

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea Magistrale

**Modelli per la generazione di procedure
standardizzate e analisi per il sistema di
controllo e gestione della qualità**



Relatore

Prof. Galetto Maurizio

Candidato

Valterio Gabriele

A.A. 2017/2018

Indice:

INTRODUZIONE.....	4
1.1 L'AMBIENTE ESTERNO ALL'IMPRESA.....	6
1.2 IL REPARTO "NEXTMIRS"	8
LO STATO ATTUALE DEL CONTROLLO QUALITÀ.....	11
2.1 FASI DEL FLUSSO DI CONTROLLO	12
2.1.1 Confezione	12
2.1.2 Vulcanizzazione	13
2.1.3 Finitura.....	13
2.2 TIPOLOGIA DI CONTROLLI E SISTEMI DI CAMPIONATURA.....	14
2.2.1 Controllo visivo	15
2.2.2 Controllo uniformità.....	15
2.2.3 Controllo Raggi X e shearografia	16
2.3 SISTEMI DI CONTROLLO	17
2.3.1 Il controllo qualità: parametri e attributi	20
2.3.1.1 Parametri	21
2.3.1.2 Attributi	23
2.4 METODI DI ANALISI	24
2.4.1 Strumenti e procedure in uso.....	25
2.4.1.1 Analisi principale giornaliera	26
2.4.1.2 Analisi secondaria.....	28
2.4.1.3 Ambiente software.....	29
2.4.1.4 Sistemi database	29
2.4.1.5 Strumenti di analisi statistica.....	30
2.4.1.6 Sistema di email	31
AREE DI MIGLIORAMENTO.....	32
3.1 FORMALIZZAZIONE E STANDARDIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI CORRETTIVI	34
3.2 CORRELAZIONE TRA VALORI E ATTRIBUTI DI DIFETTOSITÀ ED INTERVENTI.....	35
3.3 ANALISI DEI DATI "LIVE" E AUTOMATICA	37
3.4 IL PIANO DI MIGLIORAMENTO E ANALISI SWOT	38
REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA EFFICACE ED EFFICIENTE DI RACCOLTA DATI	41
4.1 FASI DEL PROCESSO DI REALIZZAZIONE	41
4.2 DEFINIZIONE DEI REQUISITI.....	43
4.3 STANDARDIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	46
4.4 PROGETTAZIONE.....	48
4.4.1 Integrabilità tra i sistemi	50
4.4.2 Sistema interrogabile.....	52
4.4.3 Visione di medio lungo periodo.....	54
4.4.4 Organizzazione per priorità.....	56
4.4.5 Il database	60
4.5 IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA	65
4.5.1 Python	66

4.5.2	SQL.....	67
4.5.3	Graphical User Interface (GUI).....	68
	IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI CONTROLLO IN TEMPO REALE.....	73
5.1	CRITERIO DI ESTRAZIONE DEI DATI	74
5.2	DEFINIZIONE DI UNO SCHEMA DI AGGIORNAMENTO DEI DATI	76
5.3	GLI STRUMENTI STATISTICI.....	79
	STUDIO DELLE CORRELAZIONI SULLA DIFETTOSITÀ.....	83
6.1	RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DEI DATI.....	84
6.2	LA CORRELAZIONE E LA SUA SIGNIFICATIVITÀ	85
	ANALISI E METODI PER LO STUDIO DI UN DIFETTO.....	92
7.1	SPECIFICA	94
7.2	“WAITING TIME”	100
7.3	SET UP E INTERVENTI SUL VULCANIZZATORE	101
7.4	PROCEDURA DI MIGLIORAMENTO PROPOSTA	106
	BENEFICI OFFERTI DAL SISTEMA E MIGLIORAMENTI FUTURI	110
8.1	DEFINIZIONE DI UN CONTROLLO SULLA REGISTRAZIONE.....	111
8.3	DA “KNOW-HOW” A “KNOW-THAT”	115
8.4	MIGLIORAMENTI FUTURI	116
	APPENDICE.....	121
	BIBLIOGRAFIA	127

Capitolo 1

Introduzione

Il seguente lavoro è frutto di un'esperienza presso il reparto NextMirs nello stabilimento di Settimo Torinese di Pirelli S.p.a., leader mondiale come produttore di pneumatici per automobili e motociclette, basata sullo studio di sistemi di miglioramento nel controllo di qualità. In particolare si focalizzerà l'attenzione sui processi e metodi di gestione, elaborazione e analisi dei dati, evidenziando gli elementi di miglioramento dello stato dell'arte attuale. La raccolta dei dati relativi alla difettosità sarà caratterizzata da uno studio dal punto di vista statistico per l'individuazione di eventuali schemi relativi al processo produttivo e di controllo qualità. L'attività coinvolgerà completamente sia gli aspetti relativi al monitoraggio dei dati, nell'ambito delle analisi attraverso nuovi sistemi, sia gli aspetti relativi alla gestione delle informazioni dei processi operativi di controllo qualità. In questo quadro sarà fondamentale l'inserimento di una valutazione oggettiva del funzionamento del controllo qualitativo del reparto in cui ho svolto il mio lavoro.

Le motivazioni che mi hanno spinto ad approfondire il tema in questione devono essere ricercate all'interno del mio interesse per tutto ciò che riguarda il controllo del processo produttivo di un prodotto, affinché posseda le caratteristiche che il cliente richiede. La causa principale di questa passione è legata al concetto di miglioramento, che passa attraverso tutti le fasi del processo produttivo arrivando fino al prodotto finito. Il miglioramento è raggiungibile solo grazie a un processo stabile che garantisca l'efficienza richiesta per raggiungere gli obiettivi strategici, definiti dal top management. La significatività di questi elementi risiede nella capacità del sistema di tenere sotto controllo l'intero processo produttivo, verificando che questo risponda a determinati requisiti. L'altra motivazione è legata all'interesse nell'evoluzione nel campo dell'informatizzazione dei sistemi aziendali, che interessano, in generale, ogni ambito produttivo. L'utilizzo di sistemi con sempre maggiori funzionalità e in grado di aumentare la produttività del lavoro svolto dalle persone suscitano in me coinvolgimento, data la grande applicazione che viene riscontrata oggi. L'elemento fondamentale per capire questo aspetto è rappresentato dal grande vantaggio

ottenuto dal controllo del flusso delle informazioni che circolano all'interno dell'ambiente aziendale. In entrambe i casi, comunque, lo studio intrapreso durante la mia carriera universitaria, unito alla volontà di applicazione degli strumenti appresi, hanno rappresentato un pilastro importante nella realizzazione di questo elaborato.

L'obiettivo di questa tesi di laurea rientra nel campo della progettazione e dello sviluppo di sistemi e procedure, nell'ambito del controllo di qualità, che garantiscano efficienza ed efficacia nella gestione dei dati e nella realizzazione di analisi ad alto valore aggiunto; il tutto inserito in ottica di miglioramento e ottimizzazione di strumenti e metodi relativi ad ogni tipo di processo di verifica. L'elaborato quindi, una volta individuate le criticità, vuole definire un nuovo sistema utile nel campo del processo di informatizzazione aziendale conciliabile con le esigenze di riduzione dei tempi "morti" per rendere il controllo più capace. Allo stesso modo si vuole fornire nuove procedure per il raggiungimento di risultati migliori in termini di analisi dei dati, garantendo una celerità maggiore nelle risposte necessarie, seguendo un'ottica di riduzione della difettosità. In questo senso si vuole realizzare un modello che studi la correlazione tra non conformità di processo e l'esistenza di variabili e modelli di generazione dei difetti. La scelta è quella di dare un maggiore accento agli studi statistici che evidenzino risultati significativi, per la valutazione delle potenzialità del processo produttivo e di controllo.

L'elaborato è articolato in 8 capitoli, organizzati secondo una logica che rispecchia gli step di lavoro messi in atto durante la mia attività all'interno del reparto NextMirs. In questo capitolo si intende affrontare, oltre ad una panoramica sull'ambiente esterno all'impresa e una rapida descrizione dell'ambiente di lavoro, la definizione degli elementi che sono stati riscontrati come critici e sui quali si è agito per migliorarli. Si procederà con la descrizione approfondita dei sistemi di controllo messi in atto da Pirelli per il mantenimento degli standard richiesti, con particolare focus sui parametri e attributi che identificano la non conformità degli pneumatici. Insieme a questa descrizione, si darà una panoramica complessiva su quelli che sono i metodi e gli strumenti, utilizzati allo stato dell'arte attuale per l'analisi dei dati. Questa parte sarà oggetto del secondo capitolo della tesi di laurea. Nel terzo capitolo, invece saranno presentate le criticità delle procedure, dei metodi e strumenti, individuando le aree dove sarà possibile lavorare per introdurre dei miglioramenti. Il quarto capitolo comprenderà la parte di progettazione e implementazione di un sistema efficiente per l'inserimento, l'elaborazione e la gestione dei dati. In questa sezione si descriverà nel dettaglio quali sono i requisiti richiesti dagli utenti e quali sono le soluzioni che è possibile implementare in risposta a questi. Il quinto capitolo sarà dedicato alla generazione di un sistema che permetta la raccolta e la

visualizzazione dei dati di non conformità, mostrando come sarà possibile effettuare analisi migliori e tenere sotto controllo i diversi indicatori. Una volta implementato un modello per la raccolta delle informazioni, queste verranno studiate in cerca di eventuale correlazioni attraverso le frequenze di accadimento dei difetti ed evidenziando possibili schemi di collegamento: questo sarà argomento del sesto capitolo. Nel settimo, invece, verrà focalizzata l'attenzione su una particolare tipologia di non conformità, per uno studio delle cause di generazione dei difetti. L'idea è quella di fornire un approccio logico nella ricerca e valutazione di risultati significativi che possono produrre una maggiore frequenza di accadimento. Successivamente, nell'ottavo capitolo, verrà data indicazione di tutti i benefici che si introdurranno con il nuovo sistema, definendo come è possibile costruire un monitoraggio efficiente. Si concluderà il capitolo evidenziando quelli che sono gli ulteriori spunti di miglioramento di natura tecnica e di analisi che potrebbero essere sviluppati in futuro. Tutti i dati e le codifiche relative alle conoscenze aziendali, riportati all'interno dell'elaborato, non rappresentano quello che concerne la realtà. Infatti, per quanto riguarda le codifiche utilizzate si è scelto di introdurre sigle non riconducibili in nessun modo a quelle in uso all'interno dell'azienda. I dati riportati, invece, non rappresentano quelli realmente raccolti, in quanto sensibili, ma sono moltiplicati per un certo fattore correttivo.

1.1 L'ambiente esterno all'impresa

Il miglioramento del controllo di qualità interno di una azienda è la chiave per l'incremento dell'efficacia nella gestione, a tutti i livelli di business, in ogni settore. La decisione delle compagnie di scegliere strade di sviluppo tecnologico in questa direzione è giustificata dalla necessità di raggiungere standard qualitativi sempre più stringenti. Uno degli effetti che un'innovazione così veloce porta è sicuramente data dalla quantità di dati che rappresentano il fulcro attorno al quale le aziende lavorano per la soddisfazione dei suoi clienti. Il flusso informativo è un pilastro portante in un ambiente turbolento in cui le esigenze possono cambiare drasticamente in poco tempo. Una delle risposte che viene data per adattarsi a questo ambiente in rapido mutamento è sicuramente abbassare i costi dovuti all'inefficienza. Questo molto spesso si traduce in una lotta continua alla riduzione della difettosità del processo produttivo, considerate una delle forme più grandi di inefficienza. Molte aziende, infatti, scelgono di perseguire l'obiettivo della filosofia Total Quality Management (TQM), e di altre filosofie che si rifanno ad essa volte alla riduzione degli scarti, errori e cause di difetto (Montgomery, Douglas C., 2009). L'inserimento di

questa logica, volta all'aumento degli standard qualitativi, tende a far emergere la necessità di agire in maniera perentoria per la diminuzione delle inefficienze che portano a costi legati allo spreco e alle perdite. Un approccio di questo tipo, però, deve essere inserito nell'ambiente appena descritto, caratterizzato dall'informatizzazione di tutti i processi, al fine di gestire la grande mole di informazioni presente. La capacità di un'azienda di originare dati e saper costruire sistemi adatti alla loro gestione è un aspetto caratterizzante nella generazione di valore.

Con il rapido sviluppo della tecnologia dell'informazione, l'incremento dell'informatizzazione delle imprese è inevitabile e innegabile. La ricerca nel campo dell'applicazione di strumenti ad "hoc" per il controllo e la gestione dei dati ha già dato ampi risultati. La generazione di ambienti software capaci di semplificare l'esame qualitativo e analizzare i dati provenienti da esso, in maniera immediata, evidenziano un'attenzione delle aziende verso una verifica sempre più stringente. Le prestazioni delle imprese possono essere notevolmente migliorate garantendo che le decisioni strategiche per sviluppare e supportare l'Information Technology siano volte all'enfaticizzazione del concetto di qualità. La costruzione di un sistema efficiente e integrato nell'impresa comprende tutte le funzioni e i compiti di base del sistema informativo del gestore, subordinati e integrati con i requisiti stabiliti dalla norma e le procedure nel modello dell'impresa per la gestione della qualità. Un sistema, utilizzato dall'azienda, per realizzare un processo di controllo con ottimi risultati, deve essere in grado di unire le seguenti funzioni principali:

- Gestione efficiente dei flussi di informazioni
- Facilità di ricerca e analisi delle informazioni
- Controllo sulle procedure della gestione della qualità

L'unificazione di un certo quantitativo di dati in un unico sistema genera, oltre ad una maggiore velocità nell'utilizzo, anche un'ottimizzazione degli spazi di memoria, che oggi sono diventati una vera e propria necessità. Questo porta ad un incremento della rapidità di accesso alle informazioni rilevanti, con una riduzione del tempo impiegato nelle ricerche dei dati grazie ad un complesso ben strutturato e regole rigide ottenere in ogni momento i dati cercati. Allo stesso tempo l'introduzione del sistema fornisce l'ottimizzazione richiesta grazie a una gestione dei flussi informativi ad alti standard. Questo aspetto si lega fortemente con il concetto di riduzione dei tempi relativi alle operazioni svolte durante il processo di gestione della qualità. I risultati finali del controllo, al fine di acquisire un significato reale dal punto di vista statistico, devono

subire operazioni di analisi, attraverso strumenti e funzioni automatiche per evidenziare significatività. Il vantaggio che si vuole raggiungere è una flessibilità nelle modalità e nelle procedure di svolgimento di queste attività, il quale si adatti, quindi, alle situazioni in cui le risorse si trovano.

L'introduzione di sistemi altamente informatizzati generano effetti importanti non solo sul cambiamento degli strumenti utilizzati dall'azienda, ma si ha una ridefinizione delle procedure di lavoro. La causa del cambiamento di alcune modalità con le quali il controllo qualità esegue le sue attività è da ricercare soprattutto nell'approccio di lavoro. La resistenza causata dalla rigidità degli schemi di lavoro ormai diffusi nelle varie aree funzionali è uno dei vincoli principali all'evoluzione dei sistemi

Contemporaneamente, insieme all'introduzione di una sistema di gestione della qualità avviene lo sviluppo del sistema informativo aziendale e definizione delle norme secondo le quali è opportuno procedere. In alcuni casi lo sviluppo del sistema avviene dall'inizio, altre volte invece si procede al miglioramento di quello che è presente allo stato attuale. Solo nel momento in cui il sistema viene sfruttato a pieno ci si può occupare della valutazione definitiva dei suoi componenti in termini di affidabilità, tempestività ed efficienza. La scelta della tecnologia, delle tecniche e del software risulta importante per il raggiungimento degli obiettivi prefissati in termini di rispetto delle esigenze definite dalle procedure. L'implementazione di un sistema di questo tipo consente l'utilizzo di un sistema aperto e flessibile, che ammette la possibilità di apportare cambiamenti in maniera molto più semplice. Uno strumento utile e che rispetta le caratteristiche fino a ora descritte è rappresentato dai database. L'altro aspetto principale dell'elemento è quello di gestire una quantità elevata di informazioni utili per effettuare analisi statistiche significative.

1.2 Il reparto “NextMirs”

Il lavoro di tesi si è svolto principalmente all'interno del reparto NextMirs, ovvero quello più tecnologicamente all'avanguardia di tutta Pirelli. Le modalità con cui tradizionalmente l'azienda produce i suoi pneumatici, nelle linee Next, vengono stravolte e adattate ad una condizione di lavoro completamente differente. La caratteristica principale di questo reparto è rappresentata dall'elevato tasso di automazione presente, con il quale la partecipazione attiva dell'uomo è ridotta a sole operazioni di controllo. Questo evidenzia numerosi elementi di differenza rispetto a un tradizionale impianto produttivo, dove l'intervento dell'uomo, seppur ridotto, ha ancora un ruolo chiave.

Un'altra peculiarità di questo sistema è data da condizioni di lavoro altamente flessibili e da velocità di processo elevate, nonostante la sua predisposizione alla realizzazione di piccoli lotti di produzione. Infatti, la flessibilità è la chiave di questo reparto, che permette la realizzazione di un mix produttivo molto ampio, grazie a un quantitativo di pezzi che garantisce un elevato livello di efficienza. I volumi di lavoro non sono quelli di un grande impianto produttivo di massa, ma sono tarati appositamente per la realizzazione degli pneumatici per il solo segmento “top” di gamma e “Ultra High Performance”. Gli pneumatici prodotti dalle linee completamente robotizzate saranno di diverse tipologie, che chiameremo “specifiche” di produzione, rappresentanti quello che può avvicinarsi al concetto di “modello”. Una volta che le specifiche entrano in produzione, le macchine, attraverso sofisticate tecniche di estrusione, compongono quello che viene chiamato “crudo”, il quale subirà poi un processo di vulcanizzazione. La presenza di pneumatici di alto segmento ci mostra come la linea debba presentare strumenti e macchine di lavoro consone per ottemperare agli standard richiesti dai clienti di questo settore. Questo ci fornisce anche un altro indizio su come sia estremamente importante il controllo di qualità sui prodotti finali, dati gli alti costi di produzione.

Lo studio del processo del controllo e l'analisi delle procedure, attuate nell'ambito dello svolgimento delle attività, hanno portato a osservare da vicino le modalità attraverso le quali il team di qualità eseguiva le azioni volte alla riduzione delle cause di difetto. Gli strumenti di lavoro e i metodi messi in piedi per la verifica della non conformità rientrano nell'insieme di modelli più ampi, consolidati ormai da tempo all'interno di Pirelli. L'attenzione posta su questa parte è stata necessaria per comprendere al meglio gli aspetti del processo che presentassero delle criticità o delle inefficienze legate a elementi di natura organizzativa o operativa. Il processo avviato durante il mio lavoro di tesi è iniziato dall'individuazione delle caratteristiche procedurali che presentavano dei punti di debolezza e che necessitavano quindi di una analisi più approfondita. L'elevato livello di automazione delle linee del reparto NextMirs permette di avere a disposizione una quantità di informazioni recuperabili veramente significativa. In molti casi la difficoltà nell'accedere a questi dati in maniera diretta, veloce ed efficace tende a rendere i risultati finali del lavoro delle risorse non ottimali; la disponibilità non è sufficiente molto spesso a generare valore se non esiste un sistema di gestione tale da organizzare le informazioni. Dall'altra parte esiste ancora una parte del lavoro svolto dal personale dell'azienda che non presenta nessun elemento di tracciabilità, che è richiesto in un sistema così evoluto. La mancanza di dati relativi alle attività svolte dalle persone rende il sistema molto più debole e non sfruttato alle sue massime potenzialità; l'unione tra i dati provenienti dalla

difettosità e quelli inerenti alle azioni effettuate dagli operatori genera un vantaggio importante in termini di analisi delle correlazioni in campo statistico. Questo aspetto delinea in parte quello che è un elemento di criticità all'interno dell'ambiente in cui si è svolto il lavoro, in quanto una mancanza della valutazione degli effetti relativi ad una particolare azione crea dei limiti alle potenzialità del sistema di controllo. L'introduzione di un sistema in grado di immagazzinare dati rilevanti per analisi statistiche all'interno di un database rappresenta un elemento di miglioramento dello stato dell'arte presente nell'azienda in questo momento. All'interno di un sistema aziendale che si occupa di analizzare un grande quantitativo di dati, come nel mio caso, è necessario strutturare delle modalità di estrazione dei dati significativi in brevissimo tempo. L'analisi dei dati ha, ovviamente, un ruolo fondamentale in un sistema ottimizzato di controllo della qualità, ma le difficoltà di raccolta dei dati e di organizzazione per eseguire delle valutazioni statistiche è un tema presente allo stato attuale. La presenza di una visualizzazione grafica dei principali dati relativi alla difettosità, con alcune discriminazioni tra variabili chiave del processo, con modalità di auto aggiornamento, consentirebbe di raggiungere una maggiore capacità di analisi e velocità di esecuzione. Il modello che si intende descrivere nei prossimi capitoli rappresenta un insieme di metodi, procedure e strumenti che permettano di avere a disposizione maggiori dati per creare valore aggiunto attraverso analisi, opportunamente studiate per fornire un vantaggio di efficienza.

Capitolo 2

Lo stato attuale del controllo qualità

Il Sistema di Gestione della Qualità abbraccia un'ampia e differente serie di temi, strumenti e approcci che coprono l'intero "ecosistema" che si aggira attorno al concetto di conformità in senso stretto¹. Questo vasto spazio comprende la struttura organizzativa, i progetti, le attività e le azioni che mirano ad assicurare che un prodotto, un processo o un servizio sia conforme agli obiettivi prefissati. Perciò le fondamenta di questo sistema sono basate sul concetto di qualità nel suo significato più generale, ovvero inteso come grado con cui un insieme di caratteristiche garantiscono la soddisfazione del cliente attraverso la giusta corrispondenza con i requisiti prefissati.

La necessità di utilizzo di mezzi basati su un approccio puramente statistico e la ricerca di sistemi che portano minore variabilità nel processo organizzativo e produttivo creano i presupposti per la definizione di standard. Il processo di standardizzazione e uniformazione dei processi qualitativi è prerogativa fondamentale per il raggiungimento dell'efficienza anche attraverso il trasferimento di conoscenza tacita e implicita all'interno della struttura aziendale. L'importanza assunta, nel mio caso di studio, dal controllo qualità, lungo il processo produttivo, nella realizzazione dello pneumatico, come prodotto finito, porta a focalizzare l'attenzione su alcuni elementi fondamentali. Questo capitolo, infatti, sarà dedicato, inizialmente, alla descrizione dettagliata del funzionamento del processo di controllo del prodotto lungo i vari stadi della filiera produttiva. Successivamente, verrà fornita una panoramica esaustiva su tutto quello che concerne l'approccio procedurale applicato allo stato attuale nell'ambito dell'analisi qualitativa nel reparto produttivo NextMirs. L'obiettivo è quello di fornire un quadro completo sul funzionamento del controllo qualità e su tutto ciò che è presente a livello di strumenti per valutare eventuali gap sui quali agire in ottica di miglioramento continuo.

¹ Fonte: <http://www.europeanqualitystandard.com>

2.1 Fasi del flusso di controllo

Un consistente livello di automazione all'interno di una linea produttiva tende a cambiare, spostando il focus dell'attenzione verso differenti soggetti e fattori di analisi. L'introduzione di macchine per il controllo qualitativo di caratteristiche di base nei processi produttivi è da considerare un elemento aggiunto verso il miglioramento degli standard richiesti dai clienti.

Come già affermato in precedenza, il reparto nel quale ho svolto il mio studio è caratterizzato da un altissimo livello di automazione sia in fase di produzione e assemblaggio del prodotto finito sia durante la fase del controllo qualità. Tuttavia, esiste una parte di valore generata dal controllo che può essere effettuato esclusivamente da personale altamente qualificato, che verifica la conformità estetica e l'integrità del prodotto finito. In entrambi i casi comunque l'obiettivo è sempre quello di assicurare la più alta corrispondenza possibile verso gli alti standard che sono richiesti dai clienti, monitorando tutti gli step del processo che possono introdurre variabilità e diversi tipi di difettosità. Un altro elemento di grande valore dovuto all'elevata automazione della linea è rappresentato dal sistema di tracciabilità costruito intorno a tutto il ciclo di vita di produzione di ogni singolo pezzo. Un sistema informatico realizzato ad "hoc" permette di avere ogni informazione che opportunamente organizzata e analizzata fornisce uno strumento fondamentale per raggiungere gli scopi prefissati.

In primo luogo, è necessario focalizzarci sulle macro aree dell'azienda che costituiscono i punti nevralgici del flusso produttivo per descrivere i passaggi principali che interessano il ciclo di vita della realizzazione del singolo pneumatico.

2.1.1 Confezione

Nella prima area, che chiameremo "confezione", è possibile assistere al vero e proprio processo di confezionamento e assemblaggio delle singole parti che costituiscono gli elementi base che danno vita al cosiddetto "crudo". Infatti, le mescole, materiale di partenza ottenuto dall'unione dell'elastomero con agenti chimici stabilizzanti, vengono depositate da opportune macchine di estrusione su appositi attrezzature, chiamate tamburi, che ne determinano la forma circonferenziale. L'insieme di tutte le parti costituenti il semilavorato e poi il prodotto finale, ovvero il battistrada, il tallone, ecc., verranno poi assemblate insieme per realizzare un prodotto semilavorato crudo che dovrà subire successivamente una fase di "cottura". Tutti gli elementi seguono un processo

altamente flessibile, grazie alla movimentazione completamente automatica dei robot, che permette di avere un mix produttivo molto ampio e variabile. Questa area è organizzata su due linee di produzione indipendenti altamente automatizzate, dove l'operatore esegue limitate operazioni di controllo del corretto funzionamento delle macchine.

Una volta terminato il processo di assemblaggio, viene applicato sul crudo un codice identificativo, barcode, per tracciare la copertura durante tutto il suo percorso fino alla fase di vendita. A questo punto il crudo viene trasferito, attraverso nastri trasportatori, alla fase successiva dove verrà vulcanizzato.

2.1.2 Vulcanizzazione

La fase successiva prende il nome di processo di vulcanizzazione, dove il crudo subisce un'operazione, che è possibile chiamare "cottura", al termine del quale si ottiene lo pneumatico allo stadio finale. Il vulcanizzatore è uno strumento che permette, attraverso alti livelli di temperatura e pressione, di trasformare le caratteristiche plastiche del crudo in proprietà elastiche. La reazione di vulcanizzazione provoca la modifica della conformazione molecolare del polimero con aumento di rigidità.

Anche in questo caso il crudo viene caricato autonomamente all'interno del vulcanizzatore che inizia il suo ciclo, con durata differente a seconda del tipo dello pneumatico da realizzare, suddiviso in differenti step. Durante questa fase il crudo assume il profilo classico finale a contatto con i settori della camera del vulcanizzatore e vengono stampate le diverse informazioni, come da normativa, attraverso la "guancia". A questo punto lo pneumatico viene trasferito alla fase successiva dove verrà effettuato un controllo finale per verificarne la conformità rispetto ai requisiti richiesti dal cliente e dalla normativa vigente.

2.1.3 Finitura

È durante la fase di finitura che avviene il controllo di qualità delle coperture, le quali devono garantire sia conformità dal punto di vista estetico, sia dal punto di vista della sua integrità e uniformità. Le verifiche che riguardano attributi e parametri caratteristici della copertura verranno valutati in questo reparto. Il pezzo, ormai vulcanizzato, passa al controllo visivo dell'operatore che identifica possibili irregolarità sulla superficie. Successivamente, invece, troviamo controlli dei parametri stabiliti in fase di progettazione e controlli su eventuali difettosità interne allo pneumatico attraverso raggi

X e shearografia. Questa parte dell'azienda è caratterizzata dalla presenza di macchine ad elevato livello di accuratezza, tali da garantire la conformità richiesta. In alcuni casi le coperture subiscono un particolare trattamento di "spugnatura", ovvero gli pneumatici vengono dotati di caratteristiche spugne. Queste hanno l'obiettivo di ridurre il rumore di rotolamento dello pneumatico, garantendo un confort maggiore. A questo punto le coperture vengono trasportate attraverso opportuni nastri e robot in un magazzino temporaneo in attesa di essere poi posizionate su appositi bancali e spedite verso i rivenditori.

2.2 Tipologia di controlli e sistemi di campionatura

L'individuazione delle eventuali difettosità e non conformità, sia del prodotto finito sia dei semilavorati, avviene durante tutto il flusso precedentemente descritto. Pertanto, per stabilire come è organizzato il flusso del controllo qualità, è necessario suddividere il controllo in due parti: controlli in "progress" e controlli finali. I primi riguardano tutti i tipi di controlli che avvengono ad ogni stadio della lavorazione dello pneumatico, per verificare durante la sua realizzazione la conformità e individuare possibili disfunzioni nelle macchine produttive. L'alto livello di automazione, infatti, introduce un certo numero di controlli che le macchine e i robot compiono autonomamente segnalando possibili irregolarità durante il processo. Quindi oltre a ciò che le macchine di misurazione intercettano e scartano, si hanno alcuni tipi di verifiche effettuate sul crudo, come ad esempio il controllo del peso e quello della mancata applicabilità del barcode. Successivamente, è possibile trovare tutta una serie di difettosità che vengono riscontrate dai controlli inseriti sui vulcanizzatori quando questi presentano dei malfunzionamenti, chiamati in ambito produttivo "guasti macchina". I secondi rappresentano, invece, i controlli effettuati durante la fase di finitura e che sono organizzati in differenti step in modo tale da verificare tutti gli aspetti possibili che determinano la qualità dello pneumatico finale. Gli step possono essere schematizzati in base alle tipologie di controlli che vengono effettuati sulla copertura uscita dalla fase di vulcanizzazione.

- Controllo visivo
- Controllo uniformità
- Controllo ai raggi X e shearografico

2.2.1 Controllo visivo

La prima fase dei controlli riguarda la verifica dal punto di vista estetico e dell'integrità della copertura in maniera tale da assicurare non solo la conformità rispetto alle caratteristiche esteriori richieste ma anche quelle che permettano stabilità e resistenza. La verifica della difettosità in questa fase viene effettuata visivamente da un operatore, con l'ausilio di alcuni strumenti di supporto per agevolare il controllo. Quest'ultimo deve discriminare tra una lista di difetti che derivano dal know-how aziendale e che riguardano tutte le parti della copertura nel suo complesso.

In generale, una volta che la copertura arriva attraverso il nastro trasportatore, l'operatore effettua una serie di controlli standard, contenuti in una check list, utili a rilevare ogni possibile irregolarità superficiale. L'individuazione di una difettosità sul pezzo prodotto porta l'operatore a registrarla attraverso un apposito sistema informatico per memorizzare e tracciare l'evento al fine di avere sempre accessibile l'informazione in ogni momento a chiunque. In questo caso il prodotto dichiarato scarto verrà appattato in un'apposita area in attesa di essere tagliato e allontanato definitivamente dal ciclo di produzione. Altrimenti la copertura che viene giudicata come conforme, verrà segnalata al sistema come "ok" e riposizionata sul nastro trasportatore che si occuperà di indirizzarla verso i controlli successivi.

2.2.2 Controllo uniformità

Una volta verificata la conformità dal punto di vista visivo, il pezzo procede verso il sistema di macchine di controllo di uniformità, ovvero viene valutata la coerenza dei parametri misurati e quelli richiesti a monte della fase di progettazione dal cliente finale. La valutazione di questi parametri, geometrici, di forza e di equilibratura, viene operata attraverso delle opportune macchine di misura che simulano il movimento dello pneumatico su strada al fine di avere il risultato più verosimile alla realtà. Durante questa fase vengono utilizzate diverse tipologie di macchine, le quali misurano solo geometrie e squilibri o solo forze o altre che misurano entrambe. I valori misurati verranno memorizzati dal sistema ed utilizzati in un secondo momento dal team di qualità per analisi approfondite su eventuali criticità. La presenza di diverse macchine di misura permette di operare parallelamente e gestire in modo efficace ed efficiente il flusso di produzione, ma dall'altra parte introduce un elemento di variabilità ulteriore, di cui verrà discusso più approfonditamente nel prossimo capitolo.

Durante l'operazione di controllo le macchine misurano differenti parametri di natura geometrica e di forza confrontandoli poi con i valori limite registrati sul sistema informatico e che derivano dai limiti imposti in fase di progettazione. La non corrispondenza dei valori misurati con i limiti previsti anche per solo un parametro determina la non conformità del pezzo prodotto e quindi la decisione del sistema catalogarlo come scarto. I pezzi difettosi poi saranno tagliati e allontanati definitivamente dal ciclo produttivo. Se, invece, una copertura rispetta i limiti per i parametri misurati prosegue il suo percorso, procedendo verso gli ulteriori controlli ai quali deve essere sottoposta.

Questa tipologia di ispezioni risulta importante dal punto di vista del controllo qualità in quanto la non corrispondenza dei valori degli indicatori è legata a delle proprietà che influiscono su stabilità, performance e criticità di natura diversa nella fase di guida. La precisione degli strumenti e le analisi sui dati in questa fase rappresentano un fattore chiave nel fornire garanzie di alti standard qualitativi e di performance al prodotto finito.

2.2.3 Controllo Raggi X e shearografia

All'interno delle verifiche di integrità e stabilità dello pneumatico rientrano anche i controlli sulla sua composizione interna. Infatti, i controlli citati fino ad ora non tengono in considerazione in nessun caso se le componenti interne in fase di deposito o di assemblaggio presentino criticità causate da malfunzionamenti di macchine o da non conformità delle mescole di partenza. Il controllo visivo e quello di uniformità non comprendono l'utilizzo di strumenti in grado di analizzare la struttura interna che in qualche caso potrebbe risultare danneggiata.

Questo prevede l'utilizzo di macchine ai raggi x, che posseggono un grado di penetrazione tale da superare la superficie esterna, restituendo un'immagine ben chiara della composizione interna. Queste tipologie di macchine vengono utilizzate soprattutto per la verifica di una parte delle componenti della copertura, ovvero quella formata da componenti metallici. Il risultato che si ottiene al passaggio dello pneumatico davanti ai raggi è una panoramica sulle cosiddette "cinture" dello pneumatico, costituite da parti metalliche posizionate tra carcassa e battistrada.

L'altro controllo previsto a valle delle macchine a raggi x è rappresentato dalla shearografia, una tecnica simile all'interferometria olografica con una camera stagna nella quale vengono utilizzate diversi livelli di pressioni. L'insieme di immagini raccolte a

diverse pressioni permettono, grazie all'ausilio di un raggio laser, di rilevare possibili difettosità che altrimenti non sarebbero visibili a occhio nudo.

In entrambe i casi la macchina lavora autonomamente controllando gli pneumatici che passano al suo interno grazie ad un nastro trasportatore. Un operatore si trova in postazione di controllo davanti ad un monitor dove vengono mostrate le immagini delle coperture che passano in serie per essere ispezionate. In questo caso si ha una notevole importanza legata alla conoscenza dell'operatore delle tipologie di difettosità e alla prontezza di lettura delle immagini. Il giudizio dell'operatore è quello che determina poi la decisione di registrare a sistema se si tratta di copertura di scarto o conforme. Nel primo caso la copertura esce dal flusso di linea subendo lo stesso trattamento descritto in precedenza per i cascami. Nel secondo caso il prodotto ha definitivamente superato tutti gli stadi di controllo e viene immagazzinato temporaneamente in un'area apposita in attesa di essere trasferito in magazzino e spedito.

2.3 Sistemi di controllo

Il flusso di controllo descritto rappresenta un punto cruciale nel funzionamento globale di tutto il sistema su cui si basa il controllo di qualità del reparto NextMirs. Il valore del prodotto finale che viene realizzato è indiscutibilmente rilevante ai fini della scelta di un particolare sistema di controllo da utilizzare. Un altro elemento che determina le scelte sul sistema è rappresentato dalla rilevanza e il prestigio dei clienti ai quali il prodotto viene venduto, che richiedono standard molto elevati.

Le premesse permettono di comprendere al meglio la rilevanza che assume il sistema di un controllo e analisi efficaci della qualità nel reparto in cui ho svolto il mio studio. Sotto questa prospettiva si delineano le misure che rendono possibili controlli che siano il più possibili esaustivi garantendo un processo stabile e allo stesso tempo snello. Il controllo attuato durante il processo analizzato nel mio lavoro è del 100%, ovvero il tipo di sistema scelto è un campionamento cosiddetto a "tappeto". Questo approccio prevede la verifica totale di tutti i pezzi prodotti che devono essere venduti sul mercato. Se da una parte questo sistema può risultare molto oneroso e impegnativo perché comprende il controllo dell'intera popolazione dall'altra parte risulta efficace per garantire tutti gli standard che sono richiesti. L'intera quantità totale prodotta seguirà tutti i controlli descritti nei paragrafi precedenti, dalla verifica estetica visiva all'integrità interna ai raggi x passando per l'ispezione per uniformità. Il pezzo uscito dall'area di vulcanizzazione seguirà un

flusso in serie di controlli, dove ad ogni step sarà valutata l'esistenza di eventuali caratteristiche di difettosità.

