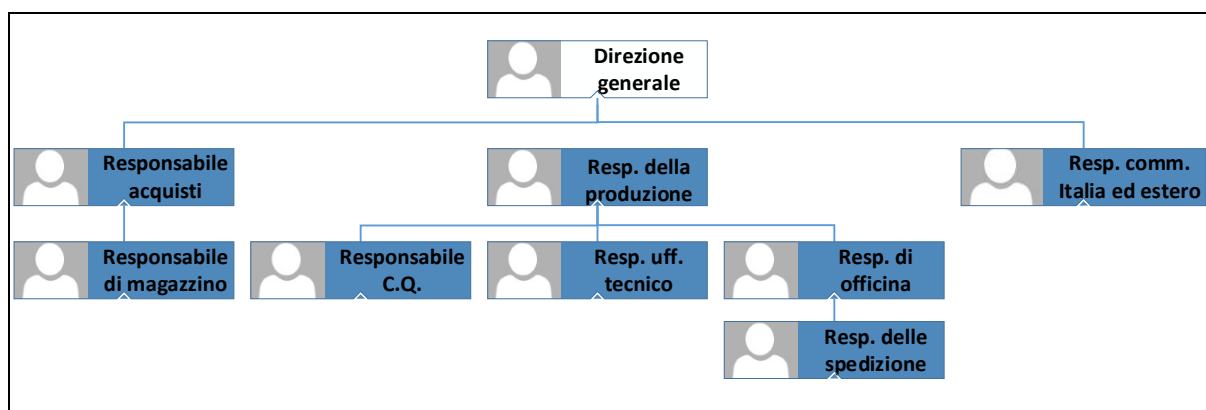


Figura 1.1: Organigramma aziendale

2. PROGETTO

Il progetto e la sua trattazione nella presente sintesi della tesi, è stato strutturato secondo la metodologia DMAIC ovvero l'insieme delle fasi, svolte in successione: Define, Measure, Analyze, Improve e Control, ovvero di Definizione, Misurazione, Analisi, Implementazione e Controllo.

Per l'introduzione delle tre tecnologie quali: sistema schedulante e identificatore di prelievo, distinta base e sistema di acquisizione dati di produzione, sono stati definiti tre sottoprogetti secondo i quali si articolano i sottoparagrafi.

2.1 Definizione

Lo scopo principale di questa fase è stato la redazione di una macro pianificazione dei singoli progetti definendone: ambiti e confini di progetto, criticità all'interno degli ambiti, obiettivi, risorse e tempistiche.

Poiché le scelte intraprese in questa fase ricadono in un'alta sfera di decisioni aziendali l'attività del sottoscritto si è incentrata sull'individuazione delle criticità e la ricerca della coerenza dei cinque punti di cui sopra in cui si sviluppa la macro pianificazione.

Ai fini di fornire un quadro descrittivo della situazione aziendale di partenza e dei problemi affrontati risultano particolarmente rilevanti ambiti, criticità e gli obiettivi di progetto.

Le risorse sono state gestite con due approcci: uno di stanziamento effettuato in questa prima fase di definizione; uno che ha previsto uno stanziamento da valutare sulla base dei rapporti e resoconti in uscita dalle singole attività.

Le tempistiche per svolgere questi tre progetti sono strettamente legate ad altri parametri quali il livello di prestazioni desiderato e le risorse da impiegare. Per questo motivo è stato scelto di lasciare, in questa fase, più libertà a questa variabile definendola solamente in forma aggregata in un intervallo indicativo di 6-12 mesi.

2.1.1 Definizione specifica del primo sottoprogetto

L'ambito del primo progetto, nonché originariamente unico progetto, è stato circoscritto alle fasi di approvvigionamento, di prelievo e taglio dei tubi metallici per le seguenti ragioni:

- Il mercato di fornitura è estremamente difficile e l'acquisizione della conoscenza dei consumi è tra i pochi strumenti per mitigare i rischi di approvvigionamento.

- Sono fasi a monte del processo ed azioni migliorative su di esse porterebbero a risoluzioni di cause primarie.
- L'assenza di vincoli tecnici precezionali fornisce maggiore libertà di riprogettazione delle fasi.
- La fase produttiva di taglio tubi viene svolta nel reparto di segatura, che non essendo un collo di bottiglia, riduce i rischi di progetto.