La struttura organizzativa per il controllo della conformità prevede un sistema preciso e costruito in base alle tipologie di controlli (*Figura 2.1*). Per questo motivo sono previsti piani di controllo differenti scelti in base all'importanza del controllo e al grado di incertezza che può nascere dalla macchina o dal metodo di verifica. Ogni tipologia di verifica prevede approcci che risultano essere mix di metodi e tecniche definite in letteratura ed adattati alla situazione in esame.

Procedendo dal primo step descritto in precedenza, ovvero il controllo visivo, si riprende il concetto di ispezione totale integrandola con una logica di doppio controllo. Perciò una copertura prima di essere allontanata definitivamente dal flusso dovrà essere giudicata da due postazioni di controllo. Pertanto, quando il pezzo passa nella postazione del primo controllo l'operatore giudicherà la sua conformità, segnalando al sistema l'esito. Un secondo controllo è previsto per le tipologie di difettosità che riguardano l'estetica del prodotto al fine di aumentare il grado di efficienza nella valutazione delle coperture. In questa fase, infatti, si ha il compito di verificare definitivamente lo pneumatico e valutarne la difettosità, allontanandolo definitivamente dal flusso. Gli pneumatici giudicati idonei al controllo visivo saranno trasferiti dal nastro trasportatore verso le macchine di controllo uniformità per il secondo step del controllo qualità. Anche in questa fase, l'ispezione totale viene rafforzata dalla logica del doppio controllo al fine di rendere più affidabile il risultato ottenuto. L'utilizzo di macchine di misura per i diversi parametri introduce un certo grado di variabilità legato all'incertezza del rilevamento. La copertura dichiarata scarto direttamente dal sistema, quando uno degli indicatori è fuori dai limiti di tolleranza, viene reinserita in coda per effettuare un secondo passaggio sulla macchina. La decisione di non conformità quindi si basa sulla nuova misurazione che si effettua, in maniera tale da ridurre la probabilità di eventuali errori di prima o di seconda specie che è possibile commettere.

Esiste fondamentale una differenza chiave in questa fase del controllo rispetto a quella relativa alla verifica visiva. L'esame di uniformità prevede, infatti, valori numerici relativi alle forze, geometrie e squilibri che risultano fondamentali per gli strumenti di analisi, rispetto al solo grado positivo o negativo della conformità dal punto di vista esteriore. Nel caso in cui il pezzo mostri valori non conformi a quelli richiesti per entrambe i controlli il sistema lo invia, attraverso il nastro, allo scivolo destinato all'area

di raccolta cascami. Il sistema informatico registra tutti i valori misurati e associa al barcode identificativo della copertura l'etichetta di "scarto".

Lo step successivo per gli pneumatici che hanno già superato le due verifiche riguarda il controllo della loro composizione interna. Le macchine a raggi X e quelle di shearografia, poste in serie, ispezionano nuovamente tutti i pezzi prodotti, ma basandosi questa volta solamente su un unico test. Le coperture che non superano l'esame, riportando delle non conformità ai raggi X, non verranno esaminate dalla shearografia finendo direttamente fuori dal flusso. La stessa logica è utilizzata dalla metodologia a valle, ultimo esame prima della dichiarazione definitiva di conformità. La costante di questa classe di controlli è data da un controllo singolo per determinare la difettosità del prodotto. Il motivo principalmente può essere ricercato nell'elevata precisione con cui questa tipologia di macchine lavora, garantendo l'affidabilità richiesta dagli alti standard qualitativi. Gli pneumatici che ottengono l'idoneità a questo ultimo step sono considerati conformi e possono essere inviati al magazzino per l'invio definitivo ai rivenditori. La logica descritta in questo ultimo passaggio è frutto di una serie di procedure consolidate nel tempo e integrate a sistemi informativi decisionali, che gestiscono un'innumerabile quantità dei dati. Le informazioni immagazzinate in questa fase sono cruciali per la creazione di un registro e un sistema di tracciabilità stabile che garantisca e rafforzi le attività di analisi statistiche, che costituiscono un pilastro importante nel sistema di gestione della qualità. Il flusso decisionale costruito da Pirelli rappresenta la formalizzazione delle procedure e dei sistemi descritti nei paragrafi precedenti. Lo schema rappresentante il flusso decisionale e informativo rientra nell'ambito dello studio effettuato durante il lavoro di tesi per definire le aree di miglioramento che interessano l'area di controllo qualità.

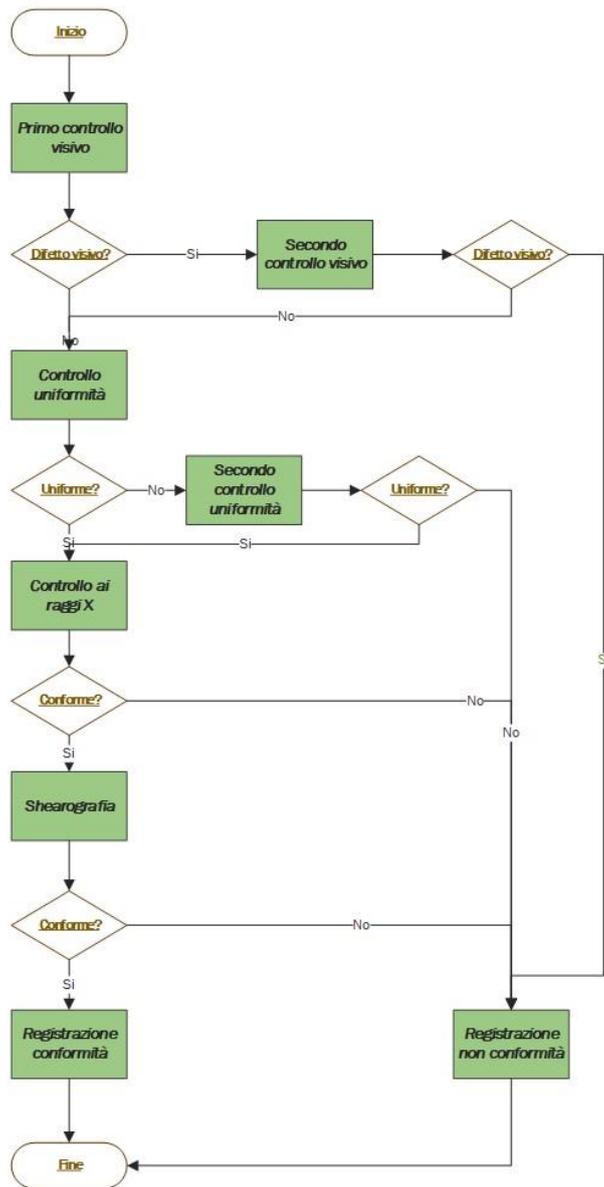


Figura 2. 1 - Processo di controllo della qualità

2.3.1 Il controllo qualità: parametri e attributi

Il controllo di conformità del prodotto finito avviene attraverso standard in parte imposti dalla normativa cogente e in parte derivanti da scelte dell'azienda produttrice. La verifica del rispetto di proprietà fisiche, geometriche e dal punto di vista della composizione garantisce ai produttori, non solo un prodotto che rispetti norme di legge imposte dalla legislazione vigente, ma un prodotto che abbia un valore aggiunto che ne determini poi la permanenza sul mercato.

La scelta dei parametri fondamentali che il prodotto deve rispettare per garantire conformità rispetto alle specifiche non è prerogativa unica dell'azienda costruttrice. La maggior parte dei requisiti richiesti dal cliente vengono definiti inizialmente, nella nascita dello schema di partenza per la realizzazione del pneumatico.

2.3.1.1 Parametri

L'introduzione del concetto di uniformità dello pneumatico è necessaria per descrivere quali parametri dovranno essere controllati per garantirne il grado finale di conformità. L'uniformità si riferisce alle proprietà meccaniche dinamiche, come rigorosamente definito da una serie di standard o di misurazioni e condizioni di prova accettate dai produttori di vetture e dei pneumatici. Al fine di migliorare costantemente i livelli di uniformità degli pneumatici richiesti dal mercato e per rispettare le richieste dei clienti i produttori eseguono delle misurazioni per identificare quali di questi non rispettano gli standard da soddisfare. Le potenziali imperfezioni si manifestano come una mancanza di uniformità dello pneumatico, ripercuotendosi su variazioni di forza che potrebbero portare a problematiche di diversa natura nell'uso finale. Una di queste è rappresentata dal comfort, suddiviso in plastico o acustico, considerato una delle più importanti caratteristiche richieste dal cliente finale, e valutato attraverso delle scale soggettive delle sensazioni dei guidatori durante la guida. Il primo tipo di comfort è legato a eventuali vibrazioni causati da mancanza di "equilibrio", mentre il secondo riguarda il grado di emissione del rumore in fase di rotolamento.

I principali parametri di uniformità dello pneumatico possono essere classificati principalmente in quattro gruppi. I più importanti risultano:

- forze
- geometrie
- masse

La prima classe di parametri riguarda le diverse tipologie di forze che possono agire nella fase di rotolamento, distinte in base alla direzione in base alla quale si manifestano. Per questa categoria di parametri esistono differenti indicatori di misura idonei a verificare la conformità del prodotto finito:

- Radial Force Variation (RFV): identifica la rappresentazione della forza verticale generata dallo pneumatico a contatto con la strada. Il valore finale è il massimo della variazione della forza radiale durante la rivoluzione completa di quest'ultimo

risultante da due misurazioni differenti. Il risultato ottimale è raggiunto con piccoli valori di forza, che determinano l'uniformità della copertura secondo questo indicatore.

- Harmony (Hr): un ulteriore parametro di misura della forza radiale riguarda l'ampiezza e la fase delle armoniche fondamentali, risultato della scomposizione del segnale originale in armoniche.
- Lateral Force Variation (LFV): rappresenta il valore massimo di variazione di forza laterale calcolata picco-picco (LSFT) risultante da due misurazioni differenti. Il prodotto finito viene considerato uniforme se questo indicatore assume un valore basso.
- Conicità: rappresenta il valor medio della differenza degli scostamenti tra misurazioni di forza laterale effettuate (senso orario e antiorario di rotazione) durante la rivoluzione. In generale, con questo termine viene indicato la componente di forza che non cambia direzione con il senso di rotazione.

Nella terza classe è possibile individuare un set di indicatori che sono riferiti alla geometria del prodotto finito che influiscono sull'aspetto estetico o che garantiscono il grado richiesto di uniformità. I principali parametri misurati nel controllo sono:

- Radial Runout (RRO): rappresenta la variazione tra il raggio minimo e il raggio massimo misurata su una rotazione dello pneumatico. La variazione geometrica radiale, in generale, può essere intesa come misura della sua "rotondità".
- Lateral Runout (LRO): differenza nelle misurazioni picco-picco lungo tutta la circonferenza del lato superiore e inferiore nei fianchi della copertura. Anche in questo caso viene preso come riferimento il valore peggiore tra i due misurati.

L'ultima classe di parametri utilizzati non controllo uniformità del prodotto finito fa riferimento a misure di massa, individuando i difetti legati al concetto di equilibratura dello pneumatico, ovvero verificando il suo allineamento dell'asse di simmetria con l'asse di rotazione. Esistono due tipologie di squilibri:

- Couple Unbalance: lo squilibrio di coppia, invece, si ha quando la distribuzione delle masse non è simmetrica rispetto al piano di simmetria ortogonale all'asse di rotazione. La presenza di masse diametralmente opposte provoca la formazione di forze centrifughe che formano una coppia che genera sollecitazioni lungo l'asse.
- Dynamic Unbalance: lo squilibrio dinamico è dato dalla composizione dei due squilibri: statico e di coppia. Questo fenomeno deriva da un disallineamento

dell'asse di simmetria con l'asse di rotazione causato dal doppio effetto squilibrante.

2.3.1.2 Attributi

L'altra grande categoria dei difetti è rappresentata dall'insieme delle caratteristiche che evidenziano la non conformità dello pneumatico dal punto di vista estetico e della sua integrità interna. L'aspetto fondamentale, però, di questa classe di difetti che la differenzia da quella descritta precedentemente è la mancanza di variabili. In questo caso infatti la misurazione della difettosità avviene non attraverso parametri misurabili, ma esclusivamente attraverso attributi. La peculiarità di questa tipologia è quella di individuare la non conformità con un approccio di natura qualitativa, ovvero positivo/negativo o assente/presente. La motivazione principale risiede nell'assenza di parametri di misurazione per una molteplice quantità di difetti, per i quali viene individuata in modalità binaria la presenza o la mancanza di caratteristiche rispondenti agli standard. In questo caso quindi non è necessario, come nel precedente, identificare dei limiti di tolleranza per i parametri misurati, perché la decisione risulta qualitativa.

L'insieme di difetti che rientrano nel campo dell'individuazione delle non conformità relative a caratteristiche di attributi, sono stati classificati sulla base di proprietà definite e raccolti dall'azienda nel "Manuale della Qualità". La natura della classificazione all'interno di questo cluster segue le peculiarità fisiche della copertura, proprio suddivisione di difetti in base alle aree diverse della copertura. Si distinguono le seguenti macro classi:

- tallone: l'insieme di questi difetti identifica tutto il complesso che riguarda la parte esterna dello pneumatico a contatto con il cerchio nella successiva fase di montaggio;
- carcassa: individua l'insieme dei difetti relativamente alla zona interna dello pneumatico, ovvero l'area vicina alle "tele", che entra in contatto con la pressione dell'aria in fase di gonfiaggio;
- guasto macchina: questa particolare gruppo di difettosità si riferisce in maniera specifica a tutto ciò che genera difettoso a causa del malfunzionamento delle macchine di vulcanizzazione;
- fianchi: questa tipologia identifica tutta la classe di difetti che fa riferimento alla zona laterale della copertura, a contatto con il tallone;

- **contrafforte:** zona caratteristica dello pneumatico che identifica l'area compresa tra il fianco e il battistrada, dove si possono presentare difetti di diversa natura;
- **battistrada:** individua la classe dei difetti che fanno riferimento alla zona centrale dello pneumatico, ovvero quella a stretto contatto con l'asfalto;
- **corpi estranei:** questa tipologia fa riferimento a tutta quella difettosità che si riscontra a causa della presenza di corpi di natura differente da quella prevista, in ogni parte della copertura;

Il codice identificativo di ogni classe, appena descritta, viene unito a un numero progressivo che serve a indicare con maggiore precisione la tipologia del difetto, ad esempio B4 identifica "Bave e gradini" al battistrada; dove il valore "4" identifica appunto la tipologia di difetto. Il codice dato da lettera e numero identifica una classe di difettosità più specifica e relativa ad una zona fisica della copertura, a eccezione del caso in cui la classe lettera non identifica l'area fisica; in quel caso il codice assume un significato non riferito alla zona ma in generale al tipo di non conformità. La classificazione però non termina con il codice appena descritto, ma per dare un maggiore dettaglio alle diverse tipologie di difetto, si introduce un subcodice, di natura numerica del tipo "02". L'obiettivo è quello di stratificare in maniera esaustiva e completa tutte le diverse proprietà che si verificano nella difettosità del prodotto finito. In questo modo risulta più facile un'analisi completa sulle cause che hanno portato al verificarsi di quella non conformità.

2.4 Metodi di analisi

Un sistema di gestione della qualità in grado di operare con l'obiettivo di ridurre la percentuale degli scarti prodotti dal processo produttivo deve essere affiancato da strumenti validi e stabili. L'effetto prodotto da un intervento, o più in generale da una azione, per portare al miglior risultato possibile, è opportuno che sia conseguenza di una profonda attività di analisi. La misura dell'impatto, che un'attività comporta, rientra in uno studio di valutazione dei rischi e opportunità di vantaggio. Tuttavia, la rilevanza dei risultati della valutazione da effettuare dipende dalla bontà delle basi su cui si fonda, migliore è l'accuratezza dei dati di partenza maggiori saranno le probabilità di avere successo.

L'implementazione di un sistema di gestione della qualità di successo deve avere al suo interno una struttura di analisi ben organizzata e consolidata. Il valore aggiunto dato dalle

azioni messe in atto al fine di cambiare lo stato dell'arte di un qualsiasi sistema è dato in modo significativo dal grado di fruibilità delle informazioni. Questa fase rappresenta una delle basi indispensabili per garantire ed assicurare delle fondamenta stabili per le decisioni da prendere. La tipologia dei dati da ricercare è importante in base alla natura dell'analisi che dovrebbe essere svolta e in base ai risultati che si intende ottenere. Nel campo dell'analisi statistica, ad esempio, i dati possono essere diversi sulla base del tipo di strumenti o metodi che vengono utilizzati. Secondo questa prospettiva, infatti, è opportuno quindi avere un'idea chiara sul tipo di risultato che si desidera avere e capire quali informazioni possono essere utili. Allora, lo studio dei dati e della loro tipologia ricopre un ruolo fondamentale in questo campo ed è importante aver chiaro quali sono le fonti dalle quali è possibile attingere per recuperare le informazioni a disposizione.

L'esigenza di avere in ogni momento le informazioni necessarie per agire in maniera tempestiva in un ambiente lavorativo molto dinamico e soprattutto in funzione in ogni istante, richiede sempre sistemi che siano in grado di supportare le decisioni. Questo bisogno nasce dalla presenza di un'elevata complessità, soprattutto in sistemi altamente moderni ed evoluti come il reparto dove ho svolto il mio lavoro di tesi. L'alto tasso di automazione presente nel reparto NextMirs è l'elemento chiave per comprendere l'importanza di avere a disposizione la grande mole di informazioni resa disponibili dalle macchine di produzione. Le informazioni devono essere gestite nella maniera corretta e più efficace possibile dagli strumenti, adattandoli al metodo più consono per avere i migliori risultati. Questo "fit" rappresenta uno degli elementi chiave per garantire un sistema di analisi delle informazioni che si adatta alle esigenze aziendali di raggiungere in tutti i campi vantaggi competitivi verso i loro competitors. L'affidabilità di questi sistemi di gestione dei dati si basa proprio sulla capacità dell'azienda di costruire strumenti di raccolta e organizzazione delle informazioni che siano integrabili e complementari tra loro garantendo il massimo risultato ottenibile. Intorno alla nascita di questi sistemi poi si costruiscono le procedure aziendali che caratterizzano le principali task dell'attività di analisi.

2.4.1 Strumenti e procedure in uso

L'attività di analisi dei dati di produzione rappresenta una parte importante per il raggiungimento degli obiettivi che il sistema di gestione della qualità si pone. Ogni azienda usa differenti sistemi, strumenti o metodi di analisi ma, in ogni caso, difficilmente può prescindere da questa attività necessaria a mantenere gli standard richiesti dal

mercato. La descrizione di come tutto ciò avviene all'interno del reparto di Pirelli è necessaria per comprendere il funzionamento delle attività di analisi e quali siano i potenziali elementi di miglioramento da introdurre. Per fare ciò si vuole evidenziare in primo luogo quali sono questi meccanismi di analisi dei dati e le procedure in atto, definendo successivamente i relativi strumenti utili a questa attività.

2.4.1.1 Analisi principale giornaliera

Attualmente nel reparto è prevista un'attività di analisi svolta la mattina, durante il primo turno lavorativo, dal team di qualità. Questa ha principalmente l'obiettivo di individuare quale siano state le principali difettosità per stabilire quali azioni mettere in atto. Il compito di controllare quindi i difetti che sono avvenuti, è fondamentale e risulta molto corposa, per questo motivo è prevista una suddivisione in due parti. La prima riguarda l'analisi dei dati che provengono dall'uniformità delle coperture, mentre la seconda si riferisce a tutta la quantità di prodotto finito che risulta scarto dal punto di vista estetico. Entrambe le attività vengono svolte da personale che possiede gli skills necessari, come quelle di analisi, problem solving, oltre alle capacità di natura tecnica. I dati di non conformità che vengono scaricati dai sistemi informativi presenti in azienda sono tutti riferiti alla giornata precedente di produzione. In questo modo la verifica si basa nell'individuazione delle cause che posso aver scatenato la difettosità nel processo produttivo nel giorno antecedente.

La prima parte riguarda l'esame dei dati di uniformità che provengono dai sistemi informativi, che gestiscono i valori di forza, geometrie e squilibrio misurati dalle macchine di controllo dei parametri descritti nei paragrafi precedenti. La risorsa si occuperà di approfondire le specifiche con maggior grado di difettosità. Per ognuna di esse si procederà con l'individuare per quali parametri le coperture sono state catalogate come scarto e con quale incidenza si è verificata la non conformità. In questo caso la presenza di valori numerici permette di fare analisi sui valori medi degli indicatori in esame, valutando gli scostamenti tra quest'ultimi e i valori di limite superiore e inferiore di specifica. Inoltre, è possibile valutare eventuali derive delle deviazioni standard delle medie a fronte di eventuali cambiamenti. Lo studio delle distribuzioni dei parametri assume un ruolo significativo in questa parte, perché dà un quadro completo, mostrando non solo dove si trova la media o la mediana ma chiarisce l'eventuale criticità della situazione. Lo strumento della distribuzione garantisce un esame molto importante al fine di verificare elementi che possono portare variabilità nei valori finali. Proprio per questo motivo un altro elemento chiave in questo tipo di esame riguarda la ricerca di correlazione

con qualsiasi tipo di macchina di produzione, di misura o materiale che compone il prodotto finale.

La seconda tipologia di analisi riguarda invece la non conformità che deriva dall'assenza di integrità degli pneumatici e dai problemi estetici delle coperture. Questa analisi risulta per certi aspetti molto diversa dalla prima, in quanto questa viene fatta su un orizzonte temporale più lungo per avere dei dati più significativi, non più solo sulle 32 ore antecedenti. Tutte le difettosità registrate a sistema durante il flusso di controllo, che riguardano la parte visiva, la verifica ai raggi x e alla shearografia, vengono scaricate dalla persona addetta per essere esaminate. La peculiarità di questa attività è che esiste un'assenza di valori numerici per i quali confrontare medie e deviazioni standard; infatti, come già descritto in precedenza per questo tipo di difettosità viene registrata solamente in modo binario la conformità della copertura. Questa caratteristica comporta l'impossibilità di analizzare dati attraverso gli stessi strumenti che vengono utilizzati nel primo caso. Occorre, quindi, concentrarsi attentamente soprattutto sulla ricerca delle correlazioni tra percentuali di difettosità e macchine di produzione o mescole di partenza. Anche in questa parte di analisi si stabilisce una lista di priorità che stavolta rispecchia soprattutto il tipo di difettosità e non la specifica, ovvero si costruisce un "pareto" dei principali difetti; l'obiettivo è quello di organizzare azioni correttive per ridurre le difettosità, in senso generico.

L'obiettivo finale di entrambe le tipologie di analisi rappresenta quello di determinare le cause che hanno provocato le non conformità del processo produttivo, per stabilire quale azione possano essere messe in atto. Quindi, una volta terminate le attività si hanno una serie di task, ognuna con priorità diversa, che saranno svolte durante i turni lavorativi. La differenza tra la natura delle difettosità porta, perciò, ad operare secondo questa distinzione nelle analisi mattutine e comporta strumenti e metodi diversi di analisi. L'idea di fondo della procedura segue una coerenza dal punto di vista razionale, ormai consolidata, in grado di essere perfettamente integrata con i sistemi attualmente in uso. La procedura messa in atto dal team di qualità, dalla fase di analisi a quella di intervento, può essere formalizzata come segue:

1. Estrazione dati
2. Analisi statistiche su difettosità
3. Individuazione di cause e correlazioni
4. Definizione priorità d'intervento
5. Scelta o individuazione di azioni d'intervento

Seguendo questo piano di azione si cerca di trovare in ogni situazione il piano di azione migliore possibile al fine di ridurre lo scarto, sotto i vincoli stringenti dei tempi necessari, dei costi organizzativi che ogni azione comporta e della presenza di un numero elevato di variabili in gioco. Il compromesso, inteso come individuazione delle strategie di azione che massimizzano l'effetto ottenuto in termini di riduzione degli scarti, rispettando i vincoli di ogni natura presenti nella realtà aziendale, è fondamentale per acquisire valore aggiunto che porta alla crescita aziendale.

2.4.1.2 Analisi secondaria

Durante l'intera durata del giorno lavorativo, l'attività di analisi svolta la mattina, durante il primo turno di lavoro, non è l'unica verifica di questo tipo che viene svolta dal team di qualità. L'organizzazione della fase di produzione su l'intero arco giornaliero comporta un monitoraggio più frequente dell'andamento della percentuale di scarti per l'intero flusso produttivo. L'attività di analisi quindi viene ripresa nella prima parte del pomeriggio, durante il secondo turno lavorativo, per delineare il nuovo quadro dei numeri relativi alla difettosità e le principali cause collegate ad essa. In questo modo si riesce a monitorare l'andamento della non conformità, intervenendo in caso di nascita di eventuali nuove criticità, con la possibilità di definire un nuovo schema di priorità d'intervento. Le caratteristiche di questa attività di analisi, in realtà risultano in gran parte differenti, da quelle che riguardano la verifica principale descritta in precedenza. La principale differenza è che in questa situazione è direttamente l'istruttore di qualità che compie questa task e non più i team leader o altre figure. Le competenze che hanno i primi sono molto diverse da quelli che svolgono l'analisi principale, infatti presentano maggiormente capacità di natura tecnica e operativa e meno abilità in campo di analisi e conoscenza degli strumenti statistici. In questa attività secondaria non vengono utilizzati gli stessi strumenti o approcci statistici che invece contraddistinguono la prima parte.

Questa verifica ha l'obiettivo principale di individuare eventuali derive dovute da criticità nel processo produttivo o di controllo, per agire in maniera tempestiva e mantenere in linea i livelli di scarto con gli standard prefissati. La differenza di metodi di analisi rispetto alla l'attività mattutina comporta anche quindi un cambiamento negli approcci di identificazione delle cause scatenanti con un aumento sostanziale delle responsabilità che detiene l'istruttore di qualità. In questa parte si cerca di utilizzare maggiormente l'esperienza nel campo tecnico-operativo del personale che lavora a stretto contatto con la linea. La logica chiara alla base di questa attività viene definita da una procedura che risulta più snella e maggiormente flessibile rispetto a quella relativa alla prima attività.

Tuttavia, ciò che rappresenta il *modus operandi* nella definizione di un piano d'azione rimane pressoché invariato, mantenendo gli stessi obiettivi e attenzione ai vincoli.

2.4.1.3 Ambiente software

I risultati ottenuti da un'analisi, di qualsiasi natura essa sia, non possono prescindere dal tipo di strumenti che sono a disposizione. La qualità, in termini di significatività dell'analisi, è influenzata in maniera evidente dagli strumenti che vengono utilizzati. Questi, molto spesso, rappresentano proprio un vantaggio importante nella realizzazione di valore all'interno dell'azienda perché permettono la riduzione dei tempi di lavoro e della complessità dei problemi affrontati. Nell'analisi e nelle valutazioni statistiche o matematiche questi assumono sicuramente un ruolo di primo piano in quanto la gestione dell'elevata quantità delle informazioni richiede una elevata complessità e approcci che sono difficilmente attuabili senza una certa potenza di calcolo. In questa categoria rientrano quindi tutto l'insieme dei software statistico-matematici presenti in circolazione, i database che permettono la raccolta dei dati e i sistemi in grado di elaborare e organizzare tutta questa informazione.

In base a questa necessità nel reparto produttivo, analizzato in questo elaborato, sono presenti sistemi in grado di effettuare questa tipologia di richieste e garantire le analisi precedentemente descritte. Alla luce dell'importanza delle attività di analisi è opportuno conoscere da vicino quali sono e come funzionano più nel dettaglio questi strumenti utilizzati.

2.4.1.4 Sistemi database

L'estrazione dei dati necessari per determinare gli interventi volti alla riduzione dello scarto è l'operazione iniziale della procedura di analisi. Il sistema completamente automatico del reparto determina un grande flusso di gestione dei dati dei controlli effettuati dalle macchine; i quali vengono memorizzati nei database aziendali. Queste informazioni sono contenute all'interno dei sistemi aziendali già strutturati, come ad esempio PCS. Il sistema, in particolare, è in grado di garantire le informazioni necessarie di ogni tipologia, ovvero inerenti ai sistemi in funzione, al tempo ciclo delle macchine, alla quantità di coperture pronte alla spedizione, i guasti, gli scarti, ecc. Le funzionalità del software sono differenti perché permette ricerche scegliendo dei parametri messi a disposizione dell'utente attraverso una maschera di visualizzazione. Una volta scelti i valori che ci interessano il sistema elabora gli input per effettuare ricerche dei dati che si

vuole ottenere. L'utilizzo di questa struttura viene ampiamente utilizzata nella prima fase della procedura di analisi per ottenere gli scarti che sono stati registrati nel sistema durante il flusso di controllo.

A fianco di questo sistema ci sono altri database di supporto come ad esempio Multiman, il quale risulta molto utile nel momento risultano necessari i valori di uniformità misurati. Quando durante il processo le macchine di misura controllano i parametri relativi agli indicatori di forze, geometrie e squilibri registrano in maniera automatica tutte le misurazioni. Queste risultano fondamentali nello studio sull'andamento e la valutazione di un eventuale deriva del sistema. L'organizzazione della struttura è tale da memorizzare oltre alle informazioni relative all'uniformità delle coperture anche tutto quello che riguarda i limiti di questi valori. Nel momento in cui entra in produzione una nuova specifica, per questa dovranno essere già definiti dei limiti di tolleranza superiori o inferiori che definiscono le aree di scarto. Il sistema permette proprio attraverso un'interfaccia molto semplice di inserire questi valori che sono stati definiti in fase di progettazione e che permetteranno di stabilire nella fase di misurazione la conformità o meno degli pneumatici.

2.4.1.5 Strumenti di analisi statistica

Una volta che i dati vengono estratti per comprendere le cause delle non conformità, si procederà alla seconda fase ovvero quella di analisi statistiche. La possibilità, per alcune tipologie di difetto, di poter studiare dei valori numerici, relativi a dei parametri misurati, permette di effettuare valutazione su le medie e dispersione dei risultati. Questa parte permette di individuare tutti i casi in cui un processo abbia una deriva e i valori controllati si avvicinino o addirittura superino i limiti previsti. I dati che vengono estratti inizialmente dai sistemi di database vengono importati in un software che permette di fare queste operazioni, ovvero QlikView®. Il software prevede un'importazione dei dati automatica, ma non aggiorna i dati in tempo reale; l'aggiornamento avviene in maniera manuale da parte dell'utente. Le funzionalità fondamentali di un sistema di questa tipologia sono la visualizzazione dei valori medi e delle deviazioni standard nel tempo, attraverso dei grafici, e analisi di correlazioni delle variabili di processo.

Per l'analisi dei difetti visivi o raggi x invece l'uso di questo software si riduce proprio a quello di ricercare la correlazione nelle percentuali di difettosità con le variabili del processo. La mancanza di dati numerici per questa classe di difetti, di tipo "attributo", impedisce analisi statistiche tradizionali in termine di misure. Tuttavia, risulta

fondamentale nel momento in cui si vuole monitorare la media di scarto e la sua distribuzione dal punto di vista temporale.

2.4.1.6 Sistema di email

La decisione dei piani d'intervento per risolvere le particolari criticità che sono legate al verificarsi di un difetto determina tutta la serie di azioni che il team di qualità svolge ad ogni turno lavorativo. Gli interventi risultano mirati ad eliminare le cause che hanno portato alla non conformità del prodotto finito. Ogni volta che si verifica un difetto l'operatore è chiamato ad intervenire tempestivamente, ma soprattutto a segnalare ciò che è stato svolto. Il trasferimento delle informazioni nell'ambiente aziendale è uno degli elementi principali che garantisce il successo delle proprie strategie.

L'operatori di qualità quindi dovranno segnalare ad intervalli regolari quali sono le azioni che sono state svolte non solo per tenere informati i colleghi che si troveranno a svolgere poi successivamente il lavoro, ma anche per tenere aggiornate le altre funzioni aziendali. Infatti, attualmente nell'ambito del reparto, analizzato durante il mio studio, questa condivisione di informazioni è implementata attraverso la realizzazione di un report di fine turno. Il risultato finale è rappresentato da una mail che raccoglie tutte queste informazioni e le trasmette all'interno dell'area produttiva. Le attività vengono scritte in maniera testuale in una mail in maniera tale che queste informazioni chiariscano tutto ciò che viene svolto in ambito qualità. L'utilizzo di strumenti, costituiti secondo una logica testuale, permette il trasferimento di dati all'interno di tutto il reparto, con descrizioni più o meno approfondite sulla natura delle azioni intraprese. Il procedimento risulta utile in quanto molto semplice da utilizzare da parte delle persone che devono realizzarlo, ma presenta aspetti negativi che verranno ampiamente descritti nel prossimo capitolo.

Capitolo 3

Aree di miglioramento

Nel capitolo precedente sono state descritte le varie fasi del flusso di controllo, che permettono di valutare la non conformità del prodotto finito in base a parametri o attributi previsti dal manuale della qualità. I parametri sono stati presi in esame nel mio caso di studio per comprendere il significato che questi assumevano nelle varie parti del processo. Il controllo dei difetti rappresenta una parte importante del processo di gestione della qualità, ma allo stesso tempo le analisi statistiche effettuate sui dati raccolti generano il valore aggiunto del sistema. La focalizzazione sulle procedure e tecniche utilizzate all'interno del reparto NextMirs è stata necessaria per costruire il metodo su cui si fonda il sistema oggetto del mio elaborato. Questo approccio permette di scomporre l'intera struttura implementata in singoli elementi che si prestano più efficacemente ad una valutazione attenta per evidenziare possibili tratti di miglioramento.

La scelta della strategia per l'analisi delle procedure e dei metodi utilizzati all'interno della funzione qualità del reparto di Pirelli si è basata su un approccio che garantisca delle fasi ben distinte e procedimenti standard. Lo studio delle parti del sistema descritto in precedenza ha permesso di evidenziare alcune caratteristiche che contraddistinguono delle possibilità di intervento in ottica di ottimizzazione. L'identificazione di aree di miglioramento, legata ad un aumento dell'efficienza, dovuto al miglioramento di procedure non completamente standardizzate o a strumenti non adeguati, deve passare attraverso la definizione di un metodo. L'approccio sperimentato deve garantire il raggiungimento di un'idea chiara che dovrà poi essere trasformata in un piano operativo per l'implementazione. Il processo che ha portato all'individuazione di un piano di miglioramento è articolato in differenti parti. Inizialmente è possibile indicare 5 fasi che hanno contraddistinto questa parte di realizzazione del piano di miglioramento:

1. Analisi procedure e strumenti in uso
2. Apprendimento
3. Identificazione delle criticità
4. Scelta delle priorità
5. Definizione azioni correttive

In primo luogo, è stato necessario uno studio e un'analisi approfondita sul funzionamento del sistema del controllo di qualità e delle procedure definite durante l'analisi di dati. La prima fase risulta fondamentale per comprendere fino in fondo come si struttura l'ambiente di lavoro e le modalità di intervento nella riduzione della difettosità. Quella successiva è strettamente legata alla precedente perché garantisce l'effettiva acquisizione delle nozioni e dei metodi utilizzati al fine di poterli sperimentare praticamente per stabilire punti di forza e debolezza. In un secondo momento, con un quadro delle procedure più chiaro, si è passati a un'individuazione di quelle attività che potessero presentare delle criticità. Sono state individuate, infatti, all'interno delle procedure alcuni elementi di inefficienza sia dal punto di vista operativo sia da quello procedurale. In generale, esiste il rischio di individuare qualcosa che rappresenti una falsa criticità, oppure che questa sia talmente centrale da essere il fulcro di tutto il processo. Una volta, quindi, determinate le criticità con attenzione, è stato necessario concentrarsi sui limiti introdotti dai vincoli temporali e dalle risorse a disposizione; questi rappresentano un tema da non sottovalutare nella fase di individuazione di un piano di miglioramento. La definizione delle priorità sulle quali intervenire è un momento strettamente correlato al precedente perché introduce valore all'individuazione delle debolezze del processo. Una volta individuate quest'ultime, dovranno essere analizzate per capire quali effettivamente possano portare ad un valore aggiunto al fine di focalizzarsi, a causa dei limiti descritti sopra, per ottenere il massimo risultato. Per effettuare le scelte migliori si è fatto ricorso alla ricerca per ogni intervento individuato di una serie di fattori critici di successo, ovvero Critical Success Factor (CSF), che sono risultati utili poi nella valutazione finale del piano.

Nel mio elaborato è stato rivolto prevalentemente sulla parte del sistema di gestione della qualità che riguarda le procedure, i metodi e gli strumenti utilizzati nel controllo dal punto di vista operativo, nell'analisi statistica dei risultati e sui sistemi di gestione delle informazioni. L'idea di base risulta quella di creare un sistema che sia ancora più snello ed efficiente con miglioramento delle performance nella gestione delle informazioni, al fine di ridurre i tempi ed aumentare la tempestività d'intervento.

3.1 Formalizzazione e standardizzazione degli interventi correttivi

L'individuazione di una non conformità del prodotto finito riscontrata dal sistema di controllo comporta l'esecuzione di attività volte a migliorare il processo per riportarlo sotto controllo. La casistica del verificarsi di questi eventi e la sua ripetibilità sistematica cambia essenzialmente il tipo di approccio utilizzato nella risoluzione delle criticità. L'evento poco probabile potrebbe essere affrontato con tecniche di controllo e monitoraggio per scongiurare un'improvvisa deriva del processo, con conseguenze molto importanti; quelli invece più frequenti o con un impatto maggiore richiederebbero interventi sistematici e decisivi per la celerità della risoluzione. Questa caratteristica di pluralità di azioni, che vengono svolte dal team di qualità nel momento in cui si scatena un'alta percentuale di difettosità o in previsione di una possibile deriva, genera difficoltà nella gestione delle attività effettuate. In questa logica, innanzitutto, possiamo suddividere le attività svolte all'interno del reparto NextMirs, come preventive o programmate e straordinarie. La prima tipologia rappresenta tutto l'insieme delle azioni svolte in maniera programmata, a prescindere dal verificarsi di difettosità nel processo; vengono prefissate e organizzate periodicamente con una certa frequenza. La seconda tipologia di azioni riguarda, invece, quelle effettuate, durante i turni lavorativi, per contenere una criticità emersa in maniera improvvisa. In questo caso l'approccio riguarda un intervento mirato, volto a ridurre un particolare tipo di difetto o un aumento sistematico di una classe di non conformità. Queste azioni sono quelle che presentano una criticità maggiore, perché la velocità e la tempestività con cui si interviene determinano le performance del processo di controllo.

L'elemento sul quale si è posta maggiore attenzione nella fase di individuazione dei miglioramenti attuabili è stato il livello di formalizzazione presente all'interno di questo piano di azione. In prima fase, quindi, si è cercato di capire come fossero descritte e regolamentate le operazioni svolte durante i turni di lavoro del team di qualità. Dalla registrazione delle attività svolte nei turni, attraverso lo strumento della mail, descritto nel capitolo precedente sono emersi due fattori importanti:

- Soggettività descrittiva delle azioni
- Interpretabilità delle azioni

Il primo fattore è cruciale per capire come sono organizzate le modalità di lavoro all'interno della funzione di qualità. Il numero degli operatori che lavorano all'interno del

team è rappresentato da almeno 7 che intervengono nella fase di descrizione delle attività effettuate, organizzati nei differenti turni di lavoro. Questo elemento comporta un aumento del grado di soggettività nella definizione di ciò che è stato compiuto durante la propria fase lavorativa. Le azioni segnalate da ogni operatore saranno poi inviate a tutte le aree che fanno parte dell'impianto, per garantire un flusso di informazioni stabile. In questo caso, quindi, si evidenzia il secondo fattore, che presenta dei tratti di correlazione con il primo, che riguarda il grado di interpretabilità delle informazioni. Gli interventi effettuati e scritti nella mail saranno letti da altri soggetti; maggiore sarà la soggettività nella descrizione più aumenta la difficoltà di interpretazione dei soggetti. Il filo conduttore che lega entrambe le parti è rappresentato dall'elevato grado di variabilità che esiste nella fase di definizione delle attività che ogni operatore ha svolto. La mancanza di formalizzazione tende a inficiare i dati di analisi svolte all'interno di tutte le funzioni aziendali. Per evitare la nascita di fattori che a causa della loro ambiguità possono far emergere errori nelle valutazioni finali, occorre introdurre maggiore formalizzazione. Il risultato evidente è la necessità di fornire degli standard nella caratterizzazione delle diverse tipologie di azioni. Il miglioramento da implementare è, quindi, la creazione di un processo di standardizzazione delle attività, inteso sia come uniformazione nella definizione di un'attività sia in suddivisione in classi di intervento. Questo processo deve garantire il raggiungimento di un linguaggio comune volto a ridurre la variabilità di espressione per rendere il sistema più trasparente e semplice possibile.

Critical Success Factors (CSF)
<ul style="list-style-type: none">• Linguaggio semplice ed efficace. Costrutto: Verbo + Complemento• Unione attività altamente correlate• Suddivisione attività per aree d'intervento• Assenza di ambiguità

3.2 Correlazione tra valori e attributi di difettosità ed interventi

La grande quantità di informazioni da gestire all'interno di un reparto come il NextMirs, caratterizzato da un elevato livello di automazione, determina in modo particolarmente evidente le performance dei risultati dell'intera area produttiva. Gran parte dei sistemi già presenti nello stabilimento garantisce la quantità di informazioni sufficienti a fornire supporto alle scelte qualitative. La non conformità, infatti, viene tenuta sotto controllo

attraverso l'utilizzo di questi strumenti di raccolta e verifica dei dati per far fronte a derive del processo. Da qui poi è necessario monitorare l'andamento di eventuali parametri o attributi per ottenere dei feedback dal processo e comprendere come questo risponda alle soluzioni adottate. La grande varietà di soluzioni che è possibile attuare, per ridurre le cause di difetto, comportano la difficoltà in ogni caso nello stabilire fin da subito quale sia l'operazione corretta da intraprendere. Per questo oltre a monitorare il processo è necessario anche tenere traccia delle attività svolte in questa logica di miglioramento. A questo compito si adempie attraverso la stesura di una mail, con la funzione di report, che informa sia l'intero team di qualità sia le altre funzioni, su quali azioni sono state effettuate nei casi di aumenti di difettosità nel processo. La registrazione degli interventi direttamente su una mail per avere garanzie sulle azioni svolte però evidenzia delle difficoltà non sottovalutabili:

- Ricerca degli interventi complessa
- Assenza integrazione diretta tra azione e risultato ottenuto
- Informazione non organizzata in modo logico

Il primo elemento ha un valore considerevole quando si tratta di effettuare una analisi statistica e una "root cause analysis" per la ricerca delle cause di una deriva nei valori dei parametri, dell'uniformità degli pneumatici. La scrittura descrittiva degli interventi con il metodo utilizzato nel reparto rende difficile quindi la ricerca di un qualsiasi intervento, anche per una valutazione sulle quantità e tipologia delle attività che vengono svolte dagli istruttori di qualità. Il secondo elemento di criticità è rappresentato dall'impossibilità di stabilire una correlazione stretta tra il verificarsi di un'azione e il risultato che si ha su medie e varianze dei valori che si vuole migliorare o su indicatori di scarto in punti percentuali. Questo risulta un limite molto grande se lo si riferisce all'enorme flusso di dati che si genera all'interno di una linea profondamente automatizzata; il risultato è di perdere potenzialità di analisi che creano valore aggiunto. Infine, la modalità testuale con cui viene presentato il report contenente le azioni svolte in ambito qualità mostra difficoltà nell'organizzazione in modo logico. L'operatore che nel turno successivo leggerà il report avrà difficoltà nel capire ciò che è stato fatto e quello che dovrà svolgere, con il rischio di perdersi informazioni fondamentali. Con questa logica tendono a peggiorare la tempestività nell'intervento e l'individuazione delle attività a cui occorre dare maggior priorità.

La massima attenzione va posta, quindi, sul miglioramento delle procedure e dei metodi di registrazione delle informazioni riguardanti gli interventi in ambito qualità, ma anche

quelli ad essi correlati. La focalizzazione dovrà caratterizzare in particolar modo l'organizzazione dei dati con l'obiettivo di garantire la massima efficienza nella lettura e in ottica riduzione dei tempi di intervento. Dall'altra parte sarà necessario implementare un sistema che sia in grado di ridurre lo sforzo e il tempo necessario per rendere disponibili a tutti queste informazioni. Il miglioramento deve comunque garantire una procedura che sia stabile e ben strutturata portando vantaggi significativi rispetto ad un sistema piatto come quello attuale.

Critical Success Factors (CSF)
<ul style="list-style-type: none">• Logica intuitiva per registrazione informazioni• Completezza e integrità dell'informazione• Organizzazione semplice ed efficace• Maggior peso alle correlazioni con variabili del processo• Strutturare standard nella gestione delle informazioni

3.3 Analisi dei dati “live” e automatica

I dati che provengono dai valori dei parametri di uniformità e dagli attributi relativi al grado di conformità visiva o integrità interna della copertura costituiscono la base delle analisi svolte durante i turni da lavoro da parte del team di qualità. La strutturazione di questo tipo di analisi, già descritta nel capitolo precedente, permette di tenere il processo sotto controllo in maniera continua tenendo presenti i vincoli rappresentati dal tempo per svolgere tutte queste attività. Per questo motivo le due analisi effettuate, la prima molto più dettagliata all'inizio del primo turno mentre la seconda svolta più superficialmente il pomeriggio durante il secondo turno, sono organizzate per avere sempre dati utili per agire tempestivamente. L'elevata qualità, in termini di materiali e di processo, degli pneumatici prodotti nel reparto in esame richiede una particolare attenzione per la riduzione al minimo degli scarti di processo, dato comunque l'elevato costo delle materie prime e dei semilavorati. Con queste premesse, quindi, è importante strutturare un sistema che sia in grado di garantire il massimo controllo statistico del processo al fine di intervenire in maniera immediata al primo segnale di deriva.

La doppia analisi effettuata nella giornata lavorativa risulta quindi molto importante ma richiede ampi tempi di raccolta dei dati dai vari database aziendali e stratificazioni nelle diverse variabili di processo. Quest'ultime possono essere scelte in base alle esigenze oppure a partire dall'esperienza aziendale su ciò su cui occorre porre la propria attenzione.

In definitiva, quindi, i fattori chiave in questa fase sono rappresentati dalla velocità di avere le informazioni relative all'analisi a disposizione e il monitoraggio continuo del processo. Il primo elemento permetterebbe a chi svolge l'attività di analisi di trovarsi di fronte subito a ciò che potrebbe essere d'interesse fondamentale ed agire in maniera mirata e più tempestivamente. Inoltre, verrebbero risparmiati i tempi necessari alla ricerca di alcune informazioni dai vari sistemi aziendali. La seconda caratteristica, invece, permetterebbe di avere sotto controllo il processo in maniera continuativa; grazie ad un monitoraggio di questo tipo aumenterebbe la prontezza d'intervento dell'istruttore, avendo sempre dati aggiornati. Il miglioramento riguarderebbe anche in alcuni casi anche i risultati e la bontà dell'analisi perché oltre all'organizzazione dei dati in una logica coerente, si manterrebbe un certo grado di accuratezza evitando così analisi affrettate e superficiali.

Critical Success Factors (CSF)
<ul style="list-style-type: none">• Stratificazione rispetto ad una variabile• Aggiornamento automatico dei dati• Comprendere tutte le tipologie di difetti

3.4 Il piano di miglioramento e analisi swot

La definizione di un piano di miglioramento attraverso le 5 diverse fasi descritte, dall'analisi delle procedure fino alla definizione delle azioni correttive, coerentemente con le criticità individuate nello studio del sistema attuale deve prevedere azioni ben mirate per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Uno studio attento sulle aree di miglioramento emerse nel corso del mio lavoro permette di comprendere che sia necessaria l'introduzione di un modello di gestione diversa della raccolta di alcuni tipi di dati e la revisione di attività di analisi. Questo sistema deve essere organizzato in maniera che goda di una solidità strutturale e che possa vedere nascere nuove procedure legate alle novità introdotte. La logica, alla base delle modalità con le quali si procederà nella sua realizzazione e successivamente nella sua introduzione, è collegata al principio di integrabilità. Questo concetto riguarda sia l'aspetto legato alle procedure già esistenti in ambito qualità sia i sistemi informatici che il team si trova ad utilizzare durante tutte le fasi di lavoro. La complementarità delle funzioni che verranno introdotte dai nuovi sistemi da una parte dovrà essere accompagnata dalla facilità con cui questi comunicano e si integrano con quelli che continueranno ad essere utilizzati. L'obiettivo è quello di

creare valore aggiunto a partire dall'unione dei vecchi metodi, sistemi o strumenti con i nuovi.

In particolare, il modello dovrà comprendere un sistema per la raccolta delle attività svolte dagli istruttori durante i turni lavorativi; questi dati verranno memorizzati in un database che avrà la funzione di memorizzare anche informazioni relative agli eventi avvenuti. L'inserimento delle attività verrà legato ad una logica di funzionamento nuova con creazione di legami con altre variabili del processo. Il modello, però, non comprenderà solo un semplice sistema di raccolta, ma anche una gestione efficiente delle informazioni. L'organizzazione e la visualizzazione sarà pensata con una logica diversa da quella testuale prevista dalla procedura attuale, con focus su aspetti differenti. Questi dati raccolti in un database permetteranno, quindi, la loro fruibilità in qualsiasi momento in modo tale che possa essere analizzata per studi sulla correlazione interventi e parametri di difettosità ottenuti. In questo senso l'idea di potenziamento dell'attività di analisi grazie a strumenti che porterebbero ad un maggior livello di automazione e conseguente diminuzione dei tempi legati a queste attività. Gli strumenti sarebbero di supporto a quelli attuali utilizzati fornendo un livello di informazione più completa e le analisi statistiche potrebbero essere corredate da ulteriori livelli di approfondimento. Tutto questo è reso possibile da una importante attività di standardizzazione degli interventi svolti in ambito qualità; senza questo passaggio tutto il modello non porterebbe a risultati efficienti a causa dell'elevata variabilità presente nel sistema.

La valutazione del nuovo modello che prevede le azioni migliorative proposte permette di verificare più approfonditamente, attraverso strumenti appositi, gli elementi di vantaggio ottenibili confrontandoli con eventuali caratteristiche di difficoltà nel suo utilizzo. L'analisi attraverso lo strumento della matrice SWOT può essere utile per confrontare proprio vantaggi che è possibile ottenere con la sua introduzione con le criticità che potrebbero emergere. Lo strumento permette di inserire all'interno di una matrice da una parte le qualità utili al conseguimento di un obiettivo e dannose al raggiungimento dell'obiettivo; suddividendo tra gli elementi interni, tra cui troveremo i "punti di forza" e i "punti di debolezza", ed elementi esterni, a cui corrispondono "opportunità" e "minacce". Il suo utilizzo è utile nella valutazione di un progetto anche a livelli più ampi, in questo caso i limiti di suddivisione interni ed esterni vengono fissati intorno alla funzione qualità.

Analisi SWOT	Qualità utili al raggiungimento dell'obiettivo	Qualità dannose al raggiungimento dell'obiettivo
Elementi Interni	<p><u>Punti di Forza</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Attività standardizzate • Correlazioni tra attività e altre variabili di processo • Efficienza organizzativa dei dati • Focus dato alle priorità d'intervento • Completa integrabilità con i sistemi esistenti • Riduzione tempi di analisi 	<p><u>Debolezze</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduzione di un sistema nuovo con procedure differenti
Elementi Esterni	<p><u>Opportunità</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizzazione di analisi statistiche di maggior valore • Intercettazione di derive del processo di produzione 	<p><u>Minacce</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambiamento dei sistemi e strumenti attualmente in uso

La valutazione è in grado di darci un primo riscontro dal punto di vista qualitativo sulle potenzialità del sistema e se il modello può garantire valore a partire dai punti di forza, superando le debolezze. L'obiettivo del piano è quello di conseguire un vantaggio in termini di riduzione dei tempi e aumento dell'efficienza rispetto a dei parametri fissati di tempestività di risposta e miglioramento delle valutazioni statistiche. In questo caso i punti di forza del modello sono rappresentati dai valori aggiunti che derivano dalle azioni pensate in termini di standardizzazione delle attività, organizzazione logica delle informazioni e analisi automatiche puntuali. L'introduzione di legami interventi e altre variabili, come ad esempio le tipologie di difetto oppure le specifiche di produzione, generano l'opportunità di intercettare eventuali derive del processo produttivo, grazie alle maggiori informazioni a disposizione. Le debolezze del sistema sono principalmente legate dall'inerzia che si potrebbe creare da parte delle risorse verso l'utilizzo di un nuovo sistema, nonostante sia ben integrato con gli altri che saranno in uso. Dal punto di vista delle minacce può essere considerata la possibilità di cambiamenti dei sistemi al contorno, anche se la possibilità risulta molto remota nel medio termine vista la loro stabilità e la struttura ben consolidata.

Capitolo4

Realizzazione di un sistema efficace ed efficiente di raccolta dati

L'individuazione delle criticità presenti nel sistema attuale ha guidato il mio studio nella definizione di un piano di miglioramento che necessita di una fase di definizione dei requisiti, alla base del nuovo sistema da implementare. Una volta stabilito, infatti, quale sia l'obiettivo del modello devono essere chiare le modalità con cui questo deve essere realizzato, oltre alle specifiche che lo caratterizzano. L'attività principale che ha contraddistinto lo studio effettuato è la parte di progettazione, composta da differenti step. L'implementazione di un modello che comprende un ampio numero di funzionalità e caratteristiche che necessariamente devono essere definite a monte, prevede un processo molto complesso. La necessità di definire dei piccoli elementi su cui concentrarci e focalizzare l'attenzione è fondamentale nella realizzazione di un sistema complesso. Questa scomposizione di un intero progetto di realizzazione di un piano di miglioramento ha l'obiettivo di garantire un miglior risultato dal punto di vista delle performance finali. Oltretutto, questa garantisce un'efficienza maggiore in termini di pianificazione e organizzazione del lavoro, ottenendo un processo temporale più stabile e flessibile. Il risultato ottenibile è un sistema che, alla luce di un possibile cambiamento, venga riadattato alle nuove condizioni nel più breve tempo e con il minimo "effort". L'aspettativa sostanziale riguarda la continuità di funzionamento in maniera efficace ed efficiente, ottimizzando le risorse necessarie, di fronte ad ogni situazione di cambiamento o modifica futura.

4.1 Fasi del processo di realizzazione

La realizzazione di un sistema complesso è frutto di una serie di task che dovranno essere definite a monte che hanno l'obiettivo di semplificare il processo. La scomposizione permette di lavorare separatamente, a volte anche parallelamente, su attività che altrimenti

sarebbero troppo onerose. L'esistenza di elementi semplificati e di fasi che garantissero una pianificazione dell'intero progetto ha permesso l'utilizzo di una logica che riprende, in parte, quella impiegata nei classici progetti di implementazione di software; pur con qualche differenza significativa. Le macro fasi in cui può essere suddiviso il progetto descritto sono:

1. Definizione dei requisiti
2. Standardizzazione degli interventi
3. Progettazione
4. Implementazione
5. Test e controllo

La prima fase di definizione dei requisiti rappresenta il primo passo nella realizzazione nel nostro sistema perché permette di raccogliere informazioni importanti per la sua realizzazione. La seconda fase è una attività che può essere svolta parallelamente alla prima in quanto, una volta definiti i tratti principali delle attività, l'operazione di standardizzazione può iniziare. La fase di progettazione del modello è sicuramente la principale perché da questa si determina tutta la struttura portante da implementare e un errore comporta un allungamento dei tempi di realizzazione. La fase di realizzazione vera e propria è la più lunga in quanto prevede tutta la parte di costruzione del sistema con le relative funzioni, al termine del quale troviamo l'attività di test e controllo. Questa parte è importante per la ricezione dei feedback da parte di chi utilizza l'intero sistema. La sovrapposizione delle task rispecchia, da un lato, la caratteristica di flessibilità di cui abbiamo già parlato in precedenza. Esistono delle tecniche che evitano in parte problemi di propagazione degli errori che vengono commessi nella fase di progettazione, come la concurrent engineering. Si è cercato durante il mio lavoro di adoperare un approccio che tenesse presente alcuni aspetti di questo tipo. Questa teoria infatti prevede, tra le diverse modifiche alla progettazione classica, quella di parallelizzare le attività di definizione dei requisiti, progettazione e di ingegnerizzazione. Uno dei vantaggi di questa azione è proprio evitare di commettere errori, accorgendosene troppo tardi, aumentando i costi di correzione in base al livello questo viene individuato. La sovrapposizione delle due fasi indica che, dopo aver individuato i requisiti richiesti, si è passati ad una fase di progettazione e ad una verifica della fattibilità operativa.

Questo approccio produce un sostanziale apprendimento organizzativo, con tempi e costi minori rispetto ai metodi che optano per la scelta di una soluzione nelle prime fasi del processo di sviluppo¹. L'applicazione di questa metodologia può portare a una riduzione del tempo di flusso globale per la progettazione del sistema e una semplificazione nella gestione delle modifiche richieste dall'utente finale.

4.2 Definizione dei requisiti

Il punto di partenza del mio lavoro di realizzazione del sistema può essere considerato l'attività di definizione dei requisiti. L'ingegneria dei requisiti rappresenta quella branca dell'ingegneria interessata agli obiettivi del mondo reale, individuando funzioni e vincoli relativi ai sistemi software; occupandosi delle relazioni tra questi fattori e gli obiettivi realizzabili. Il requisito rappresenta una descrizione dei servizi richiesti, oppure auspicabili, che il sistema deve svolgere o dei vincoli che occorre soddisfare. Questa tecnica di analisi si basa su differenti tipologie di strumenti che permettono di far emergere bisogni e caratteristiche funzionali che gli utenti desiderano (Cantamessa Marco, Francesca Montagna, 2009). Gli strumenti utilizzati in questo senso possono essere, brain storming, colloqui individuali, casi d'uso, ecc. Questi bisogni individuabili possono poi essere trasformati attraverso opportuni passaggi da terziari a primari, con l'obiettivo di raffinare il loro significato per poterli rendere requisiti utili in fase di progettazione. In questa fase infatti si ha la trasformazione tra ciò che può essere utile per l'utente, il "bisogno", ma che è di difficile interpretazione, a ciò che rappresenta la soluzione tecnica che è necessaria per realizzare ciò che è richiesto. Il passaggio, da bisogno terziario a specifica, è molto complesso e determina le performance del sistema finale. Per questo motivo, la fase di definizione dei requisiti si trova sempre a monte di quella di progettazione in quanto le due dimostrano un legame molto forte: il requisito diventa il punto di partenza di un'attività di progettazione.

Nel mio caso di studio la definizione dei requisiti riguarda la ricerca dei bisogni e delle esigenze degli utenti che dovranno utilizzare il sistema di raccolta e gestione dei dati. Tra i vari strumenti utili a effettuare una individuazione dei bisogni sono stati scelti due tipologie in particolare, indicati per l'obiettivo che si voleva raggiungere:

- Colloqui individuali
- Studio dei sistemi aziendali in uso

¹ Fonte: <https://www.lean.org/>

La prima tipologia di strumento è stata necessaria per far emergere delle caratteristiche e funzionalità particolari che il team di qualità valutava come elementi importanti per il nuovo sistema. In questo modo si è riusciti a individuare particolari richieste per la realizzazione del modello, riuscendo ad ottenere una lista di bisogni primari. Dall'altra parte la seconda classe di strumenti è stata utile nel comprendere come fossero strutturati gli altri sistemi informativi presenti in azienda, al fine di trarre informazioni utili, ma soprattutto per garantire la massima integrabilità con il nuovo sistema.

Una tecnica molto utilizzata per la corretta individuazione dei requisiti di natura funzionale, è quella d'ipotizzare un possibile scenario di uso (Figura 4.1). Lo strumento è molto importante perché si basa su una estremizzazione di una situazione di utilizzo al fine di far emergere tutte le possibili criticità (Cantamessa Marco, Francesca Montagna, 2009). Un esempio molto significativo di caso d'uso può essere considerato quello relativo alla situazione di registrazione di un intervento e alla ricerca di quest'ultimo. Il caso d'uso può essere il seguente:

“Lunedì mattina, come sempre, il team leader di qualità inizia l'analisi del mattino per l'individuazione delle principali cause di difetto. Sfortunatamente quella mattina inizia la sua analisi con un po' di ritardo e nella giornata precedente la percentuale di difettosità è molto più alta del solito. Questo significa che si trova ad analizzare molti più temi per individuare le azioni da intraprendere.”

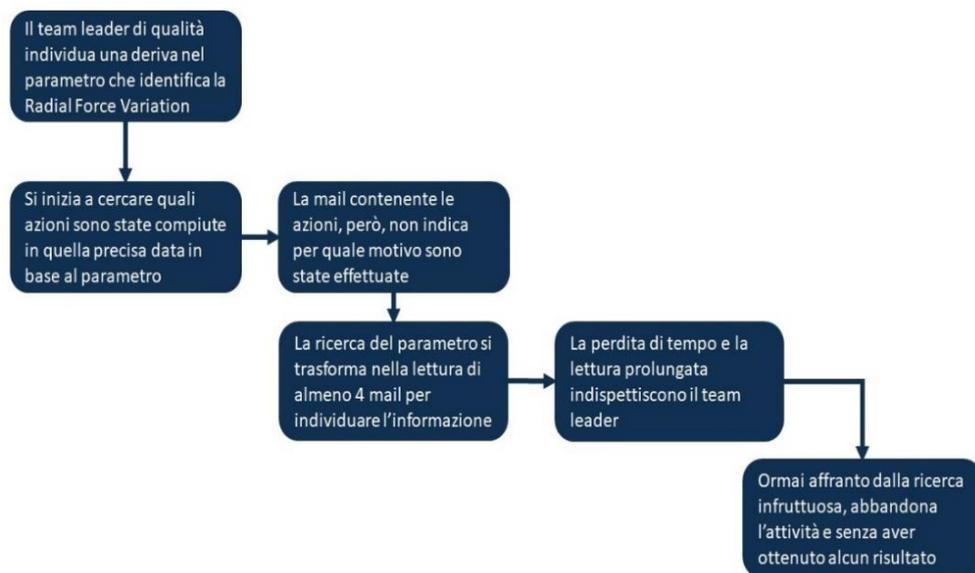


Figura 4. 1 - Use case: analisi mattutina

Questa modalità di approccio permette, attraverso la definizione di una “storia” estrema di una particolare situazione, la definizione dei requisiti che sono necessari nella fase di progettazione del sistema. Infatti, il passo successivo consiste proprio nell’individuare le specifiche che emergono grazie a questo strumento e attraverso la modellizzazione, con linguaggio UML, è possibile averne una rappresentazione più formale (Figura 4.2).

Use Case (Linguaggio UML):

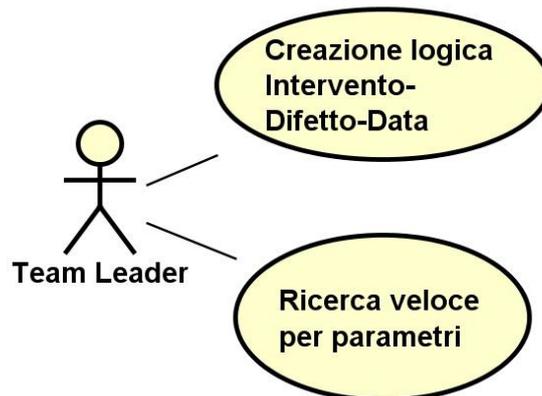


Figura 4. 2 - Use Case Diagram (Linguaggio UML): analisi giornaliera

L’esempio appena mostrato rappresenta solo uno dei casi d’uso pensati per la definizione dei requisiti necessari per la parte successiva. Secondo questo approccio è stato possibile evidenziare quelle che dovrebbero essere le esigenze da parte degli utenti finali per rendere il lavoro più efficiente. A partire, quindi, da questa lista di bisogni è necessario dare risposta attraverso delle soluzioni tecniche, che soltanto in ultima fase saranno trasformate dal progettista in funzionalità del sistema. A questo punto i bisogni individuati attraverso questo tipo di approccio sono stati trasformati in una serie di requisiti generali del sistema, che rappresentano la base per le attività di progettazione, svolta successivamente. Si è raccolto una serie di informazioni emerse dalla trasformazione dei bisogni in specifiche; con risultato l’individuazione degli elementi come:

- Integrabilità con i sistemi esistenti
- Registrazione interventi
- Sistema interrogabile
- Legami logici tra difetto e intervento
- Facilità individuazione delle priorità

- Stratificazioni rispetto ad una variabile d'analisi
- Fruibilità delle informazioni

4.3 Standardizzazione degli interventi

La ricerca della riduzione di variabilità nel processo sicuramente è uno degli obiettivi più ricercati all'interno di una realtà aziendale. Una volta definite le procedure dal punto di vista operativo, si procede con il monitoraggio delle modalità d'intervento; si interviene appena si verifica uno scostamento dallo standard, incentivando le risorse a mantenerlo il più possibile ridotto. Nel mio caso di studio la standardizzazione non riguarda il processo produttivo, ma si è focalizzata sulla definizione di modelli che riguardassero tutto l'insieme di interventi che avvengono in ambito qualità. L'obiettivo, infatti, in questa fase dello studio è stato quello di ridurre la variabilità introdotta dalla procedura di descrizione degli interventi nella parte della registrazione delle azioni svolte durante i turni lavorativi.

Come già descritto nel secondo capitolo, l'organizzazione e la segnalazione degli interventi avviene per mezzo delle e-mail, da parte di ogni istruttore che copre i vari turni lavorativi. L'influenza sulla registrazione da parte di diversi soggetti comporta l'introduzione di un certo grado di variabilità, favorendo instabilità nella comprensione e nella ricerca di ogni tipologia di attività. In questo modo si rischia di rendere completamente inefficace qualsiasi tipo di analisi o di studio sull'effetto di un particolare intervento. Un fattore da evidenziare, che influenza in maniera non banale questa criticità, è dato dalla quantità di attività che sono state individuate nella fase di studio. È possibile individuare un numero di circa 60 tipologie di interventi, da effettuare nelle diverse aree. La variabilità dal punto di vista del linguaggio, inoltre, implica anche l'aumento dell'ambiguità e genera un fattore di interpretabilità dell'informazione, che in un sistema di gestione dei dati efficiente è una delle criticità maggiori. Questa fonte di generazione di errore è possibile risolvere per mezzo di un processo di standardizzazione fondato su tre pilastri fondamentali:

1. Definizione un linguaggio standard di segnalazione
2. Accorpamento di attività simili o quasi
3. Classificazione degli interventi in aree di lavoro

La prima ha l'obiettivo primario di ridurre l'ambiguità lessicale dovuta alla soggettivazione della segnalazione dell'attività, eliminando quindi l'effetto della

variabilità. Per implementare questa prima parte occorre, in primo luogo introdurre uno standard nella formulazione dal punto di vista linguistico. Il costrutto può essere costituito, per ridurre la variabilità, da “Verbo in forma infinita + Complemento oggetto”, in questo modo si toglie innanzitutto la soggettività dettata dall’istruttore di turno. Tutte le attività, quindi, si allontaneranno dall’uso delle desinenze, del tipo “Effettu-ato”, oppure da costrutti “Da Effettuare” o “Valutare se effettuare”, che determinano difficoltà nella lettura. Il significato dato da queste espressioni sarà sostituito da un sistema più affidabile che verrà affrontato nella parte di progettazione. La seconda parte invece riguarda l’unione di attività che hanno caratteri in comune, oppure vengono molto spesso svolte una di seguito all’altra. La scelta è dettata anche dal numero elevato di attività e, quindi, dalla difficoltà dell’operatore nella discriminazione. Gli interventi che presentano tratti in comune o molto spesso caratteristiche uguali possono essere accorpati, aumentando l’efficienza: ogni attività deve presentare elementi di univocità. Tuttavia, esiste un rischio legato all’unione di attività, che pur applicate nelle stesse circostanze portano comunque a risultati molto spesso differenti. Questo potrebbe generare delle informazioni falsate, ad esempio nella determinazione delle probabilità di successo in un’analisi statistica. La numerosità delle attività da registrare genera un’efficienza dovuta principalmente al tempo di ricerca e all’errore che si potrebbe commettere nella fase di discriminazione. Per questo è stata pensata l’introduzione di una classificazione di interventi per aree di lavoro. La classificazione nasce da un mix tra divisione del lavoro, tipologie di difetto e aree di produzione; in questa si è voluto privilegiare quello che già era in parte accettato nelle procedure di lavoro utilizzate dagli istruttori. La distinzione, infatti, non era formalizzata, ma in molte attività svolte era già presente una suddivisione con un certo criterio. Le aree di “clusterizzazione” degli interventi che sono state individuate sono:

1. Confezione
2. Vulcanizzazione
3. Uniformità

La prima area corrisponde all’insieme delle attività che vengono svolte nelle linee di produzione, dove sono posizionate le macchine di produzione. Il nome in questo caso rispecchia in parte l’area fisica di lavoro di confezionamento delle coperture e in parte la divisione del lavoro. Nella seconda classe invece troviamo essenzialmente le attività rivolte al reparto di vulcanizzazione, dove il legame più evidente è quello rispetto all’area di lavoro. Nella terza classe, di Uniformità, gli interventi sono riferiti a una tipica caratteristica di conformità della copertura. Infatti, l’uniformità del prodotto finito

corrisponde alla conformità rispetto ai parametri di forze, geometrie e squilibri. Una suddivisione di questo tipo dovrebbe aiutare gli istruttori nell'utilizzo del sistema, riducendo alcune inefficienze legate alla presenza di elementi di ambiguità, dovuti ad azioni omonime, ma svolte in situazioni diverse. La fase di progettazione di un database può funzionare se e solo se alla base esistono elementi standardizzati e formalizzati secondo una logica ben precisa.

4.4 Progettazione

L'obiettivo ultimo dell'attività di progettazione è rappresentato dall'individuazione della soluzione, tra quelle definite nell'insieme delle possibili, che sia ottimale nel raggiungimento degli obiettivi prefissati. Nella realtà, però, esiste un problema non sottovalutabile e che rende questo processo per nulla banale, ovvero i vincoli. Nel momento in cui un progettista si trova a generare una possibile soluzione che soddisfi i requisiti, deve tener presente di tutti quei vincoli che sono presenti in natura, come ad esempio i tempi, i costi, le risorse, gli strumenti software a disposizione. Un concetto che assume un ruolo di importanza rilevante è quello associato al "trade-off", anche questo legato al concetto dei vincoli di progettazione; ma in questo caso identifica l'interazione che esiste tra l'implementazione della stessa soluzione e l'impatto valutato sui diversi requisiti da soddisfare. Questo è uno dei punti di attenzione su cui è stata focalizzata l'analisi durante il mio lavoro, in quanto la frequenza con la quale questo fenomeno si presenta è decisamente significativa.

La fase di progettazione rappresenta l'attività più importante nell'ambito della realizzazione e implementazione di un sistema, con un supporto software. Nella prima parte, infatti, dall'individuazione dei bisogni si è passati alla definizione di un requisito tecnico, ovvero da una esigenza del tipo, "Diminuzione del tempo nella registrazione di un intervento" a una idea di soluzione come "Inserimento di un intervento in un massimo di 5 click del mouse". Questo esempio rappresenta proprio l'approccio utilizzato in prima fase per trasformare tutti i bisogni emersi dai futuri utenti del sistema, in costrutti linguistici che rappresentassero una modalità di soluzione. Il passaggio dal requisito iniziale alla soluzione tecnica non può avvenire direttamente, vista la complessità e la distanza interpretativa tra l'esigenza e la sua risoluzione pratica. Il passo intermedio consiste proprio nella definizione di requisiti tecnici che favoriscano la nascita di soluzioni in grado di soddisfare efficientemente ciò che è richiesto dall'utente finale.