Le principali criticità individuate nelle fasi di approvvigionamento, di prelievo e taglio dei tubi metallici sono state:

- Limite di capacità di carico dei ripiani dei cantilever.
- L'assenza di spazio per altri cantilever.
- Veicolo preposto al prelievo dei tubi di limitata destrezza.
- Assenza di un sistema di identificazione rapida della lunghezza dei tubi.
- Conoscenza incerta e basata su stima del coefficiente d'impiego dei tubi.
- Rottura di stock come evento estremamente nefasto.

L'obiettivo da raggiungere è stato individuato in un sistema in grado di supportare l'assegnamento dei tagli ed in grado di aiutare a monitorare lo stato del magazzino dei tubi di acciaio.

2.1.2 Definizione specifica del secondo sottoprogetto

L'ambito di questo sottoprogetto è stato circoscritto alla parte più rilevante della distinta base ovvero alla codifica univoca dei perni. Questi componenti risultano avere una forte incidenza sul costo dei prodotti finiti, presentano un elevato numero di tolleranze dimensionali e ne esistono moltissime varietà.

Le principali criticità della gestione dei perni sono di seguito riportate:

- Grande varietà di perni gestiti.
- Scelte di costruzione affidate alla produzione e relativi ottimi locali.
- Ridotta percentuale di know-how progettuale scritto, dovuto alla presenza di disegni incompleti dei perni.
- Ridotta percentuale di know-how realizzativo scritto, presente in officina.
- Lavorazione frequentemente affidata in conto lavoro.
- Rischi legati alla mono-fornitura.
- Elevato potere contrattuale del terzista dovuto ad asimmetrie informative.

- Elevata difficoltà nella tracciatura delle informazioni legate ai perni, sia sul lato dello stato di avanzamento della produzione sia per analisi storiche.

Il principale obiettivo è stato lo sviluppo di un metodo di codifica univoca dei perni ed una relativa regimentazione d'utilizzo all'interno della gestione aziendale al fine di mitigare le sopracitate criticità.

2.1.3 Definizione specifica del terzo sottoprogetto

L'ambito del progetto è stato individuato nell'introduzione di sistemi di rilevazione per il macchinario condotto dalla figura professionale più adeguata. Questa scelta è stata principalmente guidata dalla volontà di affrontare al meglio l'avversione al cambiamento nell'ottica di una estensione del sistema presso tutte le postazioni.

Le principali criticità del processo di monitoraggio dello stato della produzione sono di seguito riportate:

- Mancanza di informazioni di dettaglio sui tempi per poter gestire al meglio il flusso produttivo.
- Necessità dell'osservazione diretta per conoscere lo stato di avanzamento della produzione.
- Mancanza di uno storico dettagliato sulle non conformità avvenute internamente all'azienda.

I principali obiettivi del progetto risiedono nell'acquisire dati sia sullo stato di avanzamento della produzione sia sullo storico per poter basare azioni migliorative su più orizzonti temporali.

2.2 Misurazione

In questa fase, completamente svolta dal candidato, sono stati scomposti gli obiettivi dettagliandoli nelle loro dimensioni principali ottenendo dei sotto obiettivi.

Per questi ultimi sono stati quindi individuati indicatori misurabili attraverso apposite metriche al fine di valutare il grado di raggiungimento degli obiettivi.

Successivamente sono stati quantificati gli indicatori di performance fornendo un quadro più chiaro della situazione di partenza.

Per brevità, questa fase viene riportata insieme alla fase di controllo al Paragrafo relativo 2.5 *Controllo*. Per la progettazione dei livelli di performance si rimanda al Paragrafo 3.2.1 *Definizione degli indicatori del lavoro di tesi*.

2.3 Analisi

Nella fase di analisi sono state rintracciate le cause generanti i problemi da risolvere e sono state dunque identificate le migliori soluzioni per eradicarli. Per svolgere al meglio questa fase rispettando i vincoli aziendali, il lavoro svolto dal candidato ha previsto interviste non strutturate ed informali ai principali attori coinvolti.

Gli output di questa fase sono stati due diagrammi causa-effetto per ogni singolo sottoprogetto i quali mettono evidenziano le relazione soluzioni-cause-problemi.

2.4 Implementazione

Dettagliati dunque ad un livello più aggreabile obiettivi e soluzioni, è stato possibile redigere un Piano di miglioramento per pianificare nel dettaglio le successioni, le tempistiche e le responsabilità di ciascuna fase e poterne monitorare il corretto avanzamento.

Del Piano di miglioramento, vera e propria pianificazione di dettaglio del progetto, viene riportata in questa sintesi solamente la Figura 2.1. Le attività effettivamente svolte dal candidato sono individuate nella matrice RACI della stessa figura ad eccezione delle caselle grigie, non ancora completate. Di seguito vengono descritte molto sinteticamente le sole attività svolte dal candidato, riprendendo la numerazione utilizzata nella tesi, alla quale si rimanda per maggiore dettaglio.