Perciò, è possibile affermare che l'analisi dei requisiti potrebbe rispondere alla domanda "cosa deve/devo fare?", mentre la fase di design dell'applicativo può essere rappresentata dalla risposta al quesito "come posso fare?", ovvero come l'applicativo o progetto dovrà soddisfare tutti i requisiti raccolti. Le domande sono estremamente necessarie durante entrambe le attività, in quanto facilitano il lavoro, creando quella connessione logica che rende fattibile in maniera pratica l'esigenza teorica. Questa parte della progettazione che riguarda la definizione delle soluzioni per soddisfare i bisogni degli utenti prende il nome di progettazione concettuale, ovvero quella che identifica gli elementi funzionali che devono essere progettati. L'analisi funzionale, che rappresenta il primo passo della progettazione concettuale, riguarda la definizione delle funzioni che sono richieste in un sistema. Innanzitutto, è possibile definire una lista di funzionalità di alto livello che sono quelle che garantiscono l'obiettivo del sistema da implementare. La fase successiva è quella di definire tutte le funzioni collegate alle prime, ma di livello più basso, scendendo via via nel dettaglio. Nel mio caso l'approccio utilizzato è molto simile a quello appena descritto. L'obiettivo è quello di evidenziare quali funzionalità da implementare nel sistema per garantire l'efficienza richiesta, definendo per ognuna attraverso quale soluzione si è raggiunta.

La realizzazione del nostro sistema non può prescindere dalla progettazione e implementazione di un database per la raccolta delle informazioni dettate dall'esigenza dell'individuazione delle cause di difettosità in una deriva del processo. La soluzione che garantisce innanzitutto la stabilità del sistema è data dalla realizzazione di un modello in grado, oltre di registrare gli interventi, di migliorare la loro gestione e le modalità in cui l'utente procedesse nell'inserimento. Il database, infatti rappresenta solo il back end del sistema; questo è composto anche da un'interfaccia interattiva per la gestione dell'inserimento e dalla visualizzazione dei dati mediante massima integrabilità con un software di analisi e infine le funzionalità. L'organizzazione delle informazioni per l'utilizzo de sistema è il punto di collegamento che esiste tra il database e il software di analisi. Le funzioni rappresentano le condizioni al contorno che garantiscono che tutto ciò lavori nel modo più efficiente possibile, aiutando il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Queste funzionalità sono state individuate nel corso della prima parte della fase di progettazione, procedendo sempre con la logica di scomposizione, partendo da quelle di alto livello aumentando sempre di più il livello di dettaglio. Le funzionalità di grado più elevato che sono state individuate sono rappresentate da:

- Integrabilità tra i sistemi
- Sistema interrogabile

- Organizzazione per priorità
- Attenzione alle criticità di lungo periodo

4.4.1 Integrabilità tra i sistemi

Uno dei principali problemi che colpisce tutto il mondo sei sistemi in generale, sia hardware che software, è rappresentato dalle difficoltà di comunicazione tra i sistemi. Nella realtà aziendale questo problema di incompatibilità porta molto spesso all'uso non efficace dei due sistemi, causando risultati incompleti e non ottimali, ma in situazioni peggiori porta all'abbandono di uno dei due. L'integrazione ha l'obiettivo, generalmente di combinare differenti sistemi in modo da creare un insieme unificato nuovo e dare agli utenti l'idea di interagire con un singolo sistema informativo. Per questo motivo è necessario che tutto l'insieme dei dati sia rappresentato utilizzando lo stesso principio di astrazione, ovvero un modello di dati globali e una semantica unificata.

Per la realizzazione di un sistema che garantisca l'accessibilità in maniera diretta ad un sistema informativo è necessario, in primo luogo, individuare quale sia la logica migliore per garantire l'interfacciamento con i sistemi. Questa funzionalità unita all'integrità dei dati scambiati tra lato front-end, quello con cui l'operatore entra in contatto, e lato back-end, ciò che invisibile a quest'ultimo, possono essere pensati come un unico oggetto che privilegia il flusso informativo favorendo allo stesso tempo una modalità comune di interazione con gli altri sistemi. La necessità di implementare differenti interfacce per avere accesso a differenti database deriva dall'introduzione di nuovi sistemi in azienda, che nascono ognuno con la sua logica e con la serie di funzionalità che sono richieste dall'utente. Molto spesso però queste esigenze possono incontrarsi tra loro e quindi nasce un'inefficienza legata dalla ridondanza delle funzioni offerte. L'accessibilità ai differenti database può essere ottenuta da qualsiasi tipologia di interfaccia, ma ciò che differenzia i modelli che vengono implementati dall'azienda è rappresentata proprio da quale funzioni sono previste in fase di progettazione.

In questo caso, la scelta è stata orientata verso la realizzazione di una schermata di accesso che permettesse all'operatore di accedere all'informazione, senza la consapevolezza di interagire con un back-end. L'idea di predisporre una interfaccia grafica che si avvicini il più possibile a quelle dei sistemi, già utilizzati dallo stesso operatore, limita l'inerzia che le persone potrebbero mostrare nei confronti di un qualcosa che stravolga completamente il proprio lavoro. Le funzionalità previste per il nostro sistema sono state definite in maniera tale da evitare ridondanza con l'utilizzo di sistemi già esistenti. La logica di

complementarietà è stata seguita per garantire la massima efficacia poi nell'utilizzo dell'operatore. La semplicità e l'intuitività della visualizzazione, ottenute grazie all'organizzazione delle informazioni in ottica "smart", hanno l'obiettivo di ridurre il più possibile il tempo impiegato dall'istruttore nello svolgimento delle attività.

Un altro aspetto legato all'integrabilità riguarda la definizione della tipologia di dati da utilizzare per l'implementazione del database. In questa parte, infatti, è stata ripresa la logica utilizzata nella fase precedente di standardizzazione degli interventi. Affinché il sistema funzioni correttamente questo deve essere progettato in modo tale da gestire informazioni standard. Questa prerogativa non è solo necessaria per garantire stabilità al livello di sistema, ma ha il valore aggiunto di assicurarne una compatibilità assoluta con altri. Ovviamente, tutto ciò è necessario, ma non sufficiente a garantire il miglior "fit"; per questo si ha bisogno di un altro pilastro fondamentale. Le informazioni di alto livello, quindi, vengono immagazzinate dal sistema attraverso l'interfaccia in un database, il quale potrà essere accessibile da qualsiasi altro sistema. Se i dati introdotti, oltre ad essere standardizzati, seguono la stessa logica utilizzata dagli altri, sarà in qualsiasi momento possibile modificare i vecchi sistemi, con il minimo sforzo, per recuperare le nuove informazioni. Questa parte di integrabilità dei dati contenuti nel database è stata possibile attraverso le seguenti soluzioni progettuali:

- Standardizzazione delle informazioni da registrare
- Utilizzo unica codifica dei difetti
- Mantenimento logica delle "best practice"

L'elemento chiave per capire la procedura utilizzata in questa fase riguarda proprio la classificazione e la codifica relativa alle tipologie di difetti in ambito qualità. L'idea è stata quella di lasciare invariata la stessa codifica, che risulta anche essere utilizzata nei software di gestione all'interni di Pirelli. Inoltre, si è scelta la realizzazione di un sistema che, oltre ad avere molte similitudini grafiche a quelli esistenti, espletasse al meglio la funzione di massima comunicazione con il software di analisi. Questo è stato proprio reso possibile dalla standardizzazione delle informazioni e dall'uniformazione dei dati provenienti dal database. Il valore aggiunto dato da questa compatibilità tra i software è fondamentale, in quanto definisce la possibilità di effettuare analisi statistiche rispetto alle nuove informazioni raccolte. Questo in linea con l'idea di correlare i risultati di uniformità e integrità delle coperture agli interventi effettuati in ambito qualità.

4.4.2 Sistema interrogabile

La capacità di un sistema nella gestione, di ogni tipologia dei dati, rappresenta quanto è in grado di immagazzinare, elaborare e rendere disponibili le informazioni in modo efficace. Sulla base di questa caratteristica, come ogni modello basato su un particolare processo, deve essere predisposta una misura per la valutazione della sua affidabilità e capacità di trasformare input in output. Questo metodo per la valutazione, se ben strutturato, permette di evidenziare le criticità, se presenti, e agire tempestivamente nel momento in cui non garantisce più gli standard richiesti. Una condizione necessaria, in generale, è rappresentata dalle caratteristiche con cui un dato viene immagazzinato all'interno del sistema. La prerogativa di standardizzazione, di cui abbiamo già parlato, presenta un ruolo di primo piano anche in questa parte di progettazione. Tuttavia, esistono altri aspetti importanti che permettono ottimi risultati in termini di utilizzabilità, uno di questi è rappresentato dalla logica di organizzazione con cui i dati vengono gestiti e memorizzati. Il concetto di qualità, quindi, in questo caso può essere esteso anche all'informazione, ovvero si introduce l'idea di capacità dei dati di soddisfare i requisiti richiesti. La gestione della qualità dei dati è importante per varie ragioni, ad esempio:

- limitare la dispersione di dati nei sistemi e tra sistemi
- ridurre duplicazioni di dati e impegno risorse
- diminuire i costi della non qualità

Le motivazioni elencate mostrano come sia importante la gestione dei dati e la qualità che è associata a quest'ultimi, al fine di migliorare le attività di analisi. In questa fase si è scelto, infatti, di cercare di garantire una certa integrità dei dati proprio nell'ottica di ottimizzazione del risultato finale. Il superamento delle criticità nel campo di registrazione degli interventi in ambito qualità è legato alle caratteristiche associate all'informazione. I dati devono, perciò, possedere delle proprietà di base, che sono delle condizioni necessarie nel processo che porta all'efficienza; tra queste si possono individuare:

- Integrità
- Standardizzazione
- Non ambiguità
- Completezza
- Coerenza

L'informazione che comprende tutto questo insieme di caratteristiche può essere gestita e immagazzinata in modo più efficiente possibile e garantisce il massimo risultato in termini di significatività. Il rispetto delle proprietà elencate è stato l'approccio principale nella progettazione del sistema, in maniera tale di fornire un qualcosa che sia interrogabile in ogni momento. Per fare questo è necessario che il dato sia il più accurato possibile, ovvero che presenti una perfetta rispondenza con la realtà che rappresenta, e soprattutto accessibile e disponibile. Le informazioni che sono state previste per l'inserimento rispettano le caratteristiche di coerenza, completezza e conformità. Non sono stati previsti inserimenti di parametri che in qualche modo potessero creare conflitto tra loro, ponendo l'accento sempre sulla creazione di un ambiente che sia "smart".

Affinché l'informazione abbia il massimo livello di standardizzazione possibile, è stato necessario prevedere un particolare sistema di codifica per rappresentare, ad esempio, macchine di produzione, esiti e tipologia d'intervento, oltre a quelle già utilizzati per difetti e specifiche. La difficoltà principale è rappresentata nella trasformazione di particolari tipologie di informazioni contenute nelle mail, che identificano i report delle attività svolte nel turno, in standard, senza perdere informazioni rilevanti. Per questo motivo è stata pensata la possibilità per l'operatore, in alcuni casi, di inserire dei dati con un certo grado di variabilità (note aggiuntive), in modo tale da evitare il trade-off: elevata standardizzazione accentua il rischio di perdere delle informazioni.

L'altro aspetto affrontato per realizzare un modello di uso il più efficiente possibile è rappresentato dalle modalità di organizzazione delle informazioni in maniera ottimale. L'identificazione di una strategia di azione per la definizione delle modalità con cui prevedere l'inserimento, parte dalle criticità presenti nella procedura attuale. Infatti, uno dei maggiori problemi riscontrati attualmente è rappresentato, oltre che alla ricerca di un intervento particolare svolto, alla incapacità di correlare, molto spesso, quest'ultimo all'evento che lo ha portato. Le motivazioni sono diverse, in quanto da una parte abbiamo una mancanza di informazione e dall'altra si verifica una perdita di indicazione a causa del sistema completamente non interrogabile utilizzato in questo momento. In ogni caso, perciò, si presenta un'inefficienza legata ad una logica che non permette di avere tutte le informazioni veramente rilevanti da analizzare. La difficoltà, nelle analisi svolte, si evidenziava nella ricerca di una risposta alla domanda "cosa è stato fatto?" al verificarsi di un dato difetto; il risultato molto spesso si traduce nell'assenza di un riscontro significativo. La risoluzione di questa criticità passa attraverso la creazione di un legame ragionevole che esiste tra ciò che si verifica "evento" e che fa nascere un "effetto", ovvero l'intervento di qualità che deve essere registrato. Da un'analisi approfondita dei dati a

disposizione è stato possibile notare una caratteristica fondamentale, che nel sistema attuale veniva trascurata. Esiste una correlazione evidente tra lo svolgimento di una azione e una particolare tipologia di difetto, ovvero che l'intervento viene effettuato all'insorgere della non conformità o per prevenire il sopraggiungimento della difettosità. In ogni caso si evidenzia una corrispondenza tra l'evento "difettoso" e l'azione compiuta dall'operatore di qualità durante i turni. La nuova soluzione permette in ogni caso di risalire in maniera biunivoca da un difetto ad un intervento e viceversa, garantendo un valore aggiunto significativo durante le analisi statistiche.

Nel momento in cui fosse necessario determinare le motivazioni di una deriva oppure risalire agli effetti di un particolare intervento, su un particolare difetto, la data rappresenta qualcosa di imprescindibile. Si è proceduto quindi a progettare un sistema di ricerca degli interventi in base alla loro data di esecuzione, garantendo una maggior semplicità e automazione in questa attività. L'idea consiste nella previsione di una funzionalità di ricerca per data, ma non solo, per facilitare l'operazione di individuazione delle azioni correttive svolte. Un'altra evidenza che emerge dall'analisi effettuata del sistema attuale di registrazione degli eventi è che la specifica rappresenta un altro aspetto che si mostra sempre in primo piano. In generale, un particolare intervento relativo ad una difettosità ha sempre come oggetto le specifiche di produzione.

4.4.3 Visione di medio lungo periodo

L'attenzione posta sull'obiettivo ultimo del controllo qualità è necessaria per definire le strategie e i piani d'azione, che siano coerenti con la struttura attuale del processo e con i principali indicatori che misurano il grado di funzionamento del sistema. Questo significa che occorre individuare un piano di azione, che oltre ad essere coerente, garantisca il raggiungimento di obiettivi sia di breve che di lungo periodo. L'errore che molto spesso è facile da compiere è rappresentato da una mancanza di visione di cosa si vuole raggiungere in un orizzonte temporale più breve, perdendo di vista gli obiettivi di lungo periodo. Altre volte l'eccessiva pressione effettuata dagli obiettivi da raggiungere nel lungo periodo porta a una assenza di focus su ciò che ci circonda. La posizione che andrebbe mantenuta è data dal giusto mix tra obiettivi di lungo e di breve periodo, al fine di creare in ogni caso le condizioni giuste per muoversi tra le priorità.

Nel mio caso di studio questo aspetto rappresenta un elemento fondamentale, nonostante sia da rimodulare per essere "cucito" perfettamente nel nostro sistema. In un ambiente "piatto", dove ogni prospettiva viene meno e non esistono dei differenti gradi di

approfondimento, l'implementazione di una strategia che tenga conto dei diversi aspetti è difficile, o addirittura impossibile. L'elemento chiave per avere un sistema che permetta di ottenere dei risultati in linea con gli standard richiesti, deve garantire proprietà di dinamicità. La ricerca degli interventi svolti in un database è, ad esempio, un elemento che fornisce una panoramica differente da quella attuale, dove la ricerca diventa molto onerosa e complessa. Una delle criticità maggiori nel processo attuale è rappresentata dalla difficoltà di discriminare dal punto di vista temporale tra gli interventi effettuati.

Al fine di introdurre nel sistema un elemento che desse la possibilità di avere una panoramica più ampia nella gestione degli interventi, si è pensato all'individuazione di due modalità di inserimento. Analizzando le procedure utilizzate dagli istruttori di qualità, per effettuare le attività durante i turni, sono emerse due regole che caratterizzano gli interventi, in base alla loro durata. Questi, infatti, possono riguardare un turno di lavoro, poiché il loro tempo di svolgimento è limitato; altri a causa della loro durata prolungata possono andare oltre il turno di lavoro, o addirittura coinvolgere più giornate. La necessità di avere una panoramica completa degli interventi svolti e di quelli che in realtà ancora non sono effettuati, o che non hanno portato ad un risultato, si è tradotta nella definizione dei concetti di "apertura" e "chiusura". La caratteristica ha l'obiettivo di avere sempre traccia degli interventi che vengono iniziati in un dato giorno, ma che si protraggono per un tempo prolungato e, più o meno, variabile. Secondo questa logica gli interventi che prevedono una durata limitata nel tempo saranno aperti e chiusi nel momento della registrazione; mentre quelli di durata maggiore saranno registrati in modalità "in corso". Questa possibilità permetterà loro di inserire interventi per cui è previsto il loro inizio, ma non ancora la fine. Sarà compito dell'operatore del turno, in cui l'intervento risulterà terminato, registrare la conclusione dell'attività svolta. La doppia possibilità è necessaria per fornire all'operatore quella dinamicità temporale che altrimenti non sarebbe prevista nelle condizioni del sistema attuale. Il valore aggiunto che si è voluto apportare riguarda proprio la possibilità di introdurre una caratteristica che fornisse informazioni sulla effettiva durata delle attività, in modo tale da valutarne anche eventuali criticità. Per ottenere il risultato previsto si è previsto che il sistema tenga traccia degli istanti in cui l'intervento viene iniziato o chiuso, attraverso una registrazione in un database. Le date, insieme all'informazione sui turni di lavoro, sono i parametri che scandiscono l'evoluzione temporale del processo di controllo sulla gestione delle attività correttive.

Il nuovo concetto di funzionamento, per lo svolgimento degli interventi, è una novità molto importante, rispetto alla procedura utilizzata dagli operatori in precedenza. La

scelta di questa nuova modalità, con cui affrontare l'attività di registrazione, può portare al verificarsi di alcuni vantaggi, come:

- Acquisizione di un aspetto temporale nella registrazione
- Visione di più lungo periodo
- Individuazione di interventi più critici
- Aumento dell'attenzione delle risorse nei confronti degli interventi critici
- Incentivo a chiudere gli interventi e non lasciare attività incompiute
- Maggiore precisione sulla fine dell'intervento

La progettazione di questa funzionalità si basa sul concetto appena descritto, cercando di fornire all'operatore uno strumento molto semplice e intuitivo per svolgere al meglio il compito richiesto. Una schermata grafica con una scelta per la tipologia d'intervento, in cui la risorsa possa per prima cosa trovarsi nella nuova logica e capire immediatamente se si vuole inserire un nuovo record oppure chiuderne uno già aperto. Anche in questo caso, si vuole evitare completamente che l'operatore abbia un accesso diretto al database, ma per rendere il tutto più veloce e facile si è pensato di predisporre un'interfaccia che sia coerente con l'obiettivo prefissato.

La funzionalità che si è appena descritta è pensata per aggiungere un significativo valore aggiunto rispetto al modello di lavoro attuale, garantendo allo stesso tempo facilità all'uso e stabilità. In questo senso, l'idea è strettamente legata ad un concetto di strutturazione della procedura che riguarda le modalità del piano di azione per la riduzione della difettosità. L'idea che si vuole realizzare risulta legata a un'altra caratteristica di miglioramento individuata in fase di studio, ovvero la strutturazione ad alto impatto visivo nella visualizzazione dell'informazione immagazzinata.

4.4.4 Organizzazione per priorità

Le informazioni una volta registrate e immagazzinate all'interno del database dovranno essere visualizzate in modo efficace dagli istruttori di qualità. L'attività di inserimento dei dati attraverso un sistema non può essere sufficiente per garantire risultati ottimali, in quanto la visualizzazione rappresenta una parte altrettanto importante e capace di trasformare l'informazione in uno strumento importante. L'integrazione tra la quantità di informazioni a disposizione e uno schema ordinato per la visualizzazione rappresenta un vantaggio chiave per il sistema che si vuole implementare. L'obiettivo che si intende raggiungere in questa parte è rappresentato dalla individuazione di un sistema efficace

di organizzazione e visualizzazione delle informazioni raccolte, ponendo il focus sull'aspetto delle priorità d'intervento. Quest'ultime risultano fondamentali per la definizione di un piano di azione; le azioni devono essere organizzate in modo tale che sia data la precedenza a quelle più critiche. Il risultato che è possibile raggiungere dipende dalla quantità di informazioni che si hanno a disposizione e dalla loro facilità di lettura. Il seguente mix definisce uno strumento utile per il riconoscimento delle attività che identificano delle priorità nel processo di controllo della qualità.

L'attuale sistema di gestione delle attività svolte, durante i turni lavorativi, come già descritto in precedenza, prevede la compilazione di una e-mail ad ogni fine turno con le informazioni relative agli interventi svolti. Questa ha lo scopo di mantenere un livello di flusso dei dati costante, garantendo la massima conoscenza su cosa si è agito e cosa è cambiato, verso le altre funzioni aziendali e verso il team stesso. La criticità di questa procedura risiede, oltre nel livello di completezza delle informazioni, anche nella difficoltà di lettura e interpretazione. Le difficoltà interpretative della mail potrebbero inficiare i risultati finali, a causa della mancanza di informazioni o dell'assenza di uno schema strutturato di individuazione delle criticità. Le caratteristiche della mail, sicuramente, non sono allineate con quelle previste da un buon modello organizzato. Sulla base di questo disallineamento tra i risultati del vecchio sistema e gli obiettivi di organizzazione ottimale delle informazioni è nata l'idea di ridefinizione della struttura portante del report di fine turno e, quindi, più in generale, di introdurre un nuovo standard nella disposizione dei dati. I passi per la progettazione di un sistema efficace si articolano soprattutto in due fasi principali, che contraddistinguono due funzionalità differenti:

- Fornire informazioni qualitative sull'esito
- Strutturazione logica informazioni

Gli effetti degli interventi svolti, dagli istruttori, generando un impatto che porta a una possibile modifica delle condizioni correnti, devono essere misurati. Più precisamente è necessario identificare per ogni azione svolta un valore che rappresenta la valutazione dell'effetto che si verifica a seguito di un certo intervento. Le scale di misurazione di questo tipo d'impatto sono differenti, ad esempio la percentuale aumento della difettosità, la crescita o la riduzione dei valori medi e della deviazione standard dei parametri di forza, i relativi percentili, ecc. La differenza, però, tra le diverse tipologie di cause di difetto, unita alle difficoltà di ottenere nell'immediato, con un livello di dettaglio e precisione sufficiente, le informazioni appena elencate, rende questa parte difficile da prevedere nel sistema. I valori relativi alle percentuali di non conformità o alle medie dei parametri di

uniformità si ottengono, molto spesso a seguito di analisi, che quasi sempre richiedono più tempo rispetto a quello necessario per la decisione legata a un ulteriore intervento successivo. La premessa di creare un sistema che sia standard e universale, che restituisca informazioni efficaci, implica l'esistenza di un sistema di misurazione dell'impatto delle azioni sul processo di controllo. Per questo motivo si è pensato di implementare una struttura di valutazione dal punto di vista qualitativo dell'effetto di ogni intervento sul flusso produttivo. In questo modo è possibile evidenziare delle informazioni importanti e immediate su tipo di risultato che si è ottenuto a seguito di azione. Una funzionalità di questa natura porta con sé differenti vantaggi. Da una parte si ha la possibilità di stabilire di fronte ad ogni tipologia di difetto se l'azione compiuta fornisce influenze positive o negative, favorendo il principio dell'applicabilità universale. Dall'altra si ha il vantaggio di evidenziare in maniera chiara e tempestiva una indicazione qualitativa dell'impatto in ambito del controllo di qualità. Il risultato è di avere sempre un'indicazione importante sull'efficacia dell'attività svolta e in ottica futura anche di stabilire quali attività hanno risultati migliori rispetto ad una tipologia di difetto.

La struttura finale di lettura, quindi, rappresenta un fattore chiave nella decisione progettuale di come costruire un sistema basato su una logica volta alla tempestività degli interventi. Il modo migliore per comunicare a tutto il reparto, ma principalmente all'istruttore che entrerà nel turno successivo, le attività su cui porre la propria attenzione è strutturare le informazioni in secondo un importante impatto visivo. La scrittura attuale dei dati nella mail non garantisce nessuna organizzazione sulla base del livello di priorità d'intervento. Le informazioni dovranno essere suddivise sulla base di parametri che forniscano fin da subito a chi legge un piano di intervento legato alle priorità che interessano il controllo qualità. Le due caratteristiche, da implementare nel nuovo sistema, rappresentano in realtà differenti punti di collegamento tra loro. In realtà la prima funzionalità permette di avere una struttura logica più efficiente nell'organizzazione dei dati prevista dalla seconda parte. Il filo che unisce i due elementi, pensati per il nuovo sistema, si può sintetizzare e collegare al concetto di prioritizzazione degli interventi da svolgere. Il metodo con il quale si vuole dare elevata visibilità agli elementi di massima importanza e urgenza è strettamente legato all'introduzione delle tipologie di intervento descritte precedentemente. Infatti, l'organizzazione delle attività sarà frutto di una suddivisione tra attività "in corso" e interventi già chiusi. Le prime, essendo azioni che devono essere ancora terminate dovranno avere massima visibilità perché, con il passare del tempo, attività ancora non ancora portate a termine generano mancate risposte a problematiche in atto. Allo stesso tempo diventa necessario monitorare, però, tutti quegli

interventi che, in realtà, risultano essere portati a termine, ma che evidenziano delle valutazioni negative. L'insieme di queste informazioni organizzate secondo una evidente logica di definizione delle priorità porta quindi alla strutturazione di uno schema universale per la presentazione dei dati, relativi agli interventi. La modifica della struttura del report attuale è pensata proprio secondo l'obiettivo principale di introduzione una attenzione maggiore verso le cause principali di difettosità e in ottica di riduzione dei tempi di individuazione delle attività critiche. Si vuole raggiungere maggiore efficienza attraverso una visualizzazione di forte impatto per la riduzione degli errori di valutazione e in termini ottimizzazione dei tempi. Questo è possibile grazie ad una compilazione automatica del sistema di un report (Figura 4.3) con le caratteristiche descritte fino a ora.



QualityNext - Report fine turno

Data: 22/02/2018 Turno: 2

Interventi "In corso":

Specifiche	Ultimo	Intervento	Area	Stato	Esito	Macchina	Linea	Note in
P427.7AH/023	all	Sostituire camera	VU	In corso		N15L		Sostituire camera a new
S472.8AH/001	all	Eseguire MA7Foglio T1 pastro	VU	In corso		N08R		Camera già montata
P218.7PH/031	15011 Bolla al telefono	Verificare allineato dopo riparazione	VU	In corso		N12L		Primo pastro OK, continuare a monitorare
P428.8-G/023	GM/11 Guasto Macchine	Richiedere manutenzione	VU	In corso		N15L		Richiesto intervento straordinaria per target PDC

Interventi con stato "Chiuso" con esito negativo:

Specifiche	Ultimo	Intervento	Area	Stato	Esito	Macchina	Linea	Note in	Note fin
P240.8HA/024	PP/800 T1HR	Montare TU	TU	Chiuso	Negativo	N08R		Valori ancora negativi dopo smontaggio e lubrificatore	
P212.8HN/024	PP/800 LFV	Montare TU	TU	Chiuso	Negativo	N08R		Deriva di LFV, scarto del 7%	

Altri interventi con stato "Chiuso" nel turno:

Specifiche	Ultimo	Intervento	Area	Stato	Esito	Macchina	Linea	Note in	Note fin
P428.8AC/023	all	Eseguire pesata	SL	Chiuso		TH10B	L1	Richiesta 21.70.5, riscontrato 21.83	
all	all	Eseguire rendimento	SL	Chiuso		TH10D	L2	BRG Nuovo: 91.65% Vecchio: 91.19%	
all	all	Eseguire rendimento	SL	Chiuso		TH10A	L2	BRG Nuovo: 87.41% Vecchio: 86.50%	
P437.7AH/033	PP/1030 Cassida	Allineo forature	SL	Chiuso		TH10B	L1		
P408.8EC/008	PP/800 LFV	Richiedere uscita intesa	SL	Chiuso		all	all		
S472.8AH/001	all	Sostituire camera	VU	Chiuso		N08R			
P240.8HL/022	110011 Bolla Spenzato - Gomma	Eseguire sostituzione cartolina	VU	Chiuso		N14L		Primo pastro dopo intervento OK	
P282.8-L/024	PP/700 HPV	Eseguire lubrificazione	VU	Chiuso		N13R		Sbloccati 7 pezzi, in attesa di scatto	
P282.8-L/024	PP/700 HPV	Eseguire smontaggio	VU	Chiuso		N13R		Sbloccati 7 pezzi, in attesa di scatto	

Figura 4.3 - Nuova struttura per l'organizzazione delle informazioni

4.4.5 Il database

L'implementazione di un sistema che preveda le funzionalità, previste in ottica di progettazione, è legata alle garanzie di immagazzinamento di una certa quantità di

informazioni legate ai controlli di qualità. La struttura logica sulla quale si fonda il sistema segue precisamente quella relativa alla necessità di creare un collegamento tra i principali elementi utilizzati: le specifiche di produzione, il difetto, l'intervento e la data di effettuazione. In questo modo è possibile progettare un sistema che presenti queste caratteristiche attraverso un database. Quest'ultimo rappresenta un'entità nella quale è possibile immagazzinare dei dati in modo strutturato e con un certo grado di univocità. I dati contenuti in una tabella, facente parte di un database, possono essere inseriti, aggiornati e cancellati in qualsiasi momento, con il grande vantaggio di essere sempre accessibili facilmente ed efficacemente. Oltretutto, è possibile relazionare i dati contenuti in tabelle differenti modo tale da avere un sistema snello, ma all'occorrenza fornire tutte le informazioni generali di cui si ha bisogno. La flessibilità quindi che dimostra il database lo rende lo strumento migliore nell'implementazione del sistema, oggetto di questo elaborato.

Le scelte di natura progettuale hanno portato alla realizzazione di una base di dati che raccogliesse e gestisse tutte le informazioni relative agli interventi da registrare. L'elemento a cui ruoterà tutto il sistema è rappresentato proprio dalla registrazione degli eventi, ovvero le "difettosità", e le relative azioni che verranno svolte per limitare la loro incidenza. La memorizzazione dei dati secondo la logica già introdotta (specifica - difetto - azione - data) sarà il fulcro attorno al quale ruoterà la parte di progettazione del database. A partire dalle funzionalità che verranno introdotte nel nostro sistema si è definito lo schema di partenza attorno al quale tutte queste proprietà possano essere implementate. La progettazione di un qualsiasi database passa attraverso diverse fasi che dall'idea astratta iniziale portano alla realizzazione fisica di quest'ultimo. In questo senso occorre innanzitutto definire il modello concettuale alla base della realizzazione della base di dati. Un modello concettuale di dati identifica uno strumento per la rappresentazione dal punto di vista concettuale dei dati ad un alto livello di astrazione, caratterizzato dalla presenza di alcuni particolari tipi di costrutti. Per la realizzazione di uno schema astratto che definisse le linee generali del nostro sistema si è costruito un modello E-R, ovvero entity-relationship (Figura 4.4). La sua rappresentazione si basa su elementi di base definiti come: entità, attributi e relazioni logiche; le quali sono state individuate e rappresentate nel modello in figura.

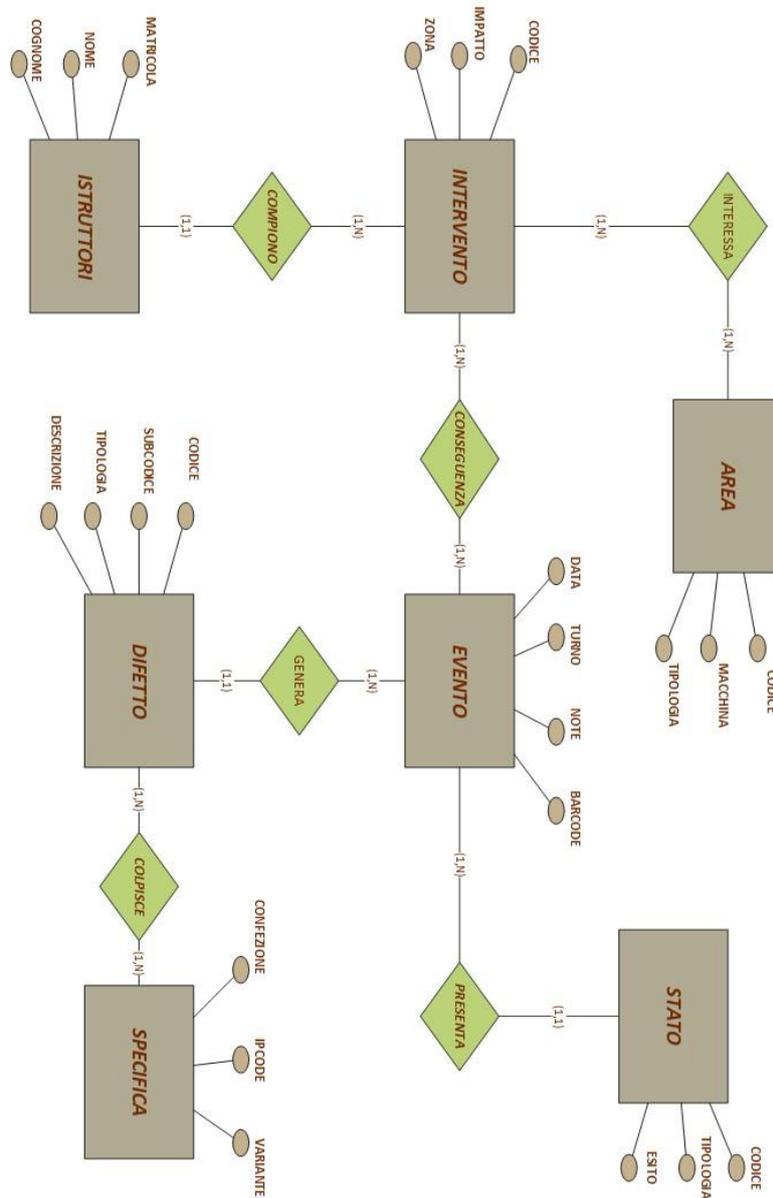


Figura 1.4 - Modello Entity-Relationship del sistema

Questo modello identifica quelle che sono le componenti astratte sulle quali viene costruito il modello fisico, rappresentante il database, vero e proprio. Le entità quindi riprendono la logica descritta in precedenza; sarà possibile associare un difetto, che potrà coinvolgere differenti specifiche, ad uno o più particolari interventi a disposizione. Le relazioni identificano invece i legami che intercorrono tra le diverse entità, esprimendo in maniera chiara il collegamento che unisce le due entità. Le associazioni presenti sulle relazioni identificano invece le molteplicità, cioè ad esempio un evento può essere associato ad un solo difetto, mentre un difetto può essere associato a più eventi. Infine,

per ogni entità vengono individuati gli attributi che definiscono le proprietà che caratterizzeranno i costrutti (Naiburg, Eric J., and Robert A. Maksimchuck). La fase successiva è invece rappresentata dalla definizione del modello fisico che costituisce il database (Figura 4.5), ovvero l'insieme di tabelle e relazioni tra le varie componenti del sistema. Successivamente verranno definiti gli attributi che rappresenteranno i valori contenuti nel database e le relazioni che hanno lo scopo di collegare le informazioni contenute nelle differenti tabelle. La differenza tra il modello E-R e quello fisico è espressa dal grado di dettaglio delle informazioni contenute; il primo delinea le relazioni di alto livello il secondo i legami fisici veri e propri tra tabelle.

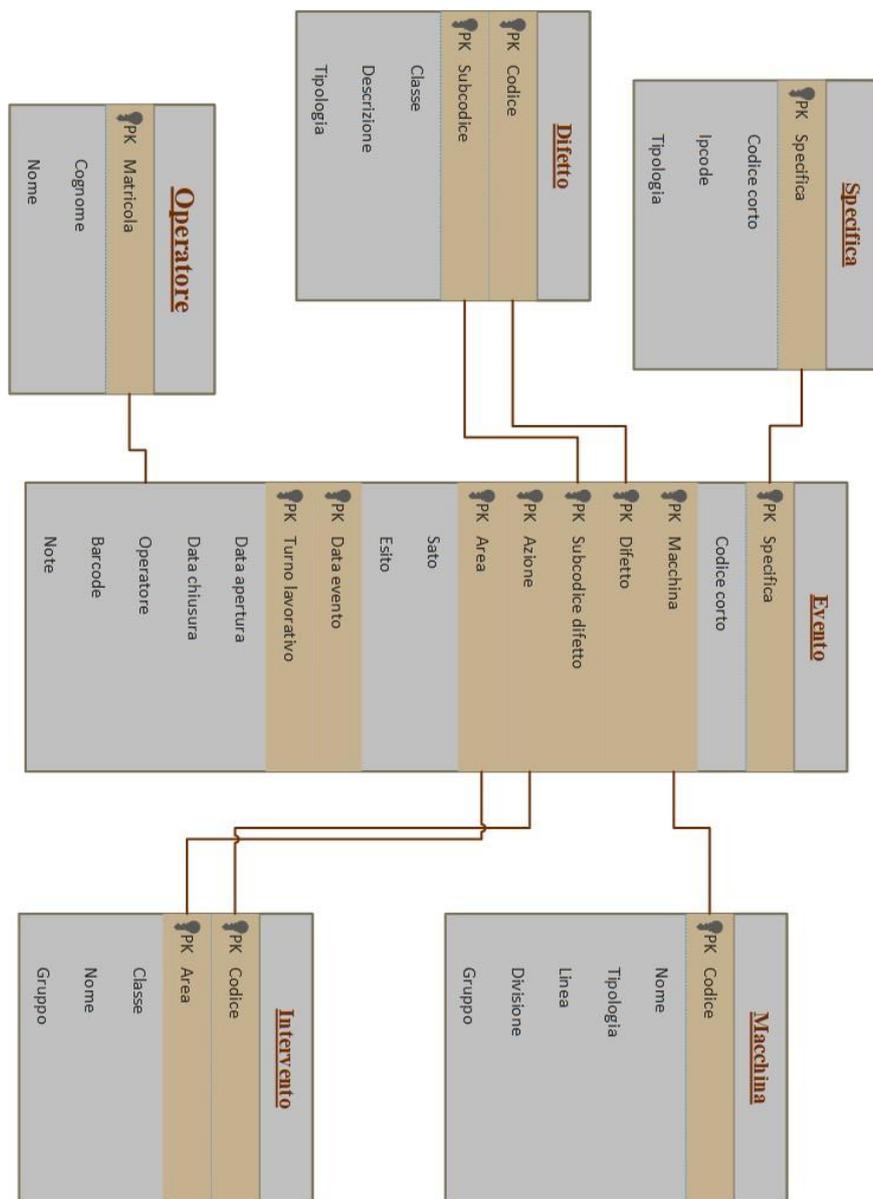


Figura 4.5 -. Modello fisico del database

Il seguente modello ci fornisce una idea più complessa rispetto alla logica con cui è stato progettato il database, delineando quali sono le tabelle previste nell'immagazzinare le informazioni raccolte:

- Evento
- Intervento
- Macchina
- Specifica
- Difetto
- Operatore

La tabella "Macchine" raccoglie tutti i dati relativi alle macchine che rientrano nel lavoro svolto dagli operatori di qualità, all'interno del reparto NextMirs ma anche in altre aree dell'azienda Pirelli. Queste sono state suddivise, oltre che in base al reparto alle quali esse appartengono, rispetto alle "sub-aree" individuate in confezione. L'introduzione di un campo "codice" risulta necessario per la definizione di una chiave primaria della tabella, ma anche successivamente per creare l'associazione con quella contenete gli eventi. La tabella "Difetto" comprende tutte le informazioni relative ai difetti, ripresi direttamente dal manuale della qualità dell'azienda. Oltre alla lista della difettosità, si sono riportate le informazioni comprendenti la codifica già utilizzata in tutti i sistemi e la descrizione del difetto. Inoltre, è stato previsto un campo che catalogasse i difetti in base alla loro tipologia: visivo, uniformità, raggi X e shearografia. La tabella "Operatore" racchiude tutti i dati relativi agli istruttori di qualità e dei team leader, con i codici identificativi per creare il collegamento con gli eventi. La tabella "Specifica" contiene i dati relativi ai diversi modelli di pneumatici prodotti, riportando la codifica utilizzata all'interno dell'azienda; per questo molti dati di questa tabella sono stati importati da altri sistemi in maniera tale da creare il massimo livello di integrazione. La tabella "Intervento" comprende tutte le azioni in ambito qualità che sono state sottoposte al processo di standardizzazione iniziale. Per queste infatti è stato previsto un codice identificativo che dipende però dalle macro area nelle quali vengono svolte, ma anche descrizione e reparto. In questa parte si è introdotta una suddivisione binaria che permette di classificare tra attività che sono importanti e devono essere svolte tempestivamente, da quelle che hanno bassi livelli rispetto a queste due proprietà. Questa informazione diventa fondamentale in fase di analisi quando si vuole individuare effetti di particolari interventi che sono stati compiuti in situazioni di criticità.

La tabella “Evento” è la tabella principale che comprende tutte le informazioni relative a ciò che avviene nel controllo di qualità, nel reparto NextMirs. L’insieme degli eventi definiti con la logica specifica-difetto-azione-data vengono memorizzati in questo spazio, dal quale partono tutte le relazioni che collegano le rispettive tabelle, costituenti il database. Gli altri dati importanti contenuti rappresentano le macchine, sulle quali possono essere effettuati interventi, il turno di lavoro, lo stato, ovvero se “in corso” o “chiuso”, e l’esito qualitativo, “positivo” o “negativo”. Altre informazioni supplementari possono essere inserite, come i barcode da monitorare o il campo note per aggiungere altre indicazioni utili.

4.5 Implementazione del sistema

La definizione dei requisiti delle funzionalità porta all’identificazione delle soluzioni progettuali che definiscono le modalità attraverso le quali rispondere alle esigenze dell’utente. Questa parte però non è sufficiente per garantire la realizzazione di un sistema, in quanto tali soluzioni non permettono ancora il suo utilizzo. La fase di implementazione, quindi, ha l’obiettivo di dare delle risposte tecniche alle proposte progettuali che sono state scelte. La criticità di questa parte è rappresentata proprio dalla probabilità che si riscontri l’impossibilità di implementare ciò che è stato definito secondo la progettazione. In questa fase si è proceduto attraverso la costruzione di un’interfaccia grafica intuitiva e “smart” che favorisse l’inserimento dei dati e la loro gestione. Questa è fondamentale perché definisce il punto di contatto tra l’operatore e il sistema, ovvero rappresenta il front-end, attraverso cui l’operatore interagisce. L’obiettivo in questa parte è individuare quali strumenti e soluzioni sono efficaci per costruire un mezzo attraverso il quale le risorse possano interfacciarsi con il sistema. La diversità dei linguaggi di programmazione è un aspetto da non sottovalutare nella scelta, in quanto l’utilizzo di un linguaggio poco flessibile e funzionale può rendere questa parte non produttiva. Nell’ambito della decisione dei linguaggi di programmazione necessari per l’implementazione è fondamentale tenere in considerazione i seguenti fattori:

- Generalità
- Affidabilità
- Modularità
- Robustezza

Il primo fattore riguarda il grado con cui il linguaggio può essere utilizzato in diversi campi di applicazione, rendendolo molto flessibile. La presenza degli errori sulle tipologie di dati o l'intercettazione degli errori in esecuzione, con azioni correttive realizzate opportunamente, definisce l'affidabilità di un linguaggio di programmazione. La capacità del linguaggio di favorire suddivisione di un programma in parti di codice quanto più indipendenti l'uno d'altro, facilitando la creazione e la manutenzione del programma, determina il concetto di modularità. Per robustezza invece si intende la capacità del linguaggio (a volte a costo di una minore flessibilità e potenza) di impedire al programmatore, per quanto possibile, di inserire dei bug all'interno del codice. Per l'implementazione di questa parte del sistema sono stati scelti due linguaggi di programmazione che avessero le caratteristiche appena descritte, come Python e SQL.

4.5.1 Python

Python è un linguaggio di programmazione dinamico orientato agli oggetti utilizzabile per molti tipi di sviluppo software. Uno dei suoi principali vantaggi è rappresentato da un forte supporto all'integrazione con altri linguaggi e programmi. La presenza di un insieme molto ampio di librerie standard è uno dei suoi punti di forza, in quanto il suo largo utilizzo favorisce lo sharing di ogni tipo di novità. Python è un linguaggio multi-paradigma, che ha tra i principali obiettivi dinamicità, semplicità e flessibilità. È in grado di supportare il paradigma object oriented, la programmazione strutturata e molte caratteristiche di programmazione funzionale (Lutz & Mark, 2013). Nel mio studio, in particolare in questa fase, il linguaggio è stato utilizzato per la realizzazione dell'interfaccia grafica per l'inserimento dati nel database. L'implementazione è stata resa possibile dall'utilizzo di una libreria molto importante, ovvero wxPython. Si tratta di un GUI framework: un set organizzato di strumenti per scrivere l'interfaccia grafica per qualsiasi tipo di applicazioni. La sua ampia gamma di costrutti e widget permette di realizzare interfacce interattive e dinamiche, attraverso classici elementi di visualizzazione, come listbox, checkbox, ecc.

Nel corso dell'implementazione dell'interfaccia sono stati utilizzate altre librerie molto conosciute, come sqlalchemy, pandas, e utili nel campo della gestione dei dati provenienti da differenti database aziendali. La prima libreria è stata necessaria per effettuare dei collegamenti al database per estrarre i dati necessari per l'elaborazione dell'interfaccia. L'ulteriore funzionalità è data anche dalla possibilità di inserimento e modifica delle informazioni all'interno del database. La seconda è fondamentale perché permette di

trattare dati, attraverso estrazioni dalle basi di dati, sotto forma di tabelle, fornendo delle funzionalità molto importanti di query, group by e altre operazioni tipiche di tabelle pivot. L'importanza di questa libreria è spiegata dalla continua necessità di lavorare con dati provenienti da database e gestirli in maniera efficace. Un altro costrutto utilizzato ampiamente durante la fase di implementazione è rappresentato dal dizionario, con una struttura del tipo {"chiave": "valore"} molto flessibile nella gestione di ogni tipologia di dati. Questo costrutto permette poi l'utilizzo dei dati anche da altri linguaggi di programmazione, infatti attraverso l'uso di un file JSON (JavaScript Object Notation) si riesce a far comunicare differenti linguaggi, generando grandi vantaggi di flessibilità. In generale il formato JSON risulta adatto all'interscambio di dati fra applicazioni client-server. L'utilizzo anche di linguaggi di programmazione come HTML e JavaScript; questi sono stati utilizzati per la realizzazione del report finale e per la parte grafica di analisi, che verrà affrontata nel prossimo capitolo.

4.5.2 SQL

Il linguaggio SQL, Structured Query Language, rappresenta un codice standardizzato di natura non procedurale, per DBMS relazionali, e dichiarativo, ovvero non specifica la sequenza di operazioni da compiere. Il linguaggio ha la caratteristica di essere molto semplice, in quanto il suo principale obiettivo è fornire un modo facile ed efficiente per leggere e scrivere dati da e in un database (Atzeni, Paolo, et al., 2009). È costituito da 4 differenti sotto-linguaggi:

- creare e modificare schemi di database (DDL - Data Definition Language)
- inserire, modificare e gestire dati memorizzati (DML - Data Manipulation Language)
- interrogare i dati memorizzati (DQL - Data Query Language)
- creare e gestire strumenti di controllo ed accesso ai dati (DCL - Data Control Language)

Queste caratteristiche offerte da SQL sono state tutte ampiamente utilizzate durante il mio lavoro di tesi per la realizzazione della base di dati utile a raccogliere i dati inseriti. Inizialmente per la definizione delle tabelle che costituiscono il database sono stati utilizzati i costrutti CREATE TABLE, ALTER TABLE, PRIMARY/FOREIGN KEY, ecc; questi hanno il compito di creare la struttura di base del sistema. Si è utilizzato successivamente il DML, per l'inserimento, modifica e la gestione delle informazioni, attraverso INSERT INTO, UPDATE o DELETE. L'estrazione dei dati dal database si

evidenzia come la parte principale durante la realizzazione, questa comporta l'interrogazione del database per avere le informazioni che rispettano certi parametri ricercati. Il Data Query Language, attraverso il costrutto SELECT, permette quindi la selezione di dati dal database per essere visualizzati, manipolati e analizzati grazie all'utilizzo di Python. Uno dei vantaggi di SQL è rappresentato dalla sua semplicità di utilizzo, le espressioni sono costituite da poche parole esplicative dell'azione che compiono. Nonostante la sua facilità il linguaggio risulta molto potente e mediante un utilizzo intelligente dei suoi costrutti è possibile fare operazioni molto complesse e sofisticate sui database.

4.5.3 Graphical User Interface (GUI)

L'implementazione del sistema progettato è costituita da due parti principali, che insieme generano la complementarietà richiesta per il funzionamento efficiente del modello di inserimento dei dati. Questa funzione, in un database, ha un ruolo chiave nella realizzazione del sistema, pertanto è necessario introdurre gli strumenti che rendano questo compito il più semplice, veloce e proficuo possibile. L'istruttore che si trova, durante il suo turno di lavoro, a dover inserire parametri in un database deve essere supportato attraverso mezzi che rendano questo lavoro elementare, evitando qualsiasi fonte che possa ridurre la sua produttività. La difficoltà risiede principalmente nel raggiungimento di un'efficienza di utilizzo da parte del soggetto utilizzatore. In questo senso la realizzazione di un'interfaccia grafica ha proprio l'obiettivo di facilitare il lavoro delle risorse, eliminando qualsiasi fonte di errore che possa essere introdotta durante la fase di registrazione. È evidente che questo è reso possibile soltanto se uno strumento di interfacciamento utente-sistema sia realizzato seguendo questi principali fattori:

- Interattività
- Facilità di utilizzo
- Smart
- Intuitivo

Queste quattro caratteristiche rappresentano, quindi, le principali prerogative seguite durante la fase di implementazione di una Graphical User Interface. Sulla base di queste poi sono state costruite delle soluzioni, che facessero uso dei linguaggi di programmazione scelti e che esprimessero al meglio l'efficienza operativa delle risorse. La caratteristica principale è quella di realizzare un ambiente smart, creando un sistema

intelligente che riesca ad unire la flessibilità alla completezza, passando attraverso un assetto “minimal” che lo renda di facile utilizzo.

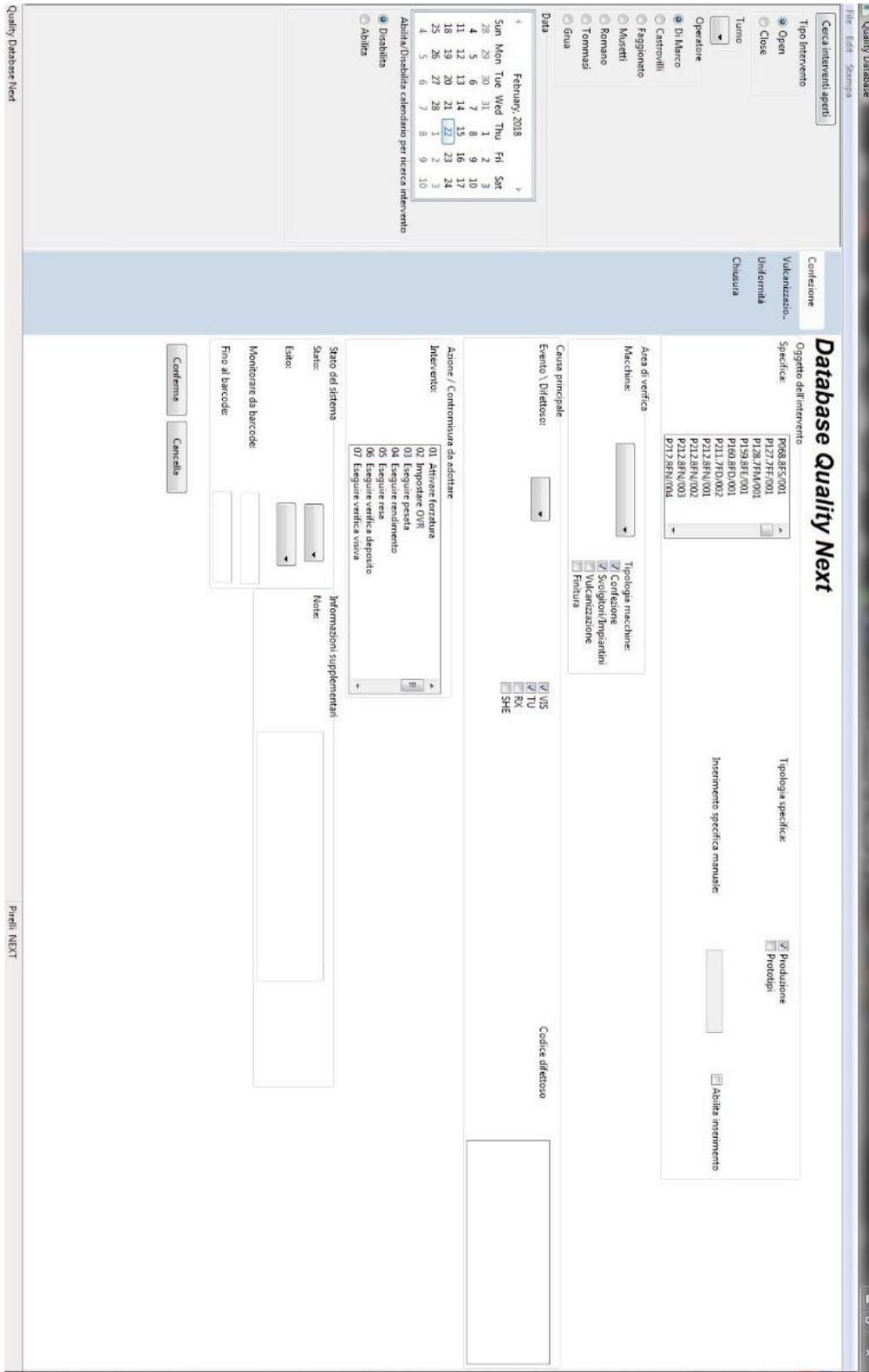


Figura 4. 2 - Interfaccia grafica del sistema implementato

L'intuitività e l'interattività della maschera (Figura 4.2) di inserimento sono state le principali caratteristiche che hanno guidato l'implementazione dell'interfaccia grafica. La possibilità di ridurre gli inserimenti degli operatori, con risparmio di tempo e riduzione degli errori, si inserisce all'interno del contesto di realizzazione di un'interfaccia smart. Grazie agli strumenti offerti da Python si è proceduto intensificando l'automaticità delle operazioni e creando collegamenti logici tra widget che fossero tra loro relazionati. Si è pensato di introdurre auto selezioni, liste modificabili e auto compilazioni con attraverso letture del database ad hoc e l'uso dell'elemento "event" in Python. Questa opportunità, messa a disposizione, permette la realizzazione di azioni automatiche che si attivano grazie ad un "trigger". La causa scatenante, ad esempio una selezione o una conferma attraverso un pulsante, innesca un effetto rappresentato dall'attuazione di una particolare operazione. La scelta è stata dettata, in alcuni casi, per l'eliminazione della variabilità che genera conflitti ed errori, in altri per raggiungere una facilità d'uso, cuore del sistema che si vuole realizzare, creando connessioni logiche automatiche. Nel contesto in cui il sistema viene utilizzato questa soluzione si è pensato fosse utile per la condizione di lavoro, già frenetica, dell'ambiente in cui questa verrà utilizzata. Le funzioni principali, di questa tipologia, inserite nel software sono:

- Collegamento automatico classe-codice difetto
- Aggiornamento delle liste in funzione delle selezioni
- Auto-compilazione della maschera dopo la selezione
- Ricerca nel database per parametri
- Messaggi di controllo o di errore con indicazioni

Il primo tipo di funzionalità permette di aggiornare la lista dei difetti sulla base della scelta della classe che li identifica, ad esempio scegliendo dalla combo box la classe "GM", si compilerà automaticamente la lista dei difetti associati alla classe selezionata. In questo modo si avrà un vantaggio dovuto alla discriminazione tra una lista di valori di dimensioni molto ridotte rispetto a una composta da circa duecento difetti. L'aggiornamento delle liste di selezione porta, in linea di massima, allo stesso risultato, anche se cambia l'approccio con il quale si è realizzato. In questo caso la scelta di radio-button o checkbox aggiorna le liste nella pagina; ad esempio per le specifiche è possibile scegliere di visualizzare solo quelle di produzione o i prototipi o entrambe, "flaggando" solo la checkbox interessata. Lo stesso vale per la suddivisione degli interventi in base all'area di lavoro nella quale si vuole intervenire. Infatti, attraverso la scelta di quest'ultima (es.

Confezione) verranno visualizzati esclusivamente gli interventi attraverso la selezione delle pagine di un notebook. Allo stesso tempo sono state introdotte delle auto-compilazioni della maschera, funzionali soprattutto per ridurre errori nella chiusura di un intervento. Infatti, nel momento in cui ci si presta a terminare un intervento, è possibile cercare tra le attività con stato “open”. A questo punto verrà visualizzata una schermata, sulla base dei parametri di ricerca selezionati, con le attività che risultano ancora in corso. L’operatore selezionando il record associato all’intervento da chiudere vedrà la maschera compilarsi automaticamente con i dati riferiti all’operazione già aperta. Questa schermata permette comunque di aggiungere informazioni supplementari per la registrazione finale. Nel caso in cui non si fosse predisposta un’auto-compilazione sarebbe emerso il rischio del verificarsi di errori, i quali sarebbero cresciuti esponenzialmente, con relativi tempi morti. La criticità risiede nella ricerca del record del database da modificare, per trasformarlo in un intervento con stato “close”; anche solo un parametro non corretto inserito genererebbe messaggi di errore del database. In questa logica, la ricerca all’interno del database, attraverso parametri (giorno, turno lavorativo, specifica, ecc.) rende più efficiente la gestione di migliaia di informazioni. Inoltre, un altro vantaggio fondamentale risiede nella ricerca degli interventi quando in un’analisi è opportuno sapere le azioni intraprese nei confronti di una difettosità. Per gestire tutti i possibili errori e per indirizzare l’utente verso l’individuazione veloce della sua causa si è previsto dei controlli sull’inserimento. L’obiettivo è quello di garantire dei messaggi intuitivi che forniscano suggerimenti e correzioni per far comprendere all’utente fin da subito la motivazione.

L’implementazione dell’intero sistema descritto nell’elaborato si è basata sullo sviluppo di un elevato grado di integrabilità con tutti i sistemi aziendali, in particolare QlikView®, il software per analisi statistiche. La possibilità di visualizzare i dati inseriti nel database all’interno del software di analisi garantisce ricerche veloci ed efficienti delle informazioni desiderate. Inoltre, l’unione dei dati, relativi agli interventi, con quelli relativi alla difettosità crea la possibilità di associare cambiamenti nell’andamento temporale delle non conformità con gli interventi svolti. Il software inoltre può essere utilizzato per generare statistiche sulle tipologie di interventi svolti a fronte di determinati difetti.

La coerenza tra obiettivi del sistema e funzionalità dello strumento si è pensato possa fornire il valore aggiunto richiesto al nuovo sistema. Il risultato è uno strumento con le funzionalità progettate in base alle esigenze dell’utente. L’aspetto che sancisce l’utilità e l’efficienza del sistema è l’ultima fase, nella quale gli utenti testano le funzionalità del

modello. La fase finale del mio lavoro, infatti, è stata quella di correzione di eventuali bug e piccoli miglioramenti sulla base di errori commessi in fase di implementazione, o piccoli aggiustamenti di livello più alto. Infatti, la fase di test ha l'obiettivo di predisporre l'uso del sistema agli utenti che dovranno poi utilizzarlo in maniera continuativa.

Capitolo 5

Implementazione di un sistema di controllo in tempo reale

Nel capitolo precedente è stata data una panoramica completa sulle modalità di realizzazione della base del sistema su cui si è costruito l'elaborato durante il mio periodo di studio in Pirelli. Le basi su cui un sistema si fonda sono state ampiamente descritte, focalizzando l'attenzione sulle funzionalità e le caratteristiche richieste. Le informazioni, oltre ad essere immagazzinate nei sistemi informativi seguendo le dovute accortezze, devono essere organizzate in maniera tale da tradurle in un risultato, utile dal punto di vista del loro significato. Questa operazione, molto spesso, viene sottovalutata in molti ambiti con conseguenze di inefficienze di vario tipo nella realizzazione di analisi di rilievo. La presenza di informazioni relative al processo produttivo è fondamentale in fase di controllo qualitativo, in quanto danno valore alla fase di monitoraggio, utile per ricevere feedback in ottica di miglioramento. Il grado di utilizzabilità dei valori provenienti da un impianto produttivo influisce in maniera determinante nella scelta degli strumenti e dei metodi con i quali interagire. In questo senso è importante definire uno schema di base che porti ad avere una coerenza dal punto di vista numerico. L'organizzazione deve essere strutturata in maniera tale che l'utente finale deve avere perfetto controllo delle variabili di processo e i principali KPI, sui quali è chiamato ad agire.

In questa parte del mio lavoro si è analizzato quali dati siano realmente utili per avere un'idea ben chiara, in poco tempo, sulle azioni da intraprendere e sulle principali criticità. La necessità di riduzione dei tempi necessari nella valutazione delle informazioni per agire in maniera tempestiva e più efficace coincide con la presenza di strumenti statistici costruiti appositamente. La parte su cui è stata posta l'attenzione è rappresentata dall'importanza di avere sempre dati aggiornati e in ogni momento fruibili, non caricando eccessivamente l'onere sulle risorse. L'esigenza di avere sempre informazioni in costante monitoraggio, infatti, richiederebbe un maggior tempo investito dall'operatore in questa attività, riducendo invece la sua presenza su azioni altrettanto importanti. L'attività di analisi, allo stato dell'arte, richiede un certo tempo dovuto dalla raccolta delle

informazioni dai sistemi in uso e nell'organizzazione di questi per avere ottenere stratificazioni o correlazioni rispetto alle variabili presenti nel processo. L'obiettivo è proprio di snellire questi due compiti all'operatore in maniera tale che non si abbiano impatti negativi, dovuti alla superficialità nello svolgimento di altre azioni. L'intensificazione della frequenza con la quale occorre estrarre dati relativi alla difettosità del processo è legata anche ad un altro fattore, ovvero l'importanza dell'evento "difettoso" nel tipo di processo che si sta monitorando. L'importanza che assume una deriva, rispetto ai valori standard, è utile per capire l'esigenza di strutturare un metodo efficiente di monitoraggio, con l'obiettivo di garantire un focus sui principali indicatori.

La presenza allo stato attuale delle due analisi, principale e secondaria, descritte nel secondo capitolo di questo elaborato permettono di ottenere risultati utili per individuare le cause delle difettosità del processo. In particolare, la prima è molto più strutturata della seconda, la quale invece viene svolta in maniera con minor grado di dettaglio dagli istruttori di qualità. L'importanza che assume un'organizzazione efficiente dei dati porta quindi all'attuazione di un piano di monitoraggio in linea con i ritmi di produzione con i quali le linee viaggiano. Alla luce di ciò, risulta opportuno ridurre coerentemente il gap che esiste tra la velocità con cui viaggia il processo e il ritmo con cui i dati provenienti dal sistema di controllo vengono monitorati. Il problema principale è rappresentato dal ritardo che si può creare nell'intervento per l'eliminazione delle cause di difetto. Allo stesso tempo si potrebbe verificare un cambiamento delle priorità sulle quali occorre agire e ciò potrebbe cambiare i piani di azione per dare maggiore risalto ai problemi più critici. L'obiettivo fondamentale che si vuole raggiungere è limitare questo "lag" temporale.

5.1 Criterio di estrazione dei dati

L'implementazione di un sistema per il monitoraggio del processo con il quale vengono identificati gli scarti della linea di produzione deve assicurare delle basi solide sulle quali costruire un modello che porti a risultati ottimi. I sistemi di controllo interno hanno bisogno di essere "monitorati", ovvero occorre definire una funzione diretta per valutare nel tempo la qualità delle loro performance. Prima di definire, però, le metodologie con le quali effettuare analisi critiche per evidenziare criticità, è evidente, in primo luogo, creare uno schema stabile sul quale basare tutta l'analisi. Il passo principale, infatti, rappresenta la scelta di una modalità di raccolta dei dati che possa dare una significatività statistica agli studi successivi. Le informazioni, relative al processo di controllo della

qualità, devono avere un significato dal punto di vista del campione rappresentativo del volume di prodotto finito, uscente dalle linee produttive. In questo senso è opportuno effettuare uno studio sull'output produttivo del processo per comprendere quale insieme dei dati può essere utile analizzare.

La decisione messa in atto per definire il numero dei pezzi necessari per basare uno studio strutturato, nel controllo qualità all'interno del reparto NextMirs, si è basata su delle assunzioni. Queste ipotesi sono state introdotte per stabilire un orizzonte temporale che può essere utile all'estrazione di un campione di dati sufficiente a compiere analisi significative. Le assunzioni principali sulla quale il nostro sistema si basa sono:

- Tempo ciclo macchine di produzione costante
- Linee produttive rappresentano il “collo di bottiglia” dell'intero processo

L'introduzione di queste ipotesi di base ha l'obiettivo di stabilire delle regole di base sulla quali costruire una modalità coerente di estrazione dei dati. Ovviamente, si è tenuto conto delle eventuali criticità del processo che possono avvenire durante il flusso produttivo e di controllo. In questa ottica infatti si è scelta una linea che prevedesse dei valori di base sottostimati per garantire comunque nel caso di eventuali variabilità del processo un'analisi significativa. Un aspetto fondamentale che porta al mantenimento della stessa velocità costante nella produzione del turno è rappresentato dal tempo ciclo delle macchine dell'area di confezione. L'ipotesi che abbiamo appena espresso è attuabile solo in condizioni ottimali, ovvero nella situazione in cui il processo risulta in controllo e la variabilità dei parametri fondamentali è trascurabile. Questo elemento si traduce in maniera più precisa in una condizione del sistema per cui il tempo ciclo di una copertura su ogni singola macchina non subisca variazioni. Più nel dettaglio si ipotizza che le deviazioni standard dei tempi di ciclo delle macchine di produzione siano trascurabili rispetto al tempo relativo dell'intera durata del turno lavorativo. In questo modo ci si aspetta che tendenzialmente le macchine lavorino tutte secondo i tempi standard garantendo così un volume di lavoro costante. L'ultima evidenza quale delle fasi del processo identifica il cosiddetto “collo di bottiglia”. Si ipotizza che nel nostro caso di studio che si possano creare delle situazioni di rallentamento del flusso produttivo proprio nelle linee di produzione. Questo significa che, nel caso in cui le linee di produzione non mantengono il loro ritmo costante, il processo di vulcanizzazione, che si trova a valle di questa fase, potrebbe fermarsi per attendere l'arrivo dei semilavorati da vulcanizzare.

Le 2 assunzioni, quindi, risultano legate tra loro e influenzate in maniera diretta, anche se risultano tutte importanti per la generazione di uno schema affidabile per la raccolta di

dati significativi. Ovviamente, queste ipotesi sono di natura teorica, per la definizione di uno schema di regole che sia utile a rendere il sistema più strutturato. In ogni caso i dati riportati nel prossimo paragrafo sono di natura esemplificativa per descrivere l'approccio utilizzato durante lo studio; questi non hanno nessuna corrispondenza con la realtà.

5.2 Definizione di uno schema di aggiornamento dei dati

L'insieme dei dati da analizzare deve possedere delle caratteristiche precise affinché con questo possa essere costruito un modello utile per effettuare delle considerazioni significative. A partire dalle condizioni chiave dello stato attuale del sistema, inserite all'interno del set di ipotesi semplificative definite, è necessario strutturare un modello per il monitoraggio dei dati provenienti dal controllo del processo. L'idea principale è quella di fornire uno strumento "cucito" sulle procedure attuali che migliori le capacità di valutazione sullo stato del controllo di qualità.

La criticità del processo, individuata come gap temporale tra processo produttivo e analisi dei dati, porta come azione principale l'aumento della frequenza con la quale è opportuno analizzare le informazioni. Considerando, quindi, due linee produttive, con le caratteristiche già descritte, che producono, all'interno di un turno lavorativo, mediamente 185 (valore al solo scopo esemplificativo, non reale) crudi, che dovranno essere vulcanizzati successivamente, è possibile effettuare delle valutazioni. L'analisi effettuata riguarda la scelta di un campione rappresentativo sul quale basare la procedura descritta finora. L'approccio utilizzato si è basato sulla scelta di una popolazione N (relativa ad un mese di produzione) e sulla definizione di una variabile aleatoria X , corrispondente al numero di pezzi prodotti in un turno lavorativo. A partire dalla popolazione si è proceduto ad una stima della media (1) e della varianza campionaria (2).

$$(1) \quad s = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}$$

$$(2) \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Una volta calcolato i due valori si è definito l'errore standard dell'intervallo di confidenza della media dell'intera popolazione. Per questa stima si è valutato, al variare della numerosità dei campioni (n), l'entità della loro ampiezza al fine di definire un intervallo

significativo per l'estrazione dei dati. Procedendo iterativamente alla determinazione degli intervalli, con n pari a 3, 4, 5, 6, si è valutato l'errore standard percentuale per definire un numero di turni idoneo per l'estrazione. Il livello di fiducia scelto è del 90%, in quanto rappresenta un giusto trade off tra il livello di precisione richiesto e l'ampiezza dell'intervallo della media dei pezzi per turno. La scelta del 95% avrebbe portato a intervalli più ampi associati ad un livello di rischio, pari al 5%, che in letteratura viene comunque considerato un margine molto stringente. La definizione dell'intervallo di confidenza per la media dei campioni (4) è ottenuta attraverso il calcolo dello "standard error" (3), con $t_{\alpha/2}$ il valore dato dalla distribuzione T di Student, di n-1, per il livello di confidenza scelto (Hogg, Robert V., and Allen T. Craig, 1995):

$$(3) \quad e = t_{\alpha/2} \times ES = t_{\alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$(4) \quad I_c = \left[\bar{x} - t_{\alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} ; \bar{x} + t_{\alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Dai valori ottenuti (Tabella 5.1) è possibile notare come l'ampiezza dell'intervallo, dato dal $2 \times ES$, diminuisca all'aumentare del numero di campioni da estrarre. Affinché questi fornissero un buon intervallo di confidenza si è fatto ricorso anche all'esperienza aziendale. È possibile eliminare l'ipotesi di un numero di campioni pari a 3, in quanto l'intervallo risulta alto, con un errore pari al 32%. Prendendo come riferimento il limite inferiore dell'intervallo, si ha che il numero dei pezzi che si ottiene con un campione di 5 turni è superiore rispetto a quello utilizzato come riferimento nelle "best practice" aziendali. Questo implica che nel 90% dei casi si avrà, con un campione pari a 5 turni lavorativi, un numero sufficiente di pezzi per effettuare un'analisi significativa dal punto di vista statistico. Un campione pari a 4 implica comunque una netta riduzione di dell'errore standard, ma l'intervallo di confidenza risulta essere ancora molto ampio, con il rischio di non raggiungere un campione significativo. Aumentando il campione, fino a 6, si ha, invece, una riduzione dell'intervallo di confidenza, ma comunque molto meno significativo rispetto al passaggio da 4 a 5. Il vantaggio di avere un campione maggiore di dati viene compensato dall'introduzione di elementi non più significativi. Infatti, sempre prendendo come riferimento l'esperienza aziendale, molti difetti vengono eliminati nel breve periodo; quindi scegliendo un orizzonte troppo lungo si rischia di avere un numero eccessivo di dati non più utili in uno studio.