1.2 Testing e messa a punto dei software di ottimizzazione. I software sono stati testati e, per la soluzione make, effettuati i necessari debug.

1.3 Confronto e selezione dei software di ottimizzazione. Sono stati confrontati i programmi individuati sulla base delle loro prestazioni e funzionalità, ma è stato ritenuto opportuno rimandare la scelta successivamente alle prove effettuate su dati verosimili per l'utilizzo aziendale.

1.4 Ricostruzione dei dati. Poiché i dati risiedono su due diversi sistemi informativi aziendali, frequentemente la loro storia non è correttamente tracciata. Relativamente ad un periodo di analisi sono stati correttamente puliti e relazionati.

1.5 Individuazione del miglior utilizzo del sistema. Sono state effettuate le analisi delle migliori frequenze di avvio delle fasi di prelievo e taglio schedulato ottenendo una frequenza settimanale, in particolare per il martedì.

1.6 Ricostruzione dei fabbisogni e disponibilità verosimili. All'interno dell'insieme di dati ricostruiti al punto 1.4, sono stati ricostruiti i fabbisogni, è stata ricostruita la

storia delle disponibilità e sono stati assegnati i fabbisogni ai giorni di taglio individuati al punto 1.5.

1.7 Costruzione di assegnazioni verosimili e simulazione d'impiego. In base alla disponibilità iniziale, agli ingressi di tubi ed ai fabbisogni da soddisfare i martedì sono state elaborate le assegnazioni. Sulla base di questi scenari, rappresentativi delle necessità aziendali, è stato scelto il software e verificata l'effettiva impiegabilità in azienda.

1.11 Sviluppo del sistema sia per il riconoscimento a distanza sia con bar code dei tubi di acciaio. È stato analizzato e sviluppato prototipalmente un sistema che contemporaneamente permetta ai tubi sia di utilizzare l'infrastruttura bar code sia di essere riconosciuti a distanza.

2.1 Creazione della struttura dei dati su database per accogliere i dati relativi alla codifica perni. In questa fase è stata predisposta una opportuna struttura di base di dati per accogliere le codifiche dei perni ed i relativi attributi.

2.2 Creazione delle interfacce grafiche del sistema informativo aziendale per l'attività di codifica perni. In questa fase sono state opportunamente parametrizzate le interfacce grafiche per il corretto inserimento e interrogazione dei perni.

2.3 Creazione del sistema di archiviazione e consultazione dei disegni codificati. È stato predisposto un sistema di identificazione univoco e completo di tutte le caratteristiche tecniche di tutti i perni codificati.

2.4 Progettazione del processo di inserimento e regole di codifica. Sono state analizzate le priorità di inserimento, i passaggi da effettuare, la gestione del flusso informativo e delineate le regole generali per codificare i perni.

2.6 Codifica dei perni sul sistema informativo aziendale ed archiviazione dei disegni. La fase, sostanzialmente di *data entry* e di riallineamento delle informazioni, è stata contestuale alla raccolta ed analisi dei casi particolari.

2.7 Raccolta ed analisi dei casi critici. I casi di perni particolari che eventualmente la fase di progettazione 2.4 non è riuscita a contemplare, sono stati analizzati per poter apportare le modifiche alle regole di codifica.

2.8 Messa a punto delle regole di codifica e comunicazione alle parti interessate. È stato redatto e divulgato un manuale di codifica con tutte le regole e procedure.