Tabella 5. 1 - Intervalli di confidenza per la media dei pezzi prodotti nel turno lavorativo

<i>Confidence Interval</i>					
<i>Samples</i>	<i>Std. Error of mean</i>	<i>Error Std.</i>	<i>Error (%)</i>	<i>Lower Bound (unit)</i>	<i>Upper Bound (unit)</i>
3	20,2	58,9	32%	126,6	244,4
4	17,4	40,8	22%	144,7	226,4
5	15,4	32,9	18%	152,6	218,4
6	14,0	28,2	15%	157,3	213,7
<i>Mean (unit)</i>				185,5	
<i>Variance (unit)</i>				1247,6	
<i>1 - α</i>				0,90	

Questa scelta porterebbe, con i dati esemplificativi riportati in tabella, a definire un periodo di 5 turni lavorativi in modo tale da estrarre il numero di pezzi significativo. Il target individuato come parametro di riferimento nel nostro studio è utile per effettuare un'altra valutazione sulla frequenza di aggiornamento dei dati. La struttura delle attività di analisi è coerente per l'individuazione delle cause delle difettosità e il monitoraggio del processo. Tuttavia, l'aspetto della frequenza con la quale viene svolta non garantisce il controllo costante di cui si è parlato; risulta necessario quindi che questa attività sia svolta in maniera più frequente. Allo stesso modo però il tempo di organizzazione dei dati e la valutazione critica, di quest'ultimi, prevede una certa durata, che potrebbe essere dedicata ad altre azioni. Il trade-off nato da questa conflittualità di vincoli esistenti deve essere affrontato attraverso soluzioni intermedie, fissando una come funzione obiettivo, agendo nel rispetto del vincolo rappresentato dall'altra funzione. I nuovi strumenti dovrebbero garantire, oltre che un miglioramento della qualità di analisi, anche un aumento della frequenza con la quale è possibile svolgerle. Soprattutto l'elemento di maggior rilievo è dato dalla introduzione di un sistema che incrementi il monitoraggio del processo. L'implementazione della strategia descritta si basa su uno studio particolare per comprendere quale sia la frequenza opportuna con la quale effettuare un aggiornamento dei dati a disposizione. Le non conformità al livello di processo si presentano con frequenze più o meno differenti a seconda delle criticità che possono verificarsi nell'ambiente produttivo. È possibile comunque ipotizzare che il verificarsi di

determinate derive del processo siano da considerarsi casuali e indipendenti dal turno di lavoro. Questa affermazione ci porta a definire una strategia di riduzione degli intervalli di tempo che intercorrono tra un aggiornamento dei dati e il successivo. L'idea è quella di fissare un intervallo di tempo di aggiornamento dei dati che sia coerente sia dal punto di vista della significatività statistica sia da quello del mantenimento dei carichi lavorativi dell'operatore. L'aggiornamento automatico dei dati, sul quale verrà organizzata l'analisi statistica si stabilizzerà ad una frequenza di 6 volte nelle 24 ore; scegliendo una cadenza tale da essere effettuata all'inizio e a metà del turno. L'obiettivo è di ottenere un monitoraggio dei dati più efficace, con le due analisi giornaliere, incrementando l'attenzione delle risorse alla riduzione del gap tra la verifica della difettosità e l'intervento. Allo stesso tempo si vuole fornire a quest'ultimi degli strumenti che permettono una semplificazione del lavoro e velocità di comprensione dei temi importanti.

5.3 Gli strumenti statistici

L'insieme delle informazioni a disposizione sui volumi di difettosità in un arco temporale, corrispondenti a 40 ore lavorative, rappresentano la base di partenza dell'analisi principale. In primo luogo, è necessario valutare quali sono i valori a nostra disposizione, per capire come è possibile poi creare un metodo coerente con la struttura dei dati. Partendo dai dati di difettosità estratti dai database aziendali è possibile esprimere queste non conformità attraverso una prima classificazione per tipologia di difetto. L'aspetto chiave di questa parte è rappresentato dall'individuazione dei parametri che si hanno a disposizione e rispetto ai quali è possibile catalogare le informazioni. Inizialmente, una caratteristica importante che è possibile evidenziare fin da subito è data dalla tipologia di difettosità, ovvero è possibile distinguere se si tratta di difetto di uniformità, visivo, ai raggi x o alla shearografia. L'importanza di questa informazione è rappresentata dalla possibilità di avere fin da subito su quale parte della difettosità sia più prioritario focalizzarci. In questo caso i dati provenienti dai 5 turni, saranno catalogati e organizzati in funzione delle quattro classi, all'interno di un grafico a "torta" (Figura 5.1). Questa tipologia di diagramma di forma circolare è suddiviso in settori che mostrano gli ordini di grandezza o le frequenze relative, in maniera proporzionale alle quantità che ogni componente rappresenta. La focalizzazione dei dati all'interno di questo diagramma sarà utile per capire il peso delle componenti del livello generale di difettosità del processo.

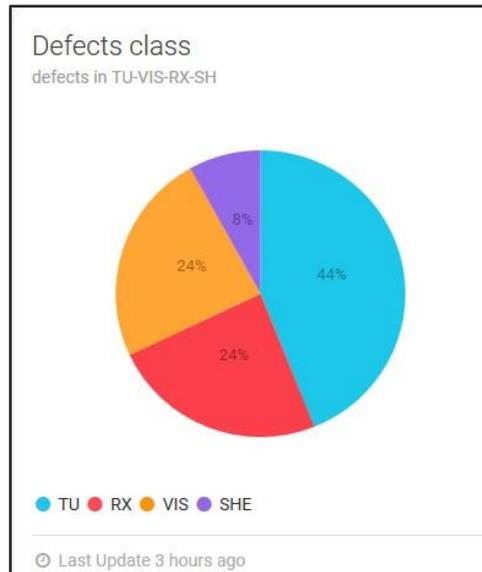


Figura 5. 1 – Esempio di pie chart per suddivisione difetti per tipologia classi

La suddivisione dei dati, in realtà, può seguire tante sfaccettature rappresentanti le variabili del processo di produzione. Al fine di rendere il risultato che si vuole ottenere funzionale al tipo di valutazione che un istruttore di qualità deve compiere durante il turno, si è scelto di prestare attenzione al primo livello al secondo livello di classificazione. Se il primo è rappresentato dalla macro componente appena descritta, successivamente si trova la suddivisione per tipologia di difetto. Una suddivisione dei volumi di difettosità rispetto al tipo di non conformità garantisce un primo step che segue una vera e propria stratificazione. L'approccio che segue questo tipo di schema fornisce un'informazione fondamentale per il team di qualità, in quanto permette di discriminare tra i difetti, focalizzandosi attentamente verso la ricerca delle possibili cause relativamente ad una non conformità. Il restringimento del campo della ricerca facilita il lavoro di intervento delle risorse, riducendo quindi i tempi necessari per una stratificazione efficace. Il risultato deve essere inteso come una lista di difettosità ordinate secondo una logica decrescente sulla base alla frequenza di accadimento. Il metodo sicuramente più efficace per ottenere un risultato di questo tipo è rappresentato da un "diagramma di Pareto" (Figura 5.2).

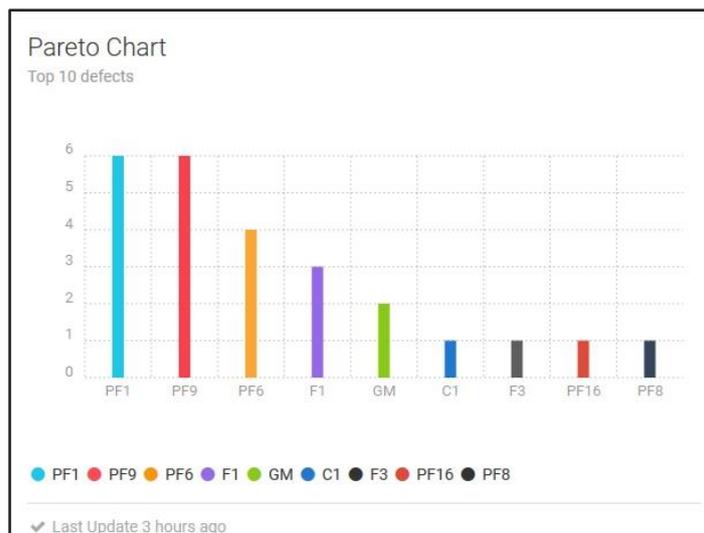


Figura 5. 2 – Esempio pareto difetti per tipologia

In alcuni casi tuttavia non è sufficiente avere un dataset di valori che corrispondono ad un campione rappresentativo e che ci permettano di avere un'analisi significativa. Molto spesso una elevata variabilità del processo o il prolungamento della difettosità per difficoltà di individuazione della soluzione correttiva, spostano l'orizzonte temporale in un periodo che supera le 40 ore lavorative. La mancanza quindi, attraverso i dati attuali di analizzare questa tipologia di problemi, ha indirizzato il lavoro verso la scelta di prevedere un'estrazione dei dati più consistente. Il periodo scelto è quello dei 30 giorni di lavoro, per garantire la massima significatività dei dati. Il risultato finale è quindi dato dalla realizzazione di un'analisi sulla difettosità rispetto alla stessa variabile di discriminazione prevista per il "diagramma di Pareto". In questo modo si ha la possibilità a fronte di una tipologia di difetto, che si trova in cima alle priorità da affrontare, di visualizzare una progressione storica costruita sui trenta giorni antecedenti di quella particolare non conformità. Il vantaggio sostanziale è quindi dato dall'unione dei due strumenti che si legano attraverso una variabile di scelta, ovvero il difetto.

Una volta scelti gli strumenti statistici in grado di fornire il risultato migliore occorre organizzare il tutto per avere la massima visualizzazione grafica. L'obiettivo finale, infatti, si fonda sulla realizzazione di uno strumento che espliciti al meglio le funzioni di monitoraggio del sistema della gestione della qualità. In questo modo si vuole ridurre i tempi di risposta del team di qualità grazie alla rappresentazione dello stato attuale aggiornato con frequenza significativa. Si vuole fornire, quindi, uno sistema alle risorse da utilizzare in ogni momento, facilitando alcune funzioni di analisi. La riorganizzazione delle informazioni sotto forma di grafici e diagrammi, con un valore statistico

significativo, è pensata per seguire una logica di implementazione ben precisa fornendo funzionalità all'utente finale. I fattori su cui si basa uno strumento di analisi che permetta un buon risultato dal punto di vista grafico sono:

- Organizzazione grafica efficace e d'impatto
- Logica intuitiva di visualizzazione
- Focus sui principali fattori del controllo

La realizzazione della parte di estrazione dei dati è stata effettuata attraverso script in linguaggio Python e SQL. In questo caso è stato possibile grazie a questi di utilizzare delle query di estrazione di informazioni dai database aziendali e manipolazione dei dati attraverso costrutti in Python come Pandas e pyplot. La scelta dei linguaggi di programmazione deriva dalla volontà di realizzare uno strumento con alte proprietà d'impatto visivo e di semplicità funzionale. L'idea di base risulta, infatti, fornire una prima focalizzazione sulle principali aree di difettosità, in modo tale da individuare in primo luogo dove sia necessario porre la propria attenzione inizialmente. Successivamente si procede attraverso una stratificazione delle macro aree nei difetti veri e propri che le caratterizzano; la logica utilizzata è sempre quella di stabilire una priorità per agire prima nei confronti delle maggiori cause di difettosità. L'intero sistema è stato pensato per l'implementazione di un nuovo metodo di gestione del flusso informativo dei dati, con focus principale sul raggiungimento di un'efficienza operativa attraverso diversi elementi. La realizzazione di un database di immagazzinamento tutti i dati relativi alle attività non tracciate si è legata strettamente con l'idea di un approccio al controllo della qualità basato sul monitoraggio costante, in grado di evidenziare gli eventuali risultati delle attività intraprese. Il tutto inserito in un'ottica di standardizzazione voluta per ridurre alcune variabilità procedurali e una modalità di organizzazione volta ad evidenziare in ogni caso le priorità.

Capitolo 6

Studio delle correlazioni sulla difettosità

Il lavoro di tesi svolto all'interno del reparto NextMirs non è stato solo rivolto allo studio e l'implementazione di sistemi volti al miglioramento degli standard di lavoro, ma sono stati approfonditi alcuni aspetti riguardanti le cause delle criticità presenti nel processo produttivo. L'attenzione sarà canalizzata in questo capitolo verso lo studio degli elementi caratterizzanti le difettosità riscontrate attraverso il controllo qualità. L'obiettivo dell'analisi si presenta come la ricerca di eventuali schemi di correlazione che esistono all'interno del processo di produzione, evidenziando quelle che possano essere, alla luce di un legame significativo, le principali cause che portano alla loro manifestazione. In questo senso lo studio statistico dei legami esistenti tra i diversi eventi "difetto" per l'individuazione di schemi esistenti nella loro comparsa diventa un'attività chiave nella parte finale del mio lavoro. Il sistema di raccolta dati e di visualizzazione si presenta come uno strumento fondamentale per lo svolgimento di questa tipologia di analisi; il tutto, ovviamente, insieme agli strumenti già presenti in azienda in termini di estrazione ed elaborazione dati. Questo interesse verso l'individuazione di legami presenti all'interno del processo sulle varie difettosità vuole avere due funzioni diverse. La prima riguarda la conferma di alcune evidenze, non di natura analitica, ma solo dal punto di vista esperienziale delle risorse presenti in azienda; queste conoscenze derivano dal know-how costruito durante gli anni sulla base dell'esperienza acquisita. La seconda invece vuole dare nuovi spunti di analisi, dettate da un'evidenza di natura statistica, con risultati che possano in qualche modo dare maggiore enfasi ad alcuni aspetti inesplorati. Le modalità con cui risalire a risultati di questo tipo rappresentano un aspetto importante per la significatività dell'intera analisi. La scelta di uno studio sulle correlazioni attraverso il coefficiente di Pearson sulle frequenze di accadimento dei difetti in un orizzonte temporale predefinito fornisce un'idea su quali sono gli elementi che presentano caratteristiche simili. La significatività dei coefficienti individuati deve, però, essere valutata attraverso un test statistico che fornisca il livello di attendibilità dei parametri ottenuti.

6.1 Raccolta e organizzazione dei dati

Lo strumento realizzato per la raccolta dei dati ha l'obiettivo di fornire le informazioni necessarie per effettuare un'analisi secondo le modalità descritte nel paragrafo precedente. I dati a disposizione sono quelli relativi alla difettosità del processo produttivo relativamente ad un periodo di tempo di trenta giorni. Questi per essere utilizzati per gli scopi prefissati per lo studio dovranno essere integrati con i pezzi relativi alla produzione mensile dell'azienda con lo scopo di avere una panoramica completa sulle percentuali di non conformità. In questa parte dell'analisi, in realtà, si è focalizzata l'attenzione principalmente sul numero di difetti che si verificano in un certo intervallo di tempo.

Inizialmente si è scelto un periodo di riferimento, per l'estrazione dei dati da analizzare, relativo al mese di gennaio 2018, intervallo sul quale sono stati individuati tutti i difetti verificatisi. L'utilizzo del sistema di estrazione dei dati in questo caso si è rivelato utile per estrarre i dati relativamente alla non conformità senza procedere a nessuna distinzione tra le diverse classi. Il passo successivo riguarda la suddivisione dei dati mensili, di ogni tipologia di non conformità, in dati giornalieri per individuare dei possibili trend presenti nell'evoluzione temporale. Lo studio di questo tipo di organizzazione delle informazioni permette di focalizzare l'attenzione sui quei particolari tipi di difetti che presentano degli incrementi con trend crescenti lineari o con improvvisi valori di picco. Sulla base poi di questa suddivisione è possibile procedere alla realizzazione di una lista di frequenze giornaliere per ogni tipologia di difetto, organizzate secondo una logica "giorno-frequenza" (Tabella 6.1).

Tabella 6. 1 - Frequenza giornaliera per ogni tipologia di difetto

Data	Difetti									
	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>AD</i>	<i>AE</i>	.....	<i>DK</i>	<i>DL</i>	<i>DM</i>	<i>DN</i>
02/01/2018	2	1	0	1	1	.....	1	2	3	3
03/01/2018	0	0	1	0	0	.....	4	1	3	0
04/01/2018	1	2	1	0	1	.....	0	1	1	0
.....									
30/01/2018	2	0	0	2	0	.....	0	1	1	2
31/01/2018	0	3	0	1	0	.....	2	0	6	2

La tabella ha solo una natura indicativa, infatti i dati non corrispondono alle frequenze reali, ma servono a fornire una rappresentazione dell'approccio utilizzato. La seguente organizzazione dei dati permette di creare un insieme di osservazioni con un certo periodo di campionamento, in questo caso le ventiquattro ore, per studiare la correlazione dei difetti. Suddividendo, infatti, i vari difetti e valutando le frequenze con le quali si verificano giornalmente si ottiene una sequenza temporale che può essere studiata attraverso uno degli strumenti di analisi delle correlazioni. Nel nostro caso di analisi i difetti sono stati classificati sulla base della suddivisione presente nel manuale della qualità, con alcune piccole eccezioni. In alcuni casi difetti sporadici, con una frequenza trascurabile, sono stati esclusi nel mio studio; in altri, invece, difetti con differenze quasi impercettibili nella loro definizione sono stati raggruppati con il fine di rendere i risultati più significativi. Una volta raccolti i dati delle frequenze per ogni difetto, si è deciso di organizzarli creando una matrice di frequenze e giorni, per una maggiore efficienza. Tutte le tipologie di non conformità a questo punto dovranno essere studiate per l'individuazione di eventuali legami nella loro manifestazione. La difficoltà nella lettura dei dati in questa modalità di rappresentazione porta all'utilizzo di strumenti statistici opportuni, come Minitab®, per evidenziare schemi sulle frequenze delle difettosità.

6.2 La correlazione e la sua significatività

L'organizzazione dei dati è stata realizzata secondo una logica che fosse utile per uno studio più approfondito attraverso analisi statistiche sulla ripetitività dei difetti. Infatti, l'analisi che si intende compiere oltre a portare a risultati numerici significativi vuole proprio dare una visualizzazione grafica dei legami tra le variabili in esame.

In questo caso di studio la scelta è ricaduta sul coefficiente di Paerson per la misura del livello di correlazioni tra le variabili. La modalità di approccio segue uno schema del tipo: data una variabile X_i (dove i rappresenta l' i -esima tipologia di difetto) e una variabile Y_j (dove j rappresenta la j -esima tipologia di difetto) lo studio evidenzia quale sia la correlazione tra le due variabili prendendo come riferimento l'orizzonte temporale scelto. Il coefficiente serve a misurare la correlazione tra variabili a intervalli o a rapporti equivalenti (1), ed è dato dalla somma dei prodotti dei punteggi standardizzati delle due variabili ($z_x z_y$), diviso per il numero dei soggetti (Coolidge & Frederick L., 2012):

$$(1) \quad r = \frac{\sum z_x * z_y}{N}$$

Il valore finale può essere compreso nell'intervallo $[-1,1]$, dove un valore pari agli estremi 1 e -1 indica, rispettivamente una correlazione positiva o negativa, mentre un valore pari a 0 indica un'assenza di correlazione. La misurazione di questo coefficiente viene effettuata per ogni coppia di difetti (presi quindi singolarmente due-a-due) al fine di verificare se tra questi variano in maniera sistematica insieme. È importante nella valutazione di questo valore tenere presente che esiste comunque un possibile elemento di casualità nella verifica di determinati risultati. L'implicazione porta alla necessità di dover valutare anche con quale attendibilità i valori ottenuti siano significativi dal punto di vista statistico. Per questo motivo occorre valutare la statistica t-test per verificare con quale percentuale di rischio è possibile accettare il risultato ottenuto. Il test d'ipotesi che si può utilizzare quindi per valutare l'attendibilità del valore del coefficiente di Pearson ottenuto è il t di Student. Il nostro test sarà basato sulla seguente ipotesi:

- H_0 : Casualità dei dati
- H_1 : Non casualità dei dati

L'obiettivo del test risulta quindi di evidenziare i casi in cui l'ipotesi H_0 può essere rifiutata. Il test t di Student per la verifica della significatività del risultato trovato si ottiene costruendo la statistica test nel seguente modo (2), dove r è il coefficiente di Pearson e n il numero di osservazioni:

$$(2) \quad t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

La valutazione dell'ipotesi del test può essere valutata attraverso il confronto tra il valore ottenuto con il quello relativo alle tavole opportune, fissato un certo livello di rischio α . Nel caso affrontato verrà utilizzato invece come criterio di accettazione dell'ipotesi il p-value, con le seguenti modalità:

- $p \geq \alpha$: non è possibile rifiutare l'ipotesi iniziale
- $p < \alpha$: l'evidenza empirica permette di rifiutare l'ipotesi iniziale

Il test per la valutazione di valori significativi di correlazione tra i vari difetti necessita la definizione, però, di alcuni parametri utilizzati per definire i vari livelli ottenuti. Dal punto

di vista del coefficiente di correlazione di Pearson risulta importante stabilire delle soglie oltre il quale due variabili risultano correlate, separandole da quelle che non lo sono. Lo stesso va definito il livello di rischio con il quale si decide di accettare l'attendibilità del valore ottenuto. Questo livello di rischio α verrà fissato al 5%, scelta tipica perché garantisce un buon livello di significatività del test. I valori riepilogativi generali scelti per questa analisi sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 6. 2 - Criteri per lo studio della correlazione

Parametri	Correlazione
$|r| \leq 0,3$	Debole
$|r| > 0,3 \ \& \ |r| \leq 0,65$	Media
$|r| \geq 0,65$	Forte
Livello di significatività test: 0,05	

Sulla base dei dati raccolti e organizzati si è proceduto alla realizzazione di una matrice “difetto-difetto” per rappresentare tutti i valori di correlazione per ogni coppia di difetti. Per ognuno di essi si calcola il coefficiente di Pearson e il p-value e, in base al risultato ottenuto e alle soglie scelte per i livelli di significatività e di legame, si evidenziano i risultati più evidenti. La matrice di rappresentazione (Tabella 6.3) sarà una matrice simmetrica con valori 1 sulla sua diagonale principale; questo è spiegato dal fatto che il coefficiente di correlazione tra X e Y è uguale a quello tra Y e X.

Tabella 6. 3 - Correlazione per ogni "coppia" di difetti

		Difetto						
		<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	.....	<i>DL</i>	<i>DM</i>	<i>DN</i>
Difetto	AA	1	0,38	0,56	.....	0,07	0,28	0,35
	AB	0,15	1	-0,07	.....	0,16	-0,04	0,10
	AC	-0,03	0,13	1	.....	0,47	0,52	0,81
			
	DL	0,07	0,16	0,47	.....	1	0,22	0,19
	DM	0,28	- 0,04	0,52	.....	0,35	1	0,40
	DN	0,35	0,10	0,81		0,54	-0,09	1

Avendo a disposizione i dati relativi alle correlazioni tra le frequenze dei difetti e le relative significatività, ottenute dal p-value calcolato nel precedente paragrafo, è possibile fare alcune considerazioni di carattere generale. In primo luogo, nell'analizzare i valori è necessario premettere che esistono dei difetti che per loro natura e caratteristica sono strettamente relativi ad una tipologia di area di produzione e quindi possono verificarsi anche in momenti significativamente diversi. La motivazione è data dal fatto che il processo completo di realizzazione di uno pneumatico richiede un certo tempo che può essere determinato anche dalle criticità che sono presenti in linea. Per questo è stata fatta una duplice analisi considerando inizialmente date relative al confezionamento vero e proprio dello pneumatico e poi successivamente le frequenze rispetto alle date di vulcanizzazione delle coperture; questo per cercare di eliminare le interferenze dovute a possibili disallineamenti fisiologici nei tempi del processo produttivo. Dalle due matrici ottenute, poi è stata necessaria una prima scrematura delle non conformità che in qualche modo non potevano presentare nessun legame a causa della diversità che questi rappresentano. In alcuni casi, data l'elevata presenza di variabili all'interno del processo, si è ricorsi ad ulteriori approfondimenti verificando se ci potesse essere influenze a livello di tipologie di coperture o altri parametri. Una volta esaminato approfonditamente quali fra le correlazioni ottenute possano essere effettivamente significative, si è passati ad un'analisi delle possibili cause.

Tra le correlazioni ottenute si riportano i seguenti valori (Tabella 6.4), i quali rappresentano i risultati dell'analisi più significativi e che possono fornire indicazioni più chiare dal punto di vista dell'approccio utilizzato.

Tabella 6. 4 - Correlazione e la sua significatività per 3 coppie di difetti

Difetti	Correlazione	P-value
A1 - S4	0,815	<0,001
P2 - P7	0,778	<0,001
EG5 - LT3	0,568	<0,01

La mia attenzione durante questa parte si è focalizzata nell'individuazione di difetti che abbiano un riscontro reale, sulla frequenza di accadimento, anche attraverso altri parametri di processo che possano fornire ulteriori conferme. La prima coppia di difetti è stata scelta in quanto il verificarsi di questa non conformità è riconducibile alla stessa macchina di produzione. Entrambe i difetti sono riconducibili alla zona centrale dello

pneumatico, più precisamente legata alle sue cinture. Attraverso un'analisi più approfondita si è visto come le differenti macchine legate alle cinture, su cui le coperture possono essere lavorate, influiscono negativamente, nel caso di guasti meccanici. Qualsiasi deriva della macchina di produzione può portare ad un disallineamento o ad un distacco tra i componenti da inserire, e quindi ad una possibile difettosità. In questo caso è chiaro come il valore di correlazione importante e significativo possa indicare proprio la presenza di una fonte comune che porta al verificarsi del difetto. In generale questa tipologia di problema è possibile osservarla attraverso uno studio attento ai raggi x della copertura indicata come non conforme.

Il secondo risultato rappresentato nella tabella, invece, individua soprattutto una tipologia di difettosità che è strettamente legata non solo alla macchina di vulcanizzazione, ma allo stesso tempo alla specifica di produzione. In particolare, la coppia di difetti è relativa ad una zona particolare dello pneumatico, ovvero il tallone, dove in generale si verifica un'area con uno spessore inferiore a quello atteso. Lo studio, in questo caso, si è soffermato sull'individuazione di una possibile ripetitività su una particolare tipologia di copertura. Il risultato ottenuto ci mostra come su una particolare tipologia di copertura, prendendo come riferimento la frequenza, due volte su tre i difetti si sono verificati contemporaneamente (Figura 6.1). In questo caso la causa andrebbe rintracciata o nelle caratteristiche di base della copertura oppure attorno al vulcanizzatore.

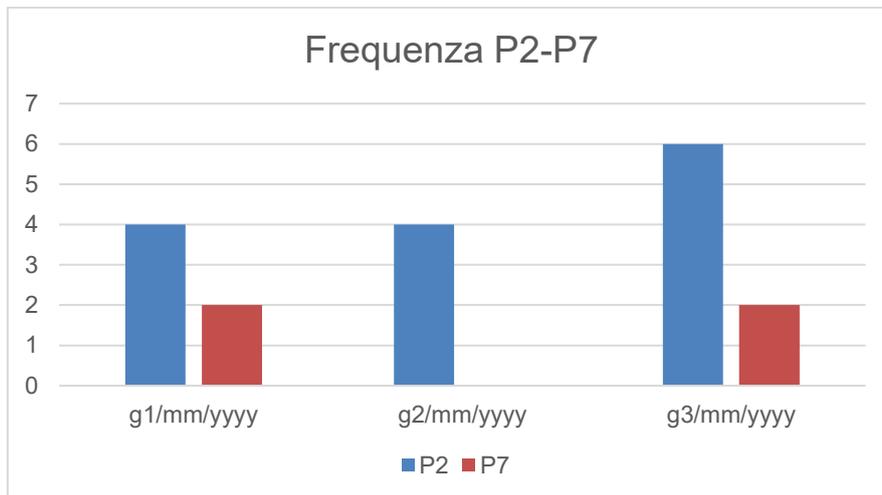


Figura 6. 1 - Frequenza giornaliera dei difetti P2-P7

Nel terzo caso, invece, si è scelta una coppia di difetti con un livello di correlazione più basso, di 0,568; ma in questo caso risulta interessante verificare la tipologia del possibile

legame. Qui si ha il confronto tra difettosità che appartengono a due classi differenti, ovvero una riguarda un difetto relativo ad un attributo mentre l'altro è misurabile attraverso un parametro. Il primo è riconducibile a possibili elementi estranei, legati ad esempio ad un liquido di trattamento nella macchina di vulcanizzazione, mentre il secondo riguarda il parametro di forza laterale. L'analisi può approfondita su questa coppia ha mostrato come, non esiste un vero e proprio schema assoluto, ma nel 66,7% dei casi si ha una concomitanza dei due difetti. Questo potrebbe significare una possibile corrispondenza in termini di macchine di vulcanizzazione tra il verificarsi di valori anomali di forza laterale e di difettosità di altre tipologie. L'analisi conferma che, scegliendo le stesse specifiche di produzione, non si evidenzia una regola ben precisa, anche se si evidenziano caratteristiche di frequenza comuni.

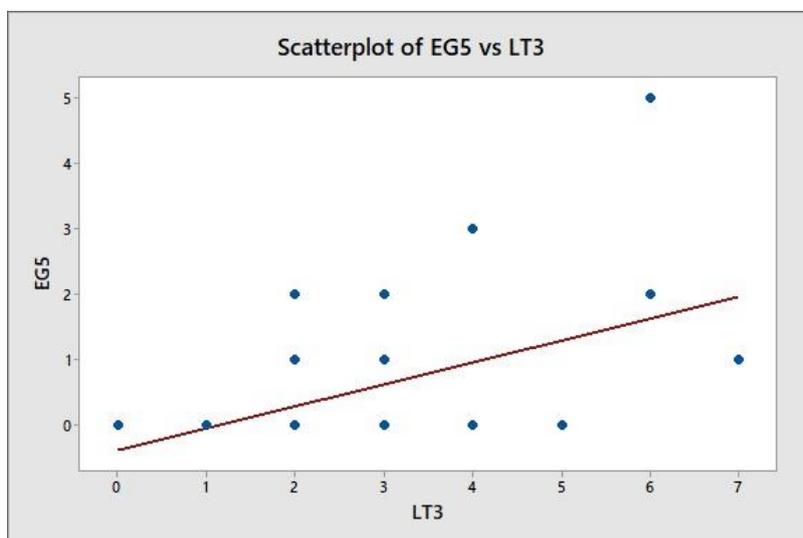


Figura 6. 2 - Correlazione frequenza dei difetti EG5 e LT3

Dallo scatterplot (Figura 6.2) in alto è possibile vedere come effettivamente per l'ultima coppia di difetti esiste una correlazione che potremmo considerare in linea di massima debole, in quanto intorno allo 0,57. Il risultato è comunque interessante per via del legame che potrebbe esistere tra il parametro di forza e quello relativo alla presenza possibili elementi non conformi sulla copertura. Uno studio più approfondito, sugli aspetti di composizione chimica e sulle forze fisiche agenti sullo pneumatico, potrebbe portare ad una conferma o al rifiuto dell'ipotesi di una possibile correlazione tra le due non conformità.

Nel capitolo successivo verrà posta attenzione su un difetto particolare, relativo alla difettosità che rientra nella zona del tallone della copertura, che da questa analisi risulta

essere l'unico a non mostrare alcun tipo di correlazione, né debole né forte, con nessun'altra non conformità.

Capitolo 7

Analisi e metodi per lo studio di un difetto

Lo studio delle non conformità di processo passa attraverso una prima fase di individuazione generale delle possibili cause che possono generare il difetto, con l'obiettivo di focalizzazione dell'attenzione sugli elementi che generano la difettosità. Questo approccio è stato applicato nel capitolo precedente attraverso uno studio di carattere generale, che riflette la volontà di una ricerca di massima di risultati a un basso livello di dettaglio. Le evidenze empiriche, che è possibile individuare sulle difettosità di processo, devono essere studiate attraverso un metodo rigoroso che permette di concentrarsi su ogni possibile sua causa. Il seguente capitolo descrive il metodo e i risultati di un'analisi effettuata su una particolare tipologia di difetto. Il caso di studio sul quale è stata focalizzato il lavoro di tesi è rappresentato dal cosiddetto "Tallone speronato". La scelta di una certa classe di difetto vuole mostrare come possono essere applicati strumenti e metodi relativi al modello implementato per effettuare analisi statistiche. Inoltre, è possibile approfondire ad un livello di dettaglio importante le possibili cause scatenanti la difettosità in esame. Il difetto sul quale verrà effettuato uno studio, in questo capitolo dell'elaborato, rappresenta un caso esplicativo per la sua completezza e complessità, legata alle diverse caratteristiche che ne determinano la sua comparsa. La motivazione, quindi, nasce dall'elevato grado di approfondimento con il quale può essere effettuato lo studio, attraverso un approccio di natura statistica, volto al raggiungimento di risultati utili a individuare eventuali migliorie.

Il difetto scelto, che rientra nella classe riguardante la zona del tallone dello pneumatico, rappresenta la comparsa di una quantità eccessiva di materiale nell'area circonferenziale interna, che entrerà, successivamente, a contatto con il cerchio dell'automobile. La non conformità, quindi, si presenta come materiale eccessivo in uno dei due talloni della copertura, il quale può mostrarsi anche, in alcuni casi, con frastagliature simili a "penne". Il materiale che eccede nell'area interessata, può riguardare i differenti tipi di elementi che compongono lo pneumatico nella zona caratterizzata dal cosiddetto cerchietto. Questo elemento è composto da un anello metallico di forma circolare al quale sono

ancorati materiali come gomma o tele di carcassa. Il difetto può presentarsi come scarto quando l'entità dell'eccedenza di materiale in questa zona supera dei parametri previsti dal manuale della qualità; in alcuni casi, l'entità è così lieve che una operazione di rilavorazione può permettere di eliminare l'eccesso, mantenendo quindi gli standard di conformità prefissati. Il controllo visivo generalmente si trova a individuare questa tipologia di difettosità, classificandola come tale e facendola fuoriuscire dal processo di controllo.

Questa tipologia di non conformità si presenta a valle della fase di vulcanizzazione, durante la quale il semilavorato crudo viene trasformato nel prodotto finito. Durante questa operazione il vulcanizzatore compie la trasformazione, grazie alle alte temperature e pressioni. Il meccanismo è anche in questo caso completamente autonomo e grazie all'ausilio di un robot lo pneumatico viene spostato da una zona di "attesa" all'area fisica in cui avverrà la vera operazione. Una volta che lo pneumatico sarà posizionato all'interno dello stampo, questo verrà chiuso, in modo tale da coprire il crudo, e iniziare la relativa operazione. Una volta terminata la relativa "cottura" dello pneumatico il dispositivo, contenete i settori, si solleverà permettendo alla copertura di essere immessa sul nastro trasportatore. Questa manovra, quindi, risulta molto importante nella fase di studio della tipologia di difetto in esame; tuttavia, gli studi che verranno affrontati non saranno solo circoscritti al processo di vulcanizzazione. La valutazione di eventuali elementi di miglioramento è comunque legata alla ricerca delle cause radici della comparsa della difettosità. Per questo motivo è stato necessario nel mio studio lavorare alla ricerca di aspetti che potessero influire in maniera diretta e indiretta sul verificarsi dell'evento, attraverso una logica di progressivo aumento del livello di dettaglio. I dati raccolti attraverso il processo di estrazione mensile, sono stati filtrati al fine di analizzare solamente le informazioni veramente significative. A partire da questi poi è stato necessario ricercare differenti informazioni riguardanti le diverse proprietà geometriche, intrinseche del materiale o legate ai dispositivi utilizzati. Lo studio della frequenza con la quale la difettosità può verificarsi è stato suddiviso individuando 3 macro aree che corrispondono alle possibili cause generali che sono state trovate:

1. Specifica
2. "Waiting time"
3. Set up e interventi sul vulcanizzatore

7.1 Specifica

Le linee produttive del reparto NextMirs presentano un elevato mix produttivo rappresentante un elemento di complessità non trascurabile all'interno di una realtà industriale. Le differenti tipologie di pneumatici, con caratteristiche geometriche e di materiali diversi fra loro, rappresentano le specifiche di produzione; evidenziando quindi comportamenti non precisamente uguali nei confronti di determinati processi di lavorazione. Nello studio della difettosità relativa al tallone si è voluto ricercare possibili cause all'interno delle proprietà che contraddistinguono le specifiche. L'approccio è stato quello di confrontare tipologie di pneumatici che presentano lo stesso problema di difettosità con altre che, invece, non presentano questa classe di non conformità; raccogliendo informazioni nell'archivio storico dei dati. L'idea alla base è quella di confrontare le due macro classi alla ricerca di differenze significative, tali da poter giustificare questo fenomeno; focalizzando l'analisi, ovviamente, sull'area interessata, ovvero quella del tallone. Inizialmente, si andati a ricercare possibili correlazioni tra le grandezze generali caratterizzanti lo pneumatico, come peso, calettamento, larghezza e altezza del fianco; dalle quali, comunque, non sono emerse differenze sostanziali tali da giustificare il fenomeno. In seconda fase, invece, si è posta l'attenzione completamente sulla zona tallone, esaminando come le geometrie e la composizione di esso possano influire sul verificarsi del difetto. Il primo risultato interessante che è possibile notare dal punto di vista della difettosità è dato dalla composizione del tallone. La differenza presa in esame riguarda la composizione rispetto al componente "tela" dello pneumatico, evidenziando cioè se si trattasse di un "bi-tela" o di un "mono-tela". In generale questo implica la presenza di un doppio deposito di questo componente nella zona di carcassa, fino a quella del tallone, che fornisce proprietà particolari richieste dalle specifiche del cliente.

Il 90% delle "Specifiche T", ovvero quelle che presentano il difetto, sono "A", mentre solo l'30% delle "Specifiche NT", ovvero quelle che non presentano questa difettosità, risultano essere "B". Ciò significa che se una tipologia di pneumatico presenta queste caratteristiche risulta più probabile il verificarsi del difetto; al contrario pneumatici con caratteristiche "A" hanno una frequenza molto bassa. Questo primo risultato rappresenta un'informazione interessante, che ha bisogno di essere confermata da uno studio più approfondito sulle caratteristiche del tallone.

La prima considerazione che è possibile fare riguarda le tipologie di pneumatici con una dimensione del tallone più grande, le quali potrebbero presentare questa tipologia di

difetto con una maggiore frequenza. Questa informazione, però, deve essere analizzata all'interno delle condizioni relative alla fase in cui si verifica la non conformità. Per questo motivo devono essere tenuti in considerazione aspetti come, i diversi elementi geometrici, relativi alle componenti della copertura, e a quelli relativi al dispositivo di vulcanizzazione. Nel momento in cui lo pneumatico, posto in direzione orizzontale, viene posto all'interno del dispositivo, questo viene "calzato" dal robot su una base, chiamata "guancia". L'idea è quella di posizionare la zona circonferenziale del tallone attorno all'area circonferenziale rappresentata dalla guancia, più piccola; in questo modo la copertura tenuta rigidamente in questa posizione subirà l'operazione di "cottura" ben salda all'interno dell'apparecchio in cui avviene l'intera fase. Il presentarsi della difettosità, quindi, potrebbe essere legato a un non efficace calzamento della copertura rispetto alla "guancia", creando quindi nella chiusura dello stampo un'anomala escrescenza di materiale in questa zona, dovuta al suo posizionamento non corretto. Una causa di questo difficile "calzamento" potrebbe essere legata alla differenza tra le circonferenze tra il cerchietto all'interno del tallone e l'anello della guancia a cui viene fissato lo pneumatico. Allo stesso tempo però, la misura di differenza tra le due circonferenze non tiene in considerazione lo spessore del tallone, inteso come quantità di materiale che circonda il cerchietto, e che entra a stretto contatto con l'anello della guancia. Per fornire una misura di una possibile difficoltà di "calzamento" dello pneumatico si è proceduto nella definizione di un indicatore che tiene conto di entrambe gli aspetti, ottenendo il valore come rapporto:

$$CFI = \frac{2 \times \pi \times R_{cerchietto} - 2 \times \pi \times R_{guancia}}{\Delta M} = \frac{2 \times \pi \times (R_{cerchietto} - R_{guancia})}{\Delta M}$$

L'indicatore rappresenta il rapporto tra la differenza tra le circonferenze di cerchietto e guancia, dove R_i indica i rispettivi raggi, e la quantità di materiale (ΔM), intesa come spessore lineare, espresso in mm, di quantità di gomma, che racchiude il cerchietto, misurato al livello del diametro di quest'ultimo. Il valore dell'indice fornisce una misura della criticità di calzamento (Critical Fitting Index) del tallone rispetto alla base del dispositivo; maggiore è il valore dell'indicatore più aumenta l'adattabilità dello pneumatico attorno all'anello della guancia, al contrario un valore piccolo indica una difficoltà nel calzamento. Si è andati, quindi, a calcolare questo valore per ogni tipologia di copertura appartenete alla classe "T" e "NT", attraverso i valori corrispondenti ai dati

di progettazione delle coperture (Tabella 7.1). Nella tabella seguente è possibile osservare i valori ottenuti nel calcolo del CFI:

Figura 7. 1 - Critical Fitting Index (CFI) per specifiche di classe "T" e "NT"

Critical Fitting Index (CFI)	
Specifiche T	Specifiche NT
0,620	1,851
1,021	1,743
1,255	2,014
1,512	2,272
1,620	2,057
1,610	1,522
1,883	1,620
1,313	1,563
1,620	1,403
1,364	1,723

Applicando un test t di Student alle medie (Montgomery, Douglas C., 2009) è possibile verificare che la differenza di circa 0,395 nel valore medio dell'indice tra le due classi di specifiche risulta statisticamente significativa (Figura 7.1). Con un livello di rischio del 5% può essere rifiutata l'ipotesi (H_0) di uguaglianza delle medie e accettare l'ipotesi (H_1) che il valore di CFI per T è minore di quello delle specifiche NT (Figura 7.2). I risultati del test confermano le ipotesi iniziali, ovvero la classe di specifiche T presenta un valore più basso, significativo dal punto di vista statistico, confermando quindi la predisposizione a subire questa non conformità a causa delle proprietà geometriche tenute in considerazione. In particolare, è stato verificato che, sull'indice appena definito, il peso decisivo viene dato dalla quantità di materiale, espressa in mm; ovvero variando di una unità il valore al denominatore, diminuendo il rapporto, si ha un effetto maggiore rispetto alla diminuzione di una unità del numeratore. La verifica della significatività della differenza di quantità di materiale attorno al cerchietto risulta fondamentale ed è stata, quindi, verificata nuovamente attraverso un test t di Student sui valori medi delle due

classi. La differenza tra la classe "T" e la classe "NT" è di 1 mm ed è statisticamente significativa con un livello di rischio del 5% (Figura 7.3).

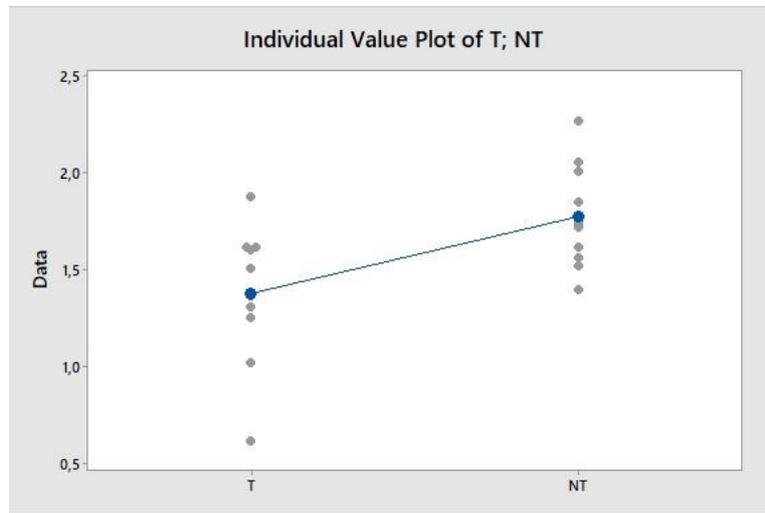


Figura 7. 2 - Differenza tra medie delle classi "T" e "NT"

```
Two-sample T for T vs NT
      N   Mean  StDev  SE Mean
T     10  1,382  0,360   0,11
NT    10  1,777  0,272   0,086

Difference =  $\mu$  (T) -  $\mu$  (NT)
Estimate for difference: -0,395
95% upper bound for difference: -0,146
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -2,77 P-Value = 0,007 DF = 16
```

Figura 7. 3 - Test t sulla significatività della differenza di CFI tra classi "T" e "NT"

```
Two-sample T for Materiale T vs Materiale NT
      N   Mean  StDev  SE Mean
Materiale T  10  5,76  1,10   0,35
Materiale NT  10  4,769  0,815  0,26

Difference =  $\mu$  (Materiale T) -  $\mu$  (Materiale NT)
Estimate for difference: 0,995
95% lower bound for difference: 0,240
T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 2,30 P-Value = 0,018 DF = 16
```

Figura 7. 4 - Test t per la significatività della differenza di quantità di materiale tra "T" e "NT"

Dagli studi effettuati si è voluta verificare l'ipotesi di difficoltà di "calzamento" delle specifiche T, che presentano la non conformità al tallone, evidenziando come differenze geometriche statisticamente significative possano influire sulla difettosità. I dati mostrano come una difficoltà legata al posizionamento della copertura sul dispositivo dipende anche dalle caratteristiche della specifica; inoltre le classi scelte per il confronto si differenziano in maniera significativa.

Un ulteriore elemento di conferma è dato attraverso lo studio della correlazione dell'indicatore calcolato con le percentuali di non conformità delle specifiche. Il criterio per l'appartenenza delle specifiche alle due differenti classi (T e NT), definite inizialmente, è rappresentato numericamente dalla probabilità associata alla difettosità della tipologia di copertura. L'idea è, quindi, quella di legare l'indicatore ad una misura numerica della effettiva non conformità. Per questo si è proceduto attraverso uno studio della correlazione tra le percentuali di difettosità di ogni specifica in esame e l'indicatore CFI. Occorre precisare che, prima di effettuare, questo studio, è necessario depurare il campione di partenza di 20 elementi da quelli che, invece, per scelta iniziale presentavano una difettosità nulla. Nel primo caso, questi erano necessari per marcare le differenze tra le due classi, in questo caso potrebbero falsare il risultato della correlazione. Riducendo pertanto il campione a 16 elementi è possibile studiare la correlazione tra i due parametri descritti.

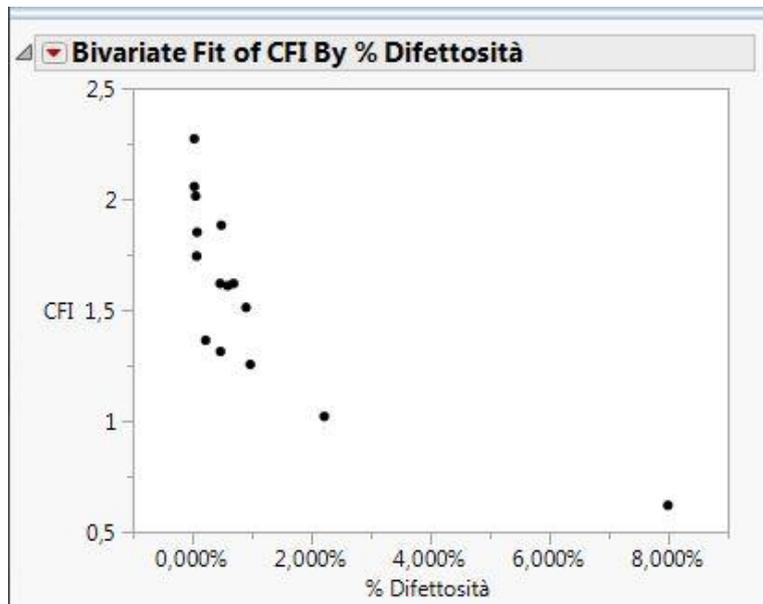


Figura 7. 5 - Fit tra CFI e % di difettosità delle specifiche

Dallo scatterplot (Figura 7.4) è possibile osservare la che esiste una correlazione negativa tra l'indicatore CFI e la percentuale di difettosità. Questo risultato evidenzia, quindi, che quando l'indicatore diminuisce, aumenta la probabilità che la specifica presenti il difetto. Il passo successivo è rappresentato dalla valutazione del grado di correlazione tra due variabili. In primo luogo, è possibile valutare l'esistenza di una correlazione lineare attraverso il test di Pearson (Figura 7.5). Da questo si evidenzia come esista una correlazione significativa di circa -0,77 con un p-value di 0,001.

Correlation: Difettosità; CFI

```
Pearson correlation of Difettosità and CFI = -0,767  
P-Value = 0,001
```

Figura 7. 6 - Pearson correlation tra CFI e % Difettosità

L'andamento, però, mostra una pendenza che risulta molto più accentuata e quindi con una curva di regressione che può essere, in realtà, diversa da quella lineare. Se infatti, effettuiamo un "fit" tra i valori ottenuti e una curva di tipo logaritmica è possibile osservare un buon grado di approssimazione. Calcolando il valore di R^2 , riferito alla curva di approssimazione, si ottiene un valore di circa 0,8, che in questo caso rappresenta un buon indice di adattamento. Il risultato deve essere analizzato anche nell'ottica iniziale di scelta del campione e del numero non elevato di tipologie di coperture per le quali è stato possibile strutturare lo studio. L'evidenza mostra, quindi, che la correlazione tra la probabilità di difettosità e il coefficiente CFI è approssimabile con un livello di precisione maggiore da una curva logaritmica rispetto ad una lineare (Figura 7.5). Il legame tra le due variabili può essere rappresentato quindi da un andamento decrescente del coefficiente, ma a tassi crescenti, rispetto all'aumento di difettosità. Quest'ultimo, come mostra il grafico, porta l'indicatore a diminuire a tassi sempre più grandi. Il risultato che si è ottenuto conferma l'ipotesi iniziale che l'indicatore potesse rappresentare un buon indice di criticità di una specifica.

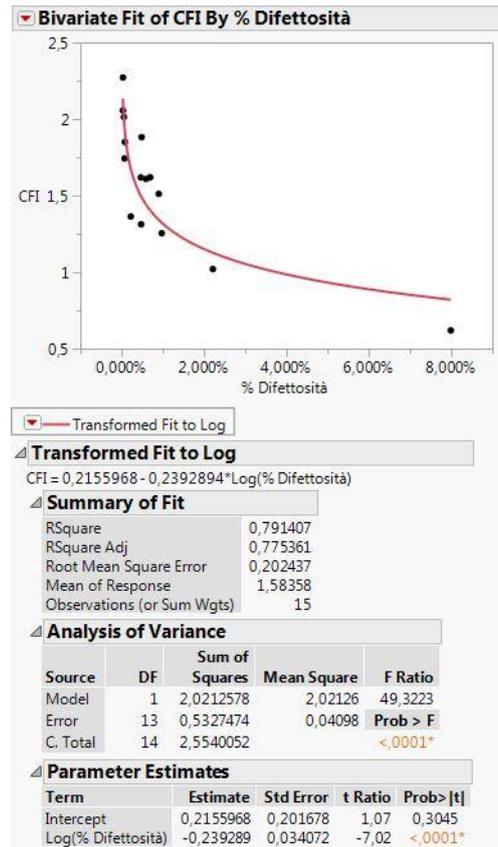


Figura 7. 7 - Fit tra CFI e % Difettosità con "logarithmic fit "

7.2 “Waiting Time”

L’aspetto legato alla differenza di tempo che intercorre tra l’istante in cui il crudo esce dal confezionamento in linea e quello in cui inizia la fase di vulcanizzazione risulta variabile e legato alle dinamiche di processo. Il verificarsi di guasti o malfunzionamenti alla linea possono accentuare questi “lag” temporali aumentando questo intervallo di tempo tra i due stadi. Il tempo di attesa potrebbe pertanto spiegare il presentarsi del difetto con una frequenza che non è di natura sistematica, peggiorando quindi quelle situazioni già critiche. Dai dati raccolti relativamente ai difetti verificatisi nel mese in esame si è andati a valutare la differenza temporale tra i due step, dal punto di vista della sua media e deviazione standard. Il valore medio ottenuto dalla lista dei difetti individuati è di circa 11 ore e 51 minuti con una deviazione standard molto elevata di 10 ore e 53 minuti. La logica utilizzata in questa parte è quella di confrontare il valor medio del campione di difetti con l’intero campione dei pezzi estratti per l’analisi. In questo modo si vuole valutare la significatività della differenza tra il tempo medio atteso dai pezzi difettosi e la media generale del campione preso in esame. Per fare ciò può essere applicato di nuovo

il test di ipotesi t di Student, supponendo che le varianze siano uguali (Montgomery, Douglas C., 2009). L'ipotesi di base H_0 che la media della popolazione dei difetti sia uguale a 8 ore e 40 minuti, media dell'intero campione, mentre l'ipotesi alternativa è data da $\mu > \mu_{\text{campione}}$. La figura successiva rappresenta il valor medio e la deviazione standard del campione di difettosi preso in esame, in cui i dati sono riportati in frazioni di 24 ore.



One-Sample T: Waiting Time

Test of $\mu = 0,366$ vs $> 0,366$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Lower Bound	T	P
Waiting Time	50	0,4940	0,4492	0,0635	0,3875	2,02	0,025

Figura 7. 8 - Test t significatività delle medie tra "lag" temporali

Il risultato in figura mostra che le medie, dei tempi in attesa tra confezione e vulcanizzazione, espresse in frazioni di 24 ore, sono significativamente diverse, ed è possibile accettare l'ipotesi che quella relativa ai difetti sia maggiore ($0,49 > 0,37$). La differenza media misurata risulta essere di circa 3 ore tra i due campioni. La deviazione standard così elevata, con un valore di circa 4 ore maggiore rispetto alla media generale, potrebbe fornire indicazioni sull'influenza del verificarsi del difetto. Analizzando il peso delle coperture, però, non vi è in realtà una correlazione stretta ed evidente; non è evidente uno schema per cui un peso elevato e un tempo di attesa maggiore generino sistematicamente il difetto. Alla luce di ciò dovrebbe essere, invece, analizzata una possibile influenza sulla base di particolari caratteristiche fisiche della tipologia di copertura. L'incidenza di questa causa, in ogni caso, non risulterebbe comunque essere di natura sistematica, come invece risulta essere la tipologia di copertura; inoltre è necessario legarla alle operazioni di set up delle macchine di vulcanizzazione e agli interventi compiuti.

7.3 Set up e interventi sul vulcanizzatore

L'operazione di vulcanizzazione viene effettuata in maniera automatica grazie alla presenza di macchine e robot che lavorano senza il supporto dell'operatore. Il crudo proveniente dall'area di confezione, viene depositato su un cestello sul quale attende di essere vulcanizzato, una volta libero lo stampo. Nel momento in cui il dispositivo è libero, il robot carica il crudo, prelevandolo attraverso appositi elementi, chiamate palette, trasportandolo fino al centro dello stampo e depositandolo sulla guancia. A questo punto

il dispositivo si chiude, includendo completamente il crudo, e inizia l'operazione di cottura. Quando su uno stesso vulcanizzatore viene caricato una copertura relativa ad una tipologia di specifica differente deve essere predisposta una messa a punto delle componenti utili in questa fase, dal momento che le diverse dimensioni geometriche e proprietà generali cambiano da pneumatico a pneumatico. La messa a punto concerne diverse azioni, ma in particolare verrà focalizzata l'attenzione su quelle giudicate importanti nel mio studio. Infatti, le potenziali cause di difettosità coinvolgono:

- Corretto posizionamento del cestello
- Presa del robot nel trasferimento del crudo nel dispositivo
- Centatura del crudo rispetto al dispositivo

Queste caratteristiche, appena elencate, vengono regolate nella fase di set up nel cambio della specifica di produzione da parte degli operatori addetti.

Un componente fondamentale nella fase in esame è rappresentato dalla camera, ovvero l'elemento che all'inizio della fase di vulcanizzazione subisce un processo di gonfiamento, fino ad arrivare a contatto con la carcassa dello pneumatico. Questo elemento ha un ruolo molto importante e a causa della sua usura viene previsto un numero massimo di cotture, entro il quale dovrà essere sostituito. Si è scelto di quindi di studiare come il difetto fosse correlato con l'evento "cambio camera", ovvero verificando il numero di "cotture" della camera relative al presentarsi del difetto. In questo modo è possibile verificare l'esistenza di una possibile incidenza del grado di usura o l'emergere di eventuali altri aspetti non considerati. Raccogliendo le informazioni sul numero delle "cotture" alle quali si verificava ogni difetto e raggruppandoli creando un istogramma clusterizzato si ottiene la distribuzione (Figura 7.8).

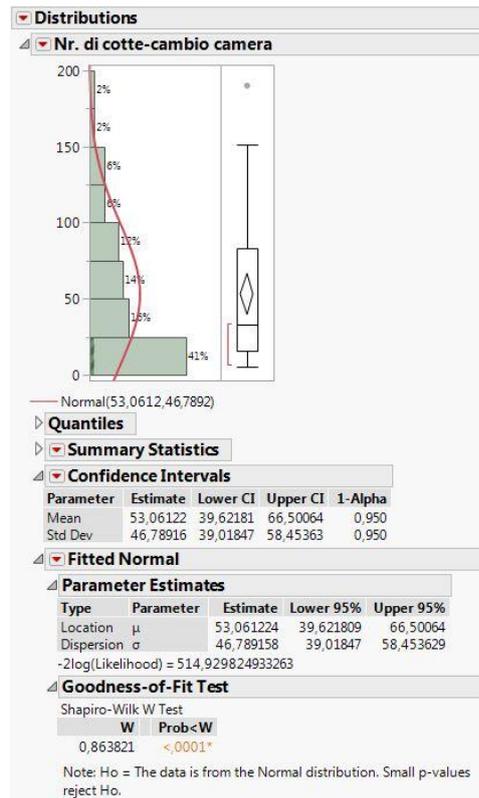


Figura 7. 9 - Distribuzione dei difetti rispetto al numero di "cotte" relative al cambio camera

L'evidenza delle osservazioni mostra come circa il 41% delle difettosità si verifica all'interno del primo cluster individuato. Il risultato risulta sorprendente se l'idea di partenza fosse stata quella di aspettarsi una difettosità crescente con il grado di usura della camera. In ogni caso si ha che il 57% dei difetti si verifica entro le prime 50 "cotte" effettuate. La distribuzione quindi si presenta con un picco nella prima classe e con una frequenza decisamente più bassa nel secondo cluster, seguendo poi una lenta e progressiva diminuzione delle non conformità. Per conferma sulla significatività del risultato, nonostante la sua chiara natura, si è effettuato un test "Goodness of Fit" per verificare che non ci fosse nessuna correlazione con una distribuzione gaussiana (jmp®). Dalla figura infatti emerge che il p-value permette di rifiutare con un livello di rischio minore dello 0,01% l'ipotesi di normalità. Questo risultato può essere collegato ad un altro evento che è rappresentato da quello descritto ad inizio paragrafo, il "cambio specifica"; in quanto ad ogni set up, coincidente con il cambio della tipologia di specifica, si ha un cambio della camera del dispositivo. L'introduzione di una nuova variabile porta a verificare come si trasforma la distribuzione se, invece che considerare esclusivamente il solo cambio della camera, ci si limita al sottoinsieme in cui il cambio è associato anche al cambio della specifica.

Dalla distribuzione seguente (Figura 7.9) si evidenzia come, anche se cambiando in parte l'andamento rispetto al precedente, si ha comunque una percentuale del 36% della difettosità all'interno del primo cluster e sempre il 58% si verifica entro le prime 50 "cotture". Questo mostra come possa esistere un'influenza della fase di set up sul verificarsi del difetto.

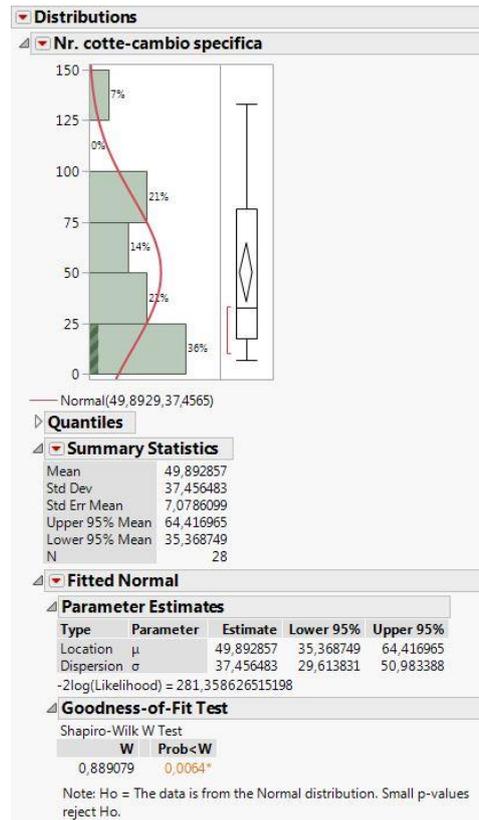


Figura 7. 10 - Distribuzione dei difetti rispetto al numero di "cotture" relative al cambio specifica

La procedura di intervento a valle del verificarsi di una non conformità è uguale nelle modalità procedurali a quella effettuata nella parte di set up iniziale. Nello studio si focalizzerà l'attenzione su due attività che risultano essere quelle principalmente svolte per limitare questa tipologia di difetto: la centratura del caricatore e la regolazione delle palette. Attraverso il sistema implementato durante il lavoro di tesi è possibile risalire attraverso i dati contenuti nel database, quando sono state effettuate le operazioni a fronte di una comparsa del difetto. L'idea è quella di voler valutare il successo delle relative attività che vengono svolte dagli addetti per verificare l'esistenza di potenziali criticità.

L'attività di regolazione delle palette, generalmente è la prima attività svolta nella fase di set up sia nella fase di intervento dopo la presenza della difettosità, in quanto risulta meno

onerosa e anche perché riguarda un meccanismo alquanto delicato. Le cosiddette “palette” hanno l’obiettivo di afferrare il crudo nella fase di discesa del robot e di trasferirlo all’interno del dispositivo per essere vulcanizzato. L’intervento di regolazione si effettua in 2 step: nel primo si fissa, attraverso un meccanismo composto da una “ghiera”, la misura del calettamento della copertura, mentre nel secondo viene sistemato il dispositivo in modo da adattarsi perfettamente alla copertura. La differenza sostanziale tra i due step è che nella prima fase la regolazione avviene a intervalli già prefissati, relativi alle misure dei diversi calettamenti, mentre la seconda fase permette una regolazione molto meno significativa, ma soggettiva. Quest’ultima, infatti, ha lo scopo di limare le differenze di caratteristiche, introdotte in fase di progettazione, che possono esistere tra pneumatici della stessa misura. Una volta regolato le palette, che serviranno a sollevare lo pneumatico, verrà testato il “gioco” di quest’ultimo, in modo tale che questo sia libero di muoversi, pur restando sospeso, nella fase di sollevamento. La centratura del caricatore, invece, è un’operazione più complessa, che riguarda l’allineamento della copertura rispetto alla base del dispositivo di vulcanizzazione, in fase di discesa dopo essere stato trasferito dal cestello alla zona di lavoro. Questo intervento viene compiuto in modo tale che sia gli assi tra copertura e dispositivo siano allineati, ma anche che i piani dello pneumatico e del dispositivo siano perfettamente paralleli. L’operazione viene effettuata praticamente attraverso un particolare “tools” che permette di capire quando il caricatore è centrato; mentre con una livella apposita viene garantita la non inclinazione del piano. Dato il peso elevato delle componenti in gioco l’operazione risulta molto difficile. La copertura presa da robot, quindi viene afferrata dalle palette del caricatore e trasferita all’interno del dispositivo dove subirà l’operazione di vulcanizzazione.

Dai dati raccolti relativi agli interventi compiuti nella riduzione del difetto sono state studiate le probabilità di successo delle due attività, per avere un’informazione più attendibile sull’effettivo miglioramento della difettosità. Definendo, quindi, una variabile “successo” nei seguenti casi:

- Al massimo 2 difetti nel turno successivo all’intervento, poi nessuno per almeno 24 ore
- Nessun difetto e nessun nuovo intervento nelle 24 ore successive

La prima affermazione è necessaria, in quanto, essendo una operazione molto delicata e soggetta alla manualità dell’operatore, è richiesto un numero iniziale di prove che può generare delle difettosità.

L'estrazione dei dati dal database degli interventi ha evidenziato nel periodo di analisi 8 interventi di centratura del caricatore e 6 di regolazione delle palette.

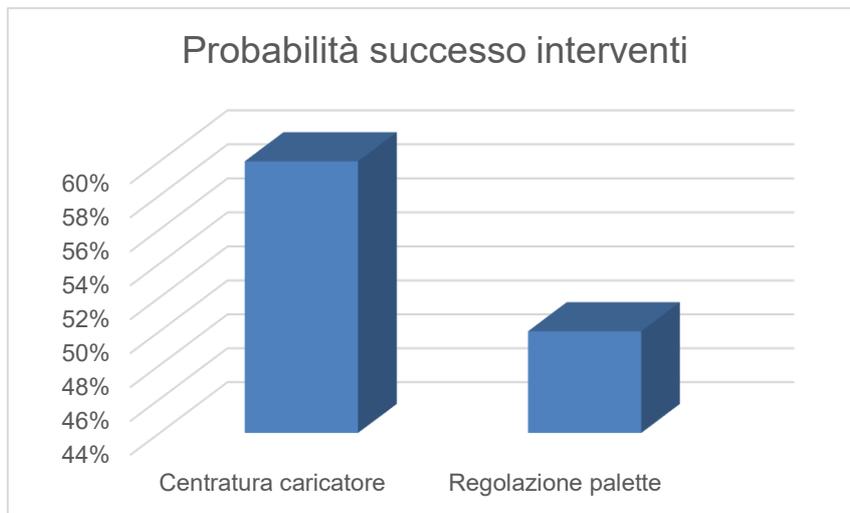


Figura 7. 11 - Probabilità di successo delle operazioni per la tipologia di difetto

Dal grafico (Figura 7.10) è possibile osservare come circa il 60% degli interventi di centratura del caricatore ha avuto successo, mentre l'attività di regolazione delle palette ha avuto il 50% di successo.

7.4 Procedura di miglioramento proposta

Lo studio fornisce spunti di riflessioni sul grado di variabilità e soggettività relativa a queste due operazioni, che non sempre portano ad una soluzione immediata. Dall'analisi emerge come questa classe di operazioni diventa ancora più complicata quando le coperture per natura progettuale, discussa nel secondo paragrafo, oppure per criticità emerse nel processo, presentano delle differenze, anche impercettibili, che influenzano in maniera determinante la fase d'intervento. Data la presenza di un elemento di soggettività in entrambe le procedure, le operazioni potrebbero essere influenzate, molto spesso, dall'esperienza o dalla manualità dell'operatore.

Una soluzione che può essere pensata in ottica di riduzione delle non conformità di questa tipologia riguarda delle verifiche ispettive, da parte del team di qualità, sui seguenti aspetti:

- Verifica "gioco" dello pneumatico sulle palette

- Corretta centratura
- Controllo ghiera
- Misurazione circonferenza tallone

Partendo dalla considerazione che circa il 58% dei difetti avviene nelle prime 50 “cotture” dopo il cambio specifica, e osservando la distribuzione dei difetti in questa situazione (Figura 7.11) è possibile definire una procedura strutturata.

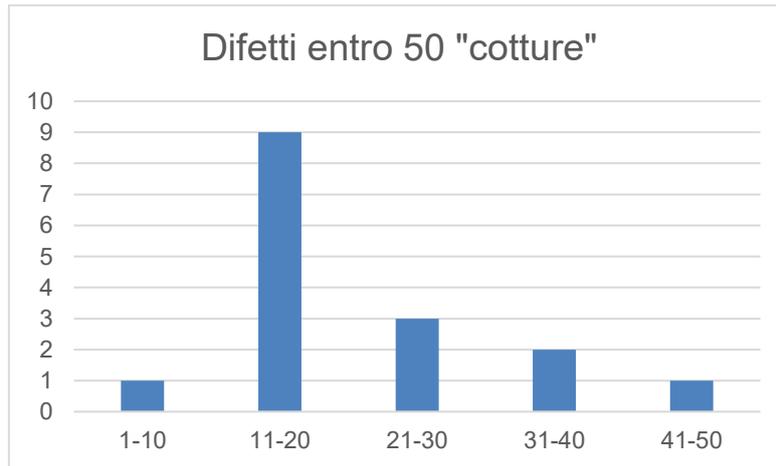


Figura 7. 12 - Distribuzione dei difetti all'interno dei primi due "cluster"

Dal momento che il 56% delle difettosità avviene nel secondo cluster, potrebbe essere inserita un'ispezione subito dopo la decima “cottura” (N), così da intercettare possibili anomalie. Un riscontro positivo al termine dei controlli previsti farebbe ripartire il normale processo di vulcanizzazione; se, invece, si riscontrasse qualsiasi irregolarità si procederebbe al controllo diretto sul pezzo successivo appena vulcanizzato. Se questo presentasse delle incongruenze, ad un primo controllo visivo, allora in questo caso si procederebbe direttamente alla richiesta di un intervento da parte del personale addetto. Nel caso in cui il pezzo risultasse regolare, si programmerebbe una nuova ispezione dopo le successive 5 “cotture” (n). In questo caso si procederà al controllo esclusivo di ciò che era risultato anomalo alla prima verifica, in modo tale da evitare controlli superflui. Un riscontro positivo farebbe ripartire il normale processo di vulcanizzazione, mentre eventuali irregolarità porterebbero ad un'ulteriore controllo sul pezzo successivo. Se il pezzo venisse giudicato “ko”, si richiederebbe un intervento, altrimenti il processo di vulcanizzazione procederebbe senza nessun altro controllo. Un riscontro positivo nell'ispezione, invece, porterebbe alla ripresa della normale procedura di vulcanizzazione. I vantaggi di questa procedura (Figura 7.12) sono rappresentati dalla

non onerosità dei controlli effettuati e dalla doppia verifica sia sui componenti fisici della macchina, sia sul pezzo finito. Il primo permette di effettuare verifiche che prevedono una durata ridotta, che non comporta un eccessivo sovraccarico delle risorse. Il secondo vantaggio prevede di non limitarsi al solo controllo del pezzo, in quanto il difetto essendo non sistematico, non sempre è preceduto da anomalie visibili. Nonostante ciò al fine di rendere più snello il controllo ed evitare attività superflue, l'idea è di eseguire le ispezioni esclusivamente sulle specifiche che, dall'analisi di inizio del capitolo, risultano essere quelle più critiche. Una volta definita quindi una lista di tipologie di coperture critiche per questo tipo di difettosità si procederà all'esecuzione di questa procedura solo al loro ingresso in produzione.

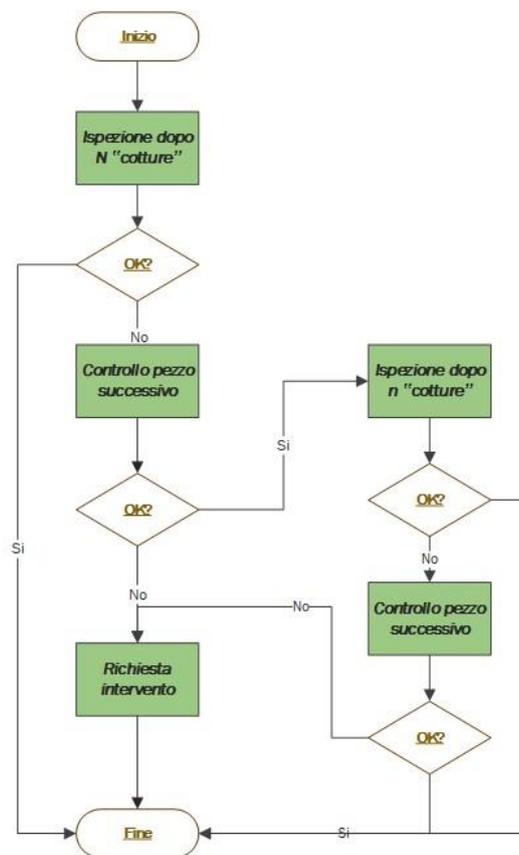


Figura 7. 13 - Procedura proposta per il miglioramento

L'importanza di questa analisi è utile a capire quali siano gli interventi che risultano convenienti di fronte ad un difetto di questo tipo e capire quali sono i punti deboli. Sicuramente una difficoltà non sottovalutabile nello studio di questa parte è legata alla mancanza di misurabilità di valori che aiutino a correggere la procedura. Grazie al sistema descritto nei capitoli precedenti questo è reso possibile, ma è necessario un

approfondimento su una quantità di dati relativi agli interventi più significativa. Tuttavia, in questa parte è risultato essere un fattore fondamentale la soggettività delle operazioni di intervento, legata a particolari eventi relativi a componenti della macchina. Questa combinazione, insieme alla complessità della natura del difetto date le numerose cause scatenanti, è evidente porta a incrementare la presenza della non conformità descritta in questo capitolo.

Capitolo 8

Benefici offerti dal sistema e miglioramenti futuri

Un sistema di controllo qualitativo sia al livello di accettazione all'ingresso sia nei vari step produttivi, ovvero dai semilavorati ai prodotti finiti, richiede un modello complesso per assicurare il rispetto degli standard predefiniti al livello di scelte strategiche aziendali. Un approccio che segue una logica volta all'efficientamento dell'intera filiera produttiva deve necessariamente essere affiancato ad un insieme di step di controlli efficaci e mirati. Il modello che descrive un sistema che si muove secondo una metodologia "step-by-step", incentrata sul monitoraggio di ciò che avviene in ogni elemento del processo produttivo, può essere considerato valore aggiunto nell'ottica di raggiungimento del miglioramento.

Il modello generico può essere applicato in realtà in qualsiasi realtà in cui debba essere previsto un controllo importante e costante utile al miglioramento dell'efficienza. La sua applicazione infatti può cambiare in base all'ambito in cui questo viene utilizzato; infatti, il sistema può essere visto come un intero processo produttivo, o solo un'area di essa, ma anche come un gestore di servizi o un ambiente software. Il concetto principale che collega tutte le sue applicazioni riguarda quello di "monitoraggio", ovvero la verifica sul corretto funzionamento dell'oggetto in esame attraverso parametri caratteristici. L'aspetto caratterizzante è rappresentato dalla necessità di ricevere informazioni dal controllo finale per poter attuare le giuste correzioni in caso di criticità o garantire il mantenimento di un certo livello di flusso. L'operazione di "feedback" è considerata essenziale per il raggiungimento del completo controllo del processo, intervenendo tempestivamente a fronte di eventuali derive.