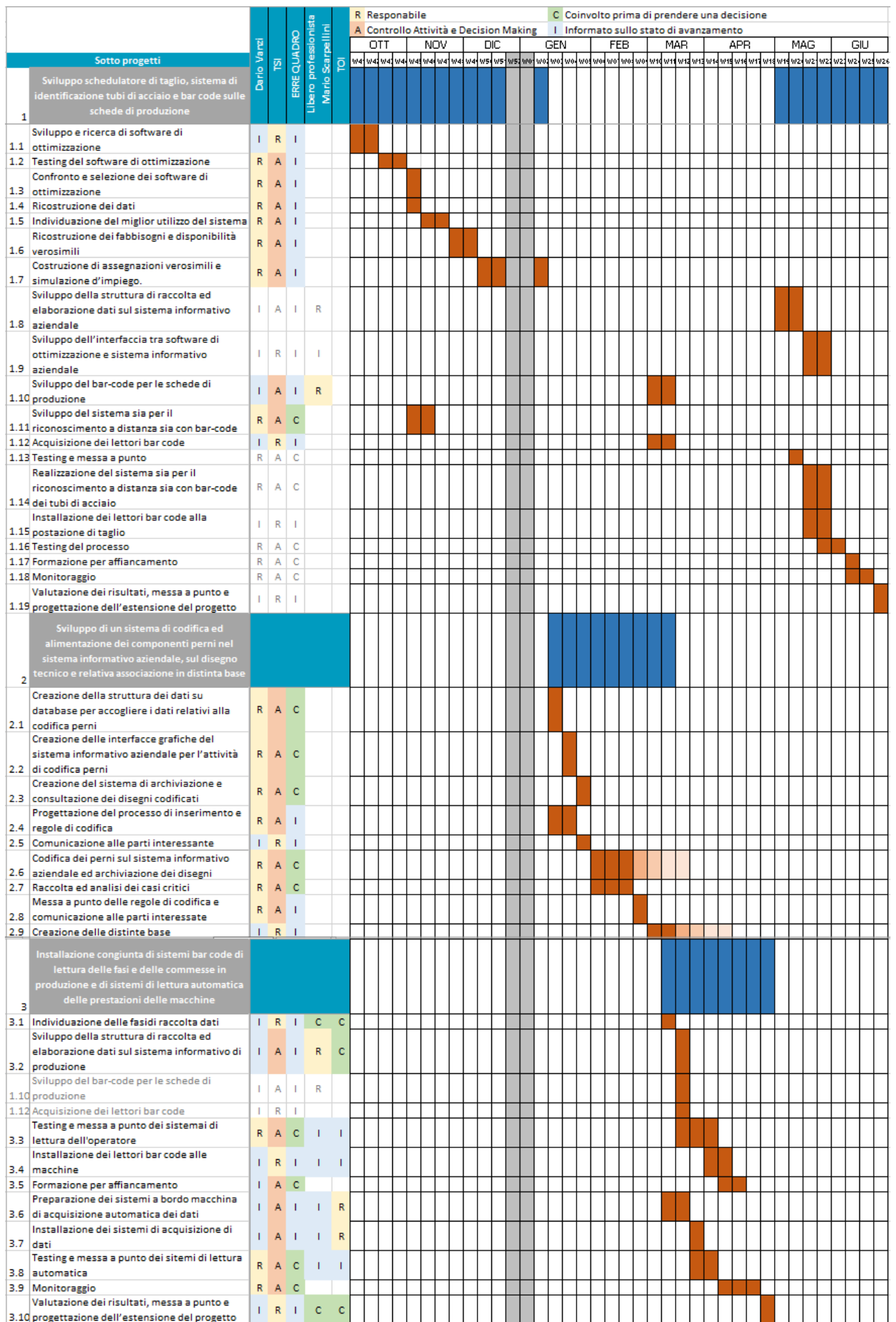


Figura 2.1: Illustrazione del Piano di miglioramento

2.5 Controllo

La fase finale della metodologia DMAIC si ricollega alla precedente fase 2.2 *Misurazione*, quantificando i valori degli indicatori una volta completata la fase 2.4 *Implementazione*. Risulta di fondamentale importanza per verificare la buona riuscita del progetto.

2.5.1 Confronto as-is e to-be relativamente al primo sottoprogetto

Di seguito sono riportati i risultati relativi agli indicatori progettati, individuati e misurati nella fase 2.2 *Misurazione* e confrontati con i valori ottenuti dalla fase 2.5 *Controllo*:

- Riduzione prevista della percentuale di sfrido di tubi di acciaio dal 9% al 6%.
- Diminuzione prevista del tempo per conoscere lo stato del magazzino da 12 a 8,5 ore mensili.
- Aumento previsto dell'efficacia inventariale da valori inferiori al 94% a valori prossimi al 100%.
- Una volta completato il progetto, dalla mancanza di conoscenza della percentuale di sfrido dei tubi di acciaio sarà abilitata la possibilità di misurare e monitorare in maniera affidabile e rapida gli scarti di taglio.

Oltre a questi punti vanno annoverati i seguenti benefici ottenuti:

- La ricostruzione di uno storico di dati significativi ed attendibili e le relative analisi, hanno permesso di fornire un quadro puntuale della situazione per Toscana Spazzole Industriali s.r.l.
- È stata scoperta la possibilità di utilizzare la funzionalità di assegnamento del programma Tubi BP per effettuare simulazioni, particolarmente apprezzata nelle condizioni di scarsità di materiale per indirizzare l'assegnamento dei tagli.
- L'analisi intermedia delle misure minime identificando i valori limiti per considerare gli avanzi di lavorazione materiale da scartare o riutilizzabile, ha permesso di rendere più gestibile e più proficuo il magazzino interno tubi.