L'attuazione di un sistema che funzioni correttamente secondo le modalità appena, descritte però deve possedere una serie di caratteristiche di base. Il modello può considerarsi valido da questo punto di vista se possiede alcuni fattori precisi:

- Misurabilità dei dati
- Definizione parametri significativi di controllo
- Attenzione nel controllo sul funzionamento

- Tempestività nell'intervento a fronte di criticità

La presenza di questi elementi determina il successo di un sistema incentrato sul monitoraggio di un flusso più o meno complesso di dati. Da questo punto di vista il sistema che è stato progettato e implementato durante il mio lavoro di tesi presenta due importanti funzionalità. Da un lato si prevede l'utilizzo come uno strumento adatto al controllo della qualità del processo produttivo, ma dall'altro lato è stato realizzato con l'idea che fosse un sistema in grado di essere monitorato. L'implementazione oggetto del mio elaborato ha determinato alcuni elementi di beneficio che possono essere ricollegati al concetto fino a ora descritto e che verranno approfonditi nel corso di questo capitolo.

8.1 Definizione di un controllo sulla registrazione

La misurabilità del processo è stata definita come uno degli aspetti chiave quando si ha l'obiettivo di raggiungere l'efficienza operativa. La garanzia sulla predisposizione di un qualsiasi processo ad essere valutato da un punto di vista analitico è data dalla possibilità di avere a disposizione dati quantitativi. Il modello, per essere tale, deve quindi trattare una serie di dati che presentano delle scale di misura ben precise. Il sistema risulta essere progettato per la registrazione dei dati che risultano codificati attraverso caratteri numerici che lo rendono efficace nella costruzione di nuovi parametri di controllo. La struttura del database che contiene le informazioni relative agli interventi di qualità svolti permette anche la registrazione di altre informazioni, come ad esempio la data e l'ora della registrazione, lo stato, l'esito, le specifiche, ecc. Tutte queste informazioni permettono di costruire degli indicatori ad "hoc" per definire alcuni aspetti fondamentali nel suo funzionamento, ma che forniscano anche statistiche significative sul processo. Per ognuno di essi si ha la possibilità di definire una scala di misura differente, ovvero individuare la tipologia di relazione tra valori numerici corrispondenti agli attributi della variabile in esame. Questi strumenti permettono di comunicare al meglio il significato delle informazioni, che altrimenti non sarebbe interpretabile. Grazie alla struttura della con la quale è stato progettato e realizzato il sistema è possibile quindi identificare due classi di indicatori che saranno presi in esame: indicatori di performance e statistiche sul processo. Il primo tipo ha lo scopo di definire una classe di indicatori che misurino se l'efficienza con cui questo viene utilizzato, mentre il secondo fornisce una serie di indicazioni sulle caratteristiche del processo in analisi.

Gli indicatori di performance possono essere pensati come parametri di controllo su come il sistema viene utilizzato dagli utenti e quindi anche su come questi riescano a svolgere al meglio le loro attività. La scelta progettuale legata alla duplice funzione di apertura e chiusura degli interventi mostra, in primo luogo, la possibilità di avere un'informazione relativa all'inizio e alla fine di un'attività. Pertanto, nel database è stata predisposta la registrazione della data e dell'ora di apertura e di chiusura di un intervento. Questa struttura fornisce un vantaggio importante in ottica di misurazione dell'intervallo di tempo in cui un'attività viene portata a termine. Nasce quindi la possibilità di definire un indicatore *Average Closing Time (ACT)*, su un orizzonte temporale predefinito, in questo modo:

$$(1) \quad ACT = \frac{\sum_{i=1}^N (Te_i - Ti_i)}{N}$$
$$\forall i \in \{0,1, \dots, N\}: Te_i - Ts_i \neq 0$$

Nella formula (1) i rappresenta l' i -esima attività svolta tale per cui l'intervento sia tra quelli che prevedono un tempo di apertura diverso da quello di chiusura; mentre Te_i e Ts_i , rappresentano rispettivamente l'istante di chiusura e quello di apertura dell'intervento. L'indicatore quindi si basa su una scala di rapporto che indica mediamente il tempo impiegato a chiudere un intervento aperto su un certo orizzonte temporale che può essere definito arbitrariamente (giorno, settimana, mese, ecc.). Il valore di ACT, quindi, è utile per fornire indicazioni su possibili complicazioni di diversa natura che portano a non concludere le attività iniziate. Questa informazione in realtà nasce dalla definizione della misura del tempo di chiusura di una attività, dato essenzialmente dal numeratore dell'ACT considerato singolarmente per ogni attività. Questa misura può essere utilizzata per capire come le durate delle attività si distribuiscono in un dato periodo di tempo. In questo modo è possibile effettuare delle analisi statistiche più approfondite sui tempi di chiusura delle attività.

Un altro indicatore utile per comprendere le performance del sistema riguarda l'efficienza di chiusura degli interventi aperti, misurata attraverso il Closing Efficiency Indicator (CEI). In generale si vuole fornire una misura sul grado con cui il team di qualità riesce a portare a termine le attività iniziate. Questo si inserisce in un'idea di fondo in base alla quale ogni intervento porta comunque ad un risultato in ottica di riduzione delle cause di non conformità. Il valore sarà ottenuto attraverso la seguente formula:

$$(2) \quad CEI = \frac{AC}{TOA} \times 100$$

Il parametro, espresso in percentuale, è dato dal rapporto tra il numero di attività che risultano chiuse (AC) e il numero totale di attività che erano in stato “open” (TOA), all’interno di un periodo di riferimento arbitrario; anche in questo caso può essere stabilita una scelta sulla base delle esigenze di misurazione. L’indicatore sarà rappresentato attraverso una scala di rapporto e maggiore sarà il valore più efficiente sarà il processo.

I precedenti due parametri sono relativi alla chiusura di interventi, ma non tengono in considerazione la bontà con cui questi in realtà vengono svolti. L’introduzione, nel sistema di registrazione, di un livello qualitativo sull’esito degli interventi svolti può essere utilizzato in questa fase per avere informazioni di questo tipo. È possibile pensare quindi di definire un indicatore che permetta di misurare il grado di criticità delle azioni svolte, per individuare diverse attività correttive. Il valore dell’indicatore in questione, ovvero il Criticality Index (CI), è dato da:

$$(3) \quad CI = \frac{NA}{TCA} \times 100$$

Il valore del parametro (3) è dato dal rapporto tra il numero degli interventi con esito negativo (NA) e il numero totale di attività con stato “close” (TCA). L’obiettivo di questo indicatore è quello di fornire un valore in percentuale degli interventi che, almeno al livello qualitativo, sono risultati negativi in un certo intervallo di tempo. Questo valore può fornire, quindi, un’indicazione su eventuali aumenti improvvisi di interventi che abbiano un esito “negativo”. Il parametro si collega indirettamente poi alle statistiche relative al successo di ogni intervento; ovvero, all’individuazione sulle probabilità di successo di ogni singolo intervento rispetto a una tipologia di difetto.

La seconda classe di KPI identifica quindi l’insieme degli indicatori che non sono relativi alle performance nelle attività di correzione, ma forniscono informazioni legate alle criticità di processo; oltre a parametri di questo tipo possono essere individuate altre statistiche utili. La necessità di agire sempre tempestivamente, anche a seguito di un intervento che non ha portato a nessun miglioramento, porta alla definizione di un modello che fornisca informazioni relative allo stato attuale. L’idea è quella di focalizzare

l'attenzione dell'operatore quando ciò che si sta svolgendo possa avere un impatto sulle non conformità di processo. A partire dall'individuazione in fase di progettazione di una classe di interventi, che può portare a modificare positivamente o negativamente lo status attuale, è possibile definire un particolare indicatore. Quest'ultimo vuole essere pensato per fornire un'informazione sul grado di attenzione da prestare a seguito di interventi particolarmente significativi. Il valore del Significant Impact Index (SII) sarà dato dalla seguente formula, dove SA, indica il numero delle attività significative, il denominatore rappresenta il numero totale degli interventi e CD le tipologie di non conformità relative a SA:

$$(4) \quad SII = \frac{SA}{TCA + TOA} \times CD$$

Attraverso questo parametro (4) è possibile dare un'indicazione sul grado di attenzione che il team di qualità deve avere in base alle attività svolte. Il valore, pertanto, fornisce l'incidenza delle attività che potrebbero manifestare un impatto significativo sul totale delle attività moltiplicato per il numero delle tipologie di difetti che coinvolgono. La formula mostra come all'aumentare delle attività ad elevato impatto l'indicatore SII aumenta; lo stesso si verifica all'aumentare del mix di difetti sui quali ci si trova a intervenire. Maggiore è il valore di questo parametro maggiore dovrebbe essere l'attenzione del team in quanto si ha un'elevata complessità dello stato attuale.

Insieme a questi parametri è possibile fornire ulteriori indicazioni relative alle tipologie di intervento e alle variabili presenti nel processo produttivo. Un'informazione importante può essere fornita attraverso la creazione di una lista comprendente le 10 attività con una maggiore frequenza, rappresentate attraverso un istogramma a barre. Allo stesso modo è possibile registrare quali sono le principali tipologie di non conformità, o le macchine di produzione, sulle quali si effettuano il maggior numero di interventi. La mancanza di un riscontro sull'esito di un'attività svolta può portare a sottovalutare l'aspetto dell'inefficacia di una particolare azione su una classe di difetti. L'introduzione, quindi, di una statistica che riporti gli interventi con la percentuale più alta di "esiti negativi" può rivelarsi un'indicazione molto utile. Sulla base di ciò potrebbe essere svolta, ad esempio una verifica sulle modalità con cui la procedura viene svolta o addirittura rivedere l'utilizzo di quel particolare intervento per una certa tipologia di difetto. In generale, comunque, queste statistiche relative alle variabili del processo possono essere

utili come input per effettuare delle analisi statistiche più approfondite e individuare cause di possibili inefficienze nelle procedure.

8.2 Riduzione dei tempi di compilazione del report

Il nuovo sistema che si vuole mettere in piedi è pensato secondo una logica di miglioramento delle condizioni di lavoro nel team di qualità, con l'obiettivo di eliminare le inefficienze. La sostituzione di alcune procedure che rappresentavano il cuore delle attività centrali svolte dagli istruttori porta ad alcuni cambiamenti con vantaggi in termini di riduzioni di operazioni. L'inserimento di un nuovo sistema di registrazione degli interventi correttivi svolti, oltre a fornire una serie di informazioni fondamentali, consente la sostituzione di differenti strumenti di informazione con un unico report. La realizzazione del nuovo report di fine turno si fonda sulla raccolta di tutte le informazioni necessarie, che precedentemente venivano organizzate su due strumenti differenti. La stesura di una mail e la compilazione di un report con le indicazioni relative ad ogni specifica di produzione tenderanno a scomparire per lasciare spazio al nuovo unico report che sarà costruito sulle informazioni inserite durante il turno. Questo meccanismo riduce sostanzialmente il duplice inserimento di informazioni, a volte anche ridondante, che evidenzia comunque una inefficienza nell'impiego del proprio tempo di lavoro. La sostituzione del nuovo report unificato dovrebbe portare ad una riduzione del tempo di inserimento delle informazioni rispetto alla procedura antecedente. Inoltre, sono stati previsti alcuni cambiamenti che procedono verso la direzione di un sostanziale abbandono di strumenti statici di lavoro e un maggior uso di strumenti che prevedono un aggiornamento in tempo reale. L'abbandono di alcune attività di verifica legate ad un approccio abitudinario ma non sempre efficaci portano in qualche modo ad un risparmio di tempo, che rappresenta una risorsa fondamentale nelle realtà aziendali.

8.3 Da “Know-how” a “Know-that”

Uno degli aspetti fondamentali legati al successo di un'azienda in un determinato settore è rappresentato dalla conoscenza o esperienza che questa possiede. In letteratura molto spesso si tende a evidenziare la netta distinzione sulla base di dove questa risiede, ovvero nelle persone o nel capitale. La differenza principale è data dalle modalità con cui si attinge a queste due forme di conoscenza, una volta scoperto quale delle due prevale. In

realtà non esiste un vero e proprio vantaggio ad avere solo una tipologia, ma generalmente le aziende dovrebbero avere un mix delle due; questo perché in alcuni casi è preferibile che sia nelle persone in altri che sia nel capitale. Una conoscenza incorporata nelle persone è tendenzialmente non codificabile, tacita e sicuramente privata mentre quella che risiede nel capitale presenta caratteristiche precisamente opposte. L'introduzione del sistema sviluppato in ambito qualità durante il mio lavoro di tesi tende a creare una conoscenza che sia trasferibile dalle persone che la possiedono. Avere informazioni relative agli interventi, e a tutte le caratteristiche supplementari, permette di prendere conoscenza su come si affrontano determinate criticità e se esistono miglioramenti.

La strutturazione di un database rende tutta l'informazione, che prima era di tipo "non codificabile", in "codificabile" attraverso un linguaggio che permette di esprimere la conoscenza. L'esperienza, in questo caso, che risiedeva in gran parte nelle persone può essere in qualche modo studiata e compresa anche in senso più allargato. La riduzione dell'aspetto tacito della conoscenza fa nascere una sorta di "Know-that", ovvero di un insieme di informazioni a cui è facile accedere grazie alla semplicità con cui queste vengono rappresentate. L'aspetto positivo di tutto questo processo è dato dalla semplificazione di parte dell'esperienza degli operatori (Know-how), di livello estremamente superiore, ad una conoscenza molto più facile da utilizzare. Il vantaggio che permette la realizzazione di un sistema con queste caratteristiche è dato dallo "sharing" di informazioni. Questo aspetto porta ad avere un miglior flusso di conoscenza all'interno dell'area aziendale, garantendo una condivisione del know-how per far emergere quelle indicazioni, che rappresentano una semplificazione dell'esperienza delle risorse.

8.4 Miglioramenti futuri

La descrizione dei benefici ottenibili dall'utilizzo del nuovo modello, introdotto a supporto del controllo qualità all'interno del reparto di Pirelli, fornisce un'idea chiara sugli obiettivi in cui è stato riposto maggiormente il focus. La fase di progettazione è stata pensata sulla base di criticità di alcune procedure o sulla base di nuove esigenze, avendo sempre chiari i vincoli al contorno presenti. Tuttavia, il miglioramento portato attraverso l'introduzione di questo nuovo sistema non soddisfa ovviamente tutto il potenziale di progresso possibile. La necessità di mettere insieme le esigenze e bisogni degli utenti

utilizzatori ha portato alla nascita di un sistema che sia stabile e allo stesso tempo efficiente, ma che crea molte aree di miglioramento che possono essere apportate, in differenti ambiti. In questo paragrafo si citeranno alcuni possibili miglioramenti ai quali sarebbe possibile dedicare ulteriori lavori di ricerca avendo come base di partenza proprio il sistema oggetto dell'elaborato.

Innanzitutto, l'organizzazione delle informazioni nel report di fine turno con il nuovo sistema è articolata sulla base dei criteri visti precedentemente. Focalizzandoci sugli interventi che risultano "aperti" sarebbe opportuno stabilire un criterio di ordinamento più strutturato di quello previsto attualmente. Il massimo risultato sarebbe ottenibile dalla creazione di un principio innovativo basato su un algoritmo di prioritizzazione, creando degli opportuni indicatori. I nuovi parametri dovrebbero tenere in considerazione aspetti come "urgenza" e "importanza" d'intervento, che dovrebbero dare un'indicazione, sulla priorità da dare agli interventi, da un punto di vista analitico. Questi potrebbero essere basati ad esempio sul tempo in cui la non conformità è sopra un certo limite fissato come riferimento (urgenza) e sull'entità dell'impatto causato da una particolare tipologia di difetti (importanza). Ad esempio, potrebbero essere utilizzati, per i parametri misurabili, indicatori come media e deviazione standard, oppure in base al percentile 97,5% per individuare il grado di urgenza. L'impatto di un difetto invece dovrebbe essere studiato in base ad una classificazione, che evidenzia la loro frequenza, ripetibilità e rilevanza. In questo modo si avrebbe una scelta della priorità degli interventi da svolgere con una significatività maggiore, data dalla conferma numerica.

L'immagazzinamento di tutte le informazioni all'interno del database che è iniziata nella parte conclusiva della mia esperienza in Pirelli creerà un livello di conoscenza che dovrà essere analizzata e studiata. Il popolamento del database permette infatti di entrare in possesso di dati prima assenti e che dovranno essere analizzati più approfonditamente per ottenere risultati significativi. Ad esempio, grazie alla registrazione degli interventi, con le altre informazioni supplementari, potrà essere effettuato uno studio singolo sulle probabilità di successo che ogni singola attività ha rispetto ad una tipologia di difetto. Questo potrebbe garantire, oltre una conoscenza su quale siano gli interventi con maggior successo, anche l'individuazione di azioni che hanno in realtà un impatto maggiore. L'analisi, ovviamente, potrebbe essere svolta anche valutando l'impatto costo-beneficio di ogni singola attività. Inoltre, potrebbe essere utile effettuare uno studio numerico sui benefici portati in termini di riduzione dei tempi. Questo sarà possibile nel momento in cui si avranno a disposizione un campione di dati sufficienti e l'acquisto di una esperienza degli operatori, tale da considerare il sistema ormai ben inserito nelle procedure aziendali.

La struttura progettata rimane comunque all'interno del perimetro del processo di controllo qualità, portando con sé dei limiti dovuti a una mancanza di informazioni che provengono da altre funzioni aziendali. L'aspetto che porterebbe sicuramente a risultati di gran lunga migliori è l'espansione del modello anche ad altri ambiti del reparto, come ad esempio la manutenzione o l'area di vulcanizzazione. Il vantaggio sostanziale risiede nella creazione di una comunicazione strutturata dei sistemi in aree diverse. Questa permetterebbe di avere quelle informazioni fondamentali per compiere delle analisi statistiche migliori. Allo stato attuale gli studi statistici effettuati sono rilevanti, ma allo stesso tempo grazie al sistema si potrebbe garantire risultati migliori sotto questo punto di vista.

Capitolo 9

Conclusioni

Lo studio delle procedure legate al controllo qualità, insieme all'importanza legata alla gestione e al monitoraggio diretto dei dati, rappresentano uno dei principali elementi di valore nel mantenimento della stabilità del processo. La variabilità intesa come soggettività introdotta in qualsiasi livello del sistema produttivo porta ad una mancanza di standard univoci che garantiscono un flusso costante. La standardizzazione risulta uno degli aspetti chiave nell'implementazione di procedure rigorose sia di controllo sia di analisi. In tutto questo ambiente il flusso continuo di informazioni ci permette di avere un'indicazione e un feedback in ogni momento su cosa stiamo facendo, come stiamo operando e in che direzione è possibile andare. La mancanza di questo tipo di caratteristiche genera criticità che si traducono in una mancanza di organizzazione nell'affrontare in maniera efficace le non conformità di processo.

Nel mio lavoro di tesi svolto all'interno dell'area di qualità del reparto NextMirs di Pirelli si è focalizzata l'attenzione verso ognuno di questi aspetti al fine di garantire un miglioramento che vada nella giusta direzione. La progettazione di un modello di gestione e immagazzinamento dati che fornisca informazioni utili per compiere analisi statistiche ha permesso di studiare in maniera approfondita una particolare tipologia di difetto. Le analisi statistiche in questo caso assumono un valore aggiuntivo dato dalla definizione delle probabilità di successo rispetto ad una non conformità, come evidenziato nel capitolo 7. Lo studio ci mostra come sia possibile applicare il modello per stabilire una classifica di attività risolutive; individuando quelle, ad esempio, a minor impatto in termini di utilizzo delle risorse. Un'analisi approfondita su una particolare tipologia di difetto ha portato alla definizione di una procedura di controllo volta alla riduzione delle non conformità. I risultati ottenuti mostrano una serie di cause scatenanti il difetto che sono riconducibili ad uno stesso schema. La soluzione proposta garantirebbe un controllo "in progress" per limitare anomalie che genererebbero un maggior impatto negativo.

Le analisi statistiche che, grazie al sistema, è possibile realizzare si legano a stretto contatto con una rapida e immediata visualizzazione grafica. Le informazioni che vengono immagazzinate, infatti, risultano organizzate in una nuova logica che porta a

ridurre i tempi di intervento. Il sistema informativo realizzato nel corso del mio lavoro è stato pensato per avere un grande vantaggio di integrabilità con i sistemi in uso in azienda. Il risultato ha permesso di evitare la duplicazione di azioni, ma soprattutto lo ha reso complementare al sistema circostante. Questo risultato è stato raggiunto anche grazie all'interattività con la quale è stata costruita l'interfaccia di inserimento. Il sistema, infatti, mostra una riduzione dei tempi di estrazione e gestione delle informazioni, ma raggiunge il suo massimo valore grazie alla quantità di dati che saranno presenti all'interno dell'ambito di controllo qualità. Il filo conduttore di questo metodo di progettazione e realizzazione del sistema è rappresentato dalla standardizzazione di procedure e "best practice" non consolidate. I risultati di un modello di questo tipo, in termini di monitoraggio, sono possibili solo se tutto il processo segue degli standard. Una volta definiti quest'ultimi, insieme alla quantità di dati raccolti, si ha a disposizione il giusto mix per definire un certo numero di indicatori. I parametri definiti nel capitolo 8 permettono, infatti, una volta delimitata una nuova procedura, di misurarla per un miglioramento costante. L'individuazione di valori target, per gli indicatori trovati, risulta essere il passo decisivo per sfruttare al meglio un processo di questo tipo. Le nuove procedure di registrazione di attività svolte e di ricerca delle informazioni per effettuare analisi approfondite, saranno integrate agli strumenti implementati. Il passo precedente allo svolgere uno studio sui parametri da valutare non sarà più dato dalla scrittura e ricerca di informazioni in una e-mail, ma attraverso una serie di processi standardizzati mirati. L'organizzazione dei dati dei parametri sarà automatica e garantirà una maggiore immediatezza grafica e facilità di lettura.

Lo studio ha permesso di applicare metodi e strumenti di analisi, risultato di un apprendimento sia al livello teorico sia a un livello pratico. L'applicazione di questo modello ad un processo di controllo qualità mostra come sia fondamentale il flusso di informazioni, con la relativa gestione, nella realizzazione di procedure standardizzate per il monitoraggio dei sistemi per la riduzione della non conformità. Il risultato è un miglioramento sostanziale delle procedure utilizzate allo stato dell'arte attuale per la gestione del sistema di qualità.

Appendice

In questa sezione è riportato parte del codice relativo alla realizzazione del sistema descritto nel corso dell'elaborato. Come già precedentemente anticipato il linguaggio di programmazione utilizzato è Python, attraverso le sue numerose librerie.

L'utilizzo di pandas e sqlalchemy, due particolari, librerie del software hanno permesso l'estrazione dei dati dai database presenti, e la relativa gestione dei dati. Attraverso opportune query infatti è possibile accedere alle informazioni, contenute nella base di dati, e utilizzarle opportunamente attraverso dataframe. Quest'ultimi rappresentano delle strutture di pandas, simili a delle tabelle, ma con enormi potenzialità in termini di funzioni per la gestione dei dati (ordinamento, filtro, ecc.)

```
import sqlalchemy
from sqlalchemy import create_engine
import pyodbc
import pandas as pd

qlt_engine = create_engine('mssql+pymssql://User:Password@Server_name/Database')

query_act= """
SELECT [QLT activity]
,[QLT code]
,[QLT_area]
,[QLT_class]
,[QLT_group]
FROM [Quality_Next].[dbo].[ACT_QUALITY]
"""

df = pd.read_sql(sql=query_act, con=qlt_engine)
df_sort = df.sort_values(by=[('QLT_area'),('QLT_code')],ascending=(True))
df_bld = df_sort.loc[(df_sort['QLT_area'] == "BL")]
```

Una volta estratti i dati e organizzati nella maniera più opportuna, questi possono essere utilizzati per creare liste di elementi che verranno utilizzate per la creazione di menù di selezione nella parte grafica. A questo punto grazie alla libreria di wxPython è possibile creare il *frame* che contiene il *panel* con i relativi widget, che compongono la maschera di inserimento. Infatti, si è partiti attraverso la definizione di un *frame*, che rappresenta il riquadro principale, all'interno del quale si sono posizionati tutti i diversi *panel* e

BoxSizer. La logica utilizzata da questa libreria è simile a quella di un contenitore padre-figlio, ovvero una volta definito il contenitore principale (*frame*), questo viene riempito da altri elementi (*panel*), all'interno dei quali a loro volta è possibile inserire diversi frammenti (*box-sizer*). La creazione dei *panel* avviene attraverso l'utilizzo di un altro costruito chiamato *notebook*. La peculiarità di questo oggetto è rappresentata dalla possibilità di visualizzare pagine differenti nello stesso spazio fisico, solamente attraverso la selezione di "schede". Una volta definita quindi la struttura principale della pagina il passo successivo riguarda l'inserimento nei *boxsizer* dei widget, ovvero strumenti diversi per l'interazione con la pagina. Il risultato è ottenere una finestra con al suo interno widget del tipo:

- *Check-box*: utilizzate per scelte multiple come ad esempio per la scelta delle macchine in base all'area in cui esse si trovano;
- *Radio-button*: strumenti per la selezione esclusiva rispetto ad un parametro, per esempio per la scelta dell'operatore che inserisce l'intervento, oppure per la scelta della tipologia di inserimento;
- *Combo-Box*: necessarie per avere liste ordinate per la selezione singola di un parametro, utilizzata per esempio per la scelta delle macchine;
- *List-box*: per la selezione singola o anche multipla all'interno di una lista completa di valori, per esempio utilizzata per l'inserimento dell'evento "difetto" o dell'intervento da effettuare;
- *Button*: pulsanti di conferma, per la conferma dell'inserimento, o per la cancellazione dei valori scelti nella pagina dopo un errore;
- *Calendar*: per la scelta della data nella quale l'intervento è stato svolto;
- *List-ctrl*: rappresenta una lista di record, quindi formata da più colonne, ognuna contenente un valore, nel mio caso per esempio è stata utilizzata per la visualizzazione della lista di interventi "aperti".

```

class PanelClass(wx.Panel):
    def __init__(self, parent, colour):

        wx.Panel.__init__(self, parent,
style=0)#wx.BORDER_SUNKEN)
        self.SetBackgroundColour(wx.Colour(255,255,255))

        title = wx.StaticText(self, -1, "Database Quality Next")
        mainSizer = wx.BoxSizer(wx.VERTICAL)
        titlesizer = wx.BoxSizer(wx.HORIZONTAL)
        upsizer = wx.StaticBoxSizer(box1, wx.HORIZONTAL)

        [...]

        gridsizer_up = wx.FlexGridSizer(cols=2, hgap=50, vgap=50)
        gridsizer_lo = wx.FlexGridSizer(cols=2, hgap=50, vgap=50)

        self.listspec = wx.ListBox(self, -1, wx.DefaultPosition, (125,
150),
                                _prodlst, wx.LB_EXTENDED)
        self.prod = wx.CheckBox(self, -1, "Produzione")
        self.indu = wx.CheckBox(self, -1, "Prototipi")

        [...]

        self.button1 = wx.Button(self, 10, "Conferma")
        self.button2 = wx.Button(self, 10, "Cancella")

        titlesizer.Add(lbl, 0,
wx.ALL|wx.ALIGN_CENTER|wx.EXPAND, 3)
        mainSizer.Add(titlesizer, 0,
wx.ALIGN_CENTER_VERTICAL,5)
        gridsizer1.Add(label1, 0, wx.LEFT, 3)
        gridsizer1.Add(self.listspec, 0)
        upsizer.Add(gridsizer1, wx.LEFT)
        mainSizer.Add(upsizer,0, wx.LEFT, 0)

        [...]

        self.SetSizerAndFit(mainSizer, wx.ALL|wx.EXPAND)
        mainSizer.Layout()
        mainSizer.SetSizeHints(self)
        mainSizer.Fit(self)

app = wx.App(False)
frame = PanelClass(None, wx.ID_ANY, "")
app.SetTopWindow(frame)
frame.SetSize((X,Y))
frame.Show()
app.MainLoop()

```

La compilazione dell'interfaccia e la conferma della registrazione dell'intervento porta all'invio dei dati, che sono contenuti nella parte di front-end, al database fisico. Questo può essere realizzato attraverso tecniche e modalità differenti, a seconda del grado di efficienza che si vuole ottenere. La registrazione vera e propria dei dati avviene attraverso

i costrutti *INSERT INTO* e *UPDATE*, nel caso di modifica di informazioni già inserite, previste dal linguaggio SQL.

```
query_ins = """
    INSERT INTO [dbo].[QLT_EVENTS]
        ([NQ_spec], [NQ_mch], [NQ_code], [NQ_subcode]
        ,[NQ_action]
        VALUES ( ?, ?, ?, ?, ?)
    """

query_update = """
    UPDATE [dbo].[QLT_EVENTS]
    SET [NQ_state] = ?
    ,[NQ_result] = ?
    ,[NTQE_dateend] = ?
    WHERE ( [NQ_spec] = ? and
    [NQ_mch] = ? and
    [NQ_code] = ? and
    [NQ_subcode] = ? and
    [NQ_action] = ? and
    )
    """

def OnInsertValues(self, event):
    try:
        edfts = self.edfts.GetString(self.edfts.GetSelection())

        resp_st = self.resp.GetString(self.resp.GetSelection())
        dtevent = wdg_parent.cal.GetDate().Format("%Y-%m-%d")

        [...]

        array_values = [sp_code, sp_short, mch_code, edfts, ecode_st,
        act_st, area, state, resp, turn, dtevent, date, date_end, op_code,
        bar_st, bar_end, note, note_end]

        cursor.execute(query_ins, array_values)
        cnxn.commit()
        cnxn.close()

        [...]

    except wx.PyAssertionError:
        wx.MessageBox('Alcuni campi risultano incompleti. Verificare
        di aver inserito almeno: \n - una specifica \n - un difettoso \n - un
        intervento \n - un turno lavorativo \n - un turno lavorativo \n -
        una macchina di produzione o di misura', "DB_QualityNEXT
        Error", wx.OK)
    except pyodbc.IntegrityError:
        message = wx.MessageBox('Attenzione, l'intervento risulta già
        inserito.')
```

La stampa del report di fine turno che contiene tutte le informazioni registrate è stata realizzata attraverso l'utilizzo del costrutto *dataframe*, per la gestione dei dati, ma insieme al linguaggio HTML. Questo è stato necessario per definire una impaginazione che rispettasse le caratteristiche previste in fase di progettazione. Le potenzialità di un linguaggio di programmazione come Python sono state unite agli ottimi elementi di rappresentazione grafici di HTML e Javascript.

```
def Report(self, event):
    df_report = pd.read_sql(sql=query_view, con=qlt_engine)
    env = Environment(loader=FileSystemLoader('.'))
    template = env.get_template('Report.html')
    template_vars = {
        "data_html" : datetime.now().strftime("%d/%m/%Y"),
        "turno" : "%s" %tn,
        "table_op": df_rep_1.to_html(escape=False, ),
        "table_ng": df_rep_2.to_html(escape=False, ),
        "table_all": df_rep_3.to_html(escape=False, )

    }

    html_out = template.render(template_vars)

<!DOCTYPE html>
<!-- Template by html.am -->
<html>
  <head>
    <style type="text/css">
      html, #page { padding:0; margin:0;}
      body { margin:0; padding:0; width:100%;
      color:#959595; font:normal 12px/2.0em Sans-
      Serif;}
      h2, h3, h4, h5 {color:darkorange;}
      h1 {font-family: 'Releway', sans-serif;
      color:#F9F3F4; text-shadow: 0px 0px
      300px #000; font-size: 200%;}
      h6 {color:darkorange; font-size:12px;}

      table {
        border-collapse: collapse;
        width: 100%;
        }
        th {
          text-align: center;
          background-color: #ffb366;
          border: 2px solid #1C1C1C;
          color: red;
          }
        td {
          padding: 8px;
          text-align: center;
          border-bottom: 1px solid
          #1C1C1C;
          }
    </style>
  </head>
  <body>
```

```
<div id="page">
  <header id="header">
    <div id="header-inner">
      <div id="logo">
        <table >
          <tr >
            <td <h2
style="font:normal 40px/2.0em Sans-Serif;"> Quality <span
style="font:normal 26px/2.0em Sans-Serif;">
NEXTMIRS</span></h2> </td>
          </tr >
        </table>

        [...]

      </div>
    </div>
  </body>
  <script type="text/javascript"
src='scripts/app.js'></script>
</html>
```

Il codice riportato in questa appendice ha l'obiettivo di descrivere l'approccio utilizzato e le funzioni di Python® utilizzate per la realizzazione del sistema di registrazione degli interventi. Per questo motivo, il codice descritto è di natura indicativa, al fine di comprendere al meglio come si è operato, attraverso gli strumenti disponibili in fase di programmazione, per la realizzazione di una modello con le funzionalità discusse.

Bibliografia

Beaulieu, Alan. Learning SQL: Master SQL Fundamentals. " O'Reilly Media, Inc.", 2009.

Cantamessa Marco, Francesca Montagna. Management of innovation and product development. London: Springer, 2016.

Elmasri, Ramez, and Shamkant Navathe. Fundamentals of database systems. Addison-Wesley Publishing Company, 2010.

Franceschini, Fiorenzo, Maurizio Galetto, and Domenico Maisano. Management by measurement: Designing key indicators and performance measurement systems. Springer Science & Business Media, 2007.

Hogg, Robert V., and Allen T. Craig. Introduction to mathematical statistics. (5th edition). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1995.

Kan, Stephen H. Metrics and models in software quality engineering. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.

Lutz, Mark. Learning Python: Powerful Object-Oriented Programming. " O'Reilly Media, Inc.", 2013.

Montgomery, Douglas C. Introduction to statistical quality control. John Wiley & Sons (New York), 2009.

Naiburg, Eric J., and Robert A. Maksimchuck. UML for database design. Addison-Wesley Professional, 2001.

Precord, Cody. WxPython Application Development Cookbook. Packt Publishing Ltd, 2015.

Scott, Kirk. The SQL programming language. Jones & Bartlett Publishers, 2010.

Atzeni, Paolo, et al. Basi di dati: modelli e linguaggi di interrogazione. McGraw-Hill, 2009.

Bibliografia

Coolidge, Frederick L. Statistics: A gentle introduction. Sage Publications, 2012.

Ringraziamenti

La realizzazione di questo elaborato segna la fine del mio percorso universitario, con il raggiungimento di questo meraviglioso traguardo, che è stato ricco di emozioni, soddisfazioni ed esperienze che lo hanno reso unico.

Il primo ringraziamento va al relatore dell'elaborato, il professor Maurizio Galetto, che ha accettato la mia proposta di tesi e mi ha seguito, consigliato e indirizzato, con grande disponibilità e professionalità.

Un ringraziamento doveroso va al responsabile di qualità del reparto, nonché mio tutor aziendale, Silvio Montanari, che, in primo luogo, mi ha dato la possibilità di svolgere questa importantissima esperienza formativa. La sua disponibilità, il tempo dedicatomi e il suo bagaglio di conoscenze mi hanno guidato nella realizzazione del mio lavoro di tesi. Allo stesso modo ringrazio, quindi, tutto il team di qualità del reparto Next Mirs per la collaborazione e la partecipazione mostrata; in generale, una riconoscenza va a tutto l'ambiente di Pirelli, dove ho svolto il lavoro di stage.

Desidero ringraziare tutti gli amici, con i quali ho condiviso questo percorso universitario, e che hanno mostrato in ogni occasione la loro vicinanza e il loro supporto, importante nel trovare le giuste motivazioni per portare a termine il lavoro. Un grazie va agli amici di sempre, quelli che, nonostante la distanza, si sono rivelati fondamentali per il sostegno morale durante tutto questo periodo.

Il ringraziamento più grande va, ovviamente, alla mia famiglia che ha sempre creduto in me. In particolare, non smetterò mai di ringraziare i miei genitori che hanno compiuto enormi sacrifici per permettermi di raggiungere un traguardo così importante; che hanno sempre appoggiato e condiviso le mie decisioni, senza far mancare mai il loro sostegno. L'altro grande grazie è per mia sorella, Daniela, che è stata sempre un punto di riferimento immancabile, dal quale sono riuscito a trovare le giuste motivazioni per superare ogni difficoltà.