2.5.2 Confronto as-is e to-be relativamente al secondo sottoprogetto

Di seguito sono riportati i risultati relativi agli indicatori progettati, individuati e misurati nella fase 2.2 *Misurazione* e confrontati con i valori ottenuti dalla fase 2.5 *Controllo*:

- Riduzione della complessità della gestione del conto lavoro. Grazie all'acquisizione della conoscenza tracciata e puntuale adesso è disponibile la conoscenza di quale materiale e quando sia stato spedito per lavorazioni esterne.
- Passaggio dal pagamento di fatture di periodo per voci non controllabili, né in numero né in valore, alla identificazione delle singole voci in fattura per le singole lavorazioni. Grazie infatti all'utilizzo della codifica e all'esistenza dei perni a sistema, l'ufficio acquisti può correttamente utilizzare la funzione di valorizzazione per consultarli all'occorrenza. La possibilità di monitorare ha consentito anche di prevedere i costi e contestarli laddove a parità delle lavorazioni driver di costo questo risultasse molto discostante tra due tipologie di perni.
- L'attività di codifica può essere considerata arrivata a saturazione poiché la percentuale di schede di produzione da realizzare contenenti perni già codificati, risulta passata dallo 0% al 97%. Questi componenti alla data del 19/04/2020 risultano 308.

Oltre a questi punti vanno inclusi i seguenti benefici ottenuti:

- È stato possibile non solo prendere in considerazione la diversificazione dei fornitori, ma c'è stato un effettivo passaggio dall'adozione di un solo fornitore a due. Questo grazie all'abbattimento di asimmetrie informative. Il terzista aveva infatti acquisito nel tempo le corrette informazioni realizzative dal responsabile perni creando un volume di know-how sufficiente a risultare autonomo ed efficace.
- Aver svolto l'attività di riallineamento tra realtà realizzativa e ufficio tecnico ha permesso di scoprire un materiale più performante a parità di costi. Infatti l'acciaio inossidabile AISI 304, acquistato in un momento di scarsità del tipicamente gestito AISI 303, è risultato più facilmente saldabile internamente.

- Sono stati corretti e revisionati i materiali effettivamente impiegati per la realizzazione dei perni, sia nella tipologia che nelle quantità; questo ha permesso di migliorare il monitoraggio dei tubi pieni consumati.

2.5.3 Confronto as-is e to-be relativamente al terzo sottoprogetto

Di seguito sono riportati i risultati relativi agli indicatori progettati, individuati e misurati nella fase 2.2 *Misurazione* e confrontati con i valori ottenuti dalla fase 2.5 *Controllo*:

- Introduzione in azienda della possibilità di conoscere lo stato della produzione per la prima volta non solamente su osservazione diretta, ma in tempo reale per dettaglio di commessa e sottofase.
- Rispetto alla precedente possibilità di acquisire solamente la prestazione di colpi per minuto e solamente su osservazione, gli indici di lavorazioni acquisiti automaticamente dal macchinario passeranno a quattro e saranno: i consumi elettrici, la temperatura, i colpi per minuto e le accensioni e spegnimento dei singoli motori. L'acquisizione sarà automatica e la disponibilità dei dati sarà batch a cadenza giornaliera.

3. CONCLUSIONI

I risultati, descritti sopra, nel paragrafo 2.5, possono essere classificati in quattro principali macrocategorie:

- 1) Acquisizione e trascrizione di conoscenza aziendale. Anche grazie alle analisi ed i report intermedi effettuati durante lo svolgimento del progetto è stato possibile confrontare i dati con le stime per migliorare la consapevolezza aziendale.
- 2) Risultati tangibili del secondo progetto, completamente implementato ad oggi. Questi risultati hanno migliorato la gestione complessiva dei perni, portando vantaggi ad ogni singola funzione aziendale attraversata.
- 3) Risultati previsti nell'immediato futuro, successivamente alla completa implementazione del terzo e del primo progetto.
- 4) Avvicinamento della cultura aziendale alle tecnologie digitali e all'industria 4.0 grazie alla buona riuscita del progetto. Relativamente ai vertici aziendali, i risultati ottenuti hanno stimolato forte interesse verso le naturali estensioni del secondo sottoprogetto per ottenere distinte base complete e l'estensione del terzo, per poter monitorare automaticamente tutto l'impianto produttivo.