



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

*Studio ed implementazione di metodologie
innovative per la Quality Assurance nel
settore della moda*

Relatore:
Maurizio Galetto

Candidato:
Simone Tieppo

Marzo 2026

Sommario

<i>Abstract</i>	4
<i>Capitolo 1: Introduzione al settore della moda</i>	6
1. <i>Storia del settore</i>	6
2. <i>Focus su Loro Piana: il percorso della Maison nel settore della moda</i>	8
3. <i>Analisi economica del settore</i>	10
4. <i>Descrizione fasi del processo produttivo tessile-laniero: dalla materia prima al prodotto finito</i>	14
<i>Capitolo 2: Analisi della qualità aziendale</i>	20
1. <i>Suddivisione organizzativa dell'area qualità</i>	21
2. <i>Standard e specifiche produttive</i>	23
3. <i>Obiettivi area qualità da raggiungere</i>	29
<i>Capitolo 3: Data for quality: raccogliere i dati ed analizzarli al fine di monitorare e migliorare le performance</i>	33
1. <i>Introduzione ai KPI per l'area tessile e per il prodotto finito</i>	33
2. <i>Analisi degli indicatori di performance creati</i>	41
3. <i>Creazione ed analisi dashboards per la popolazione aziendale</i>	44
<i>Capitolo 4: Statistical Process Control (SPC): come viene utilizzato nel settore tessile-laniero e quali sono i suoi approcci</i>	49
1. <i>Overview sui software utilizzati</i>	52
2. <i>Analisi e preparazione dei dati da usare in SPC</i>	54
3. <i>Creazione carte di controllo</i>	57
4. <i>Analisi indici di capability</i>	71
5. <i>Validazione finale dei dati</i>	75
<i>Capitolo 5: Risultati ottenuti</i>	78
<i>Conclusione</i>	84
<i>Riferimenti</i>	86
<i>Appendice A – Dataset per creazione KPI</i>	88
<i>Appendice B – Dataset per creazione carte di controllo (SPC)</i>	89
<i>Ringraziamenti</i>	90

Abstract

La tesi ha come obiettivo principale quello di discutere, ragionare e approfondire le metodologie analitiche e statistiche, volte a garantire la qualità attesa nel settore della moda. Durante i sei mesi di tirocinio svolti in una azienda che lavora nel settore moda-lusso, ho potuto apprendere come il concetto di qualità industriale sia estremamente importante: il raggiungimento di certi standard sono alla base del successo di una azienda e l'efficacia di una produzione stabile e continua aiuta a raggiungere questo traguardo.

La tesi si apre con una introduzione al settore dell'alta moda, un settore che negli ultimi anni sta subendo molti cambiamenti e, soprattutto nel ramo del lusso, si ricerca sempre di più l'attenzione al dettaglio. Verrà approfondita soprattutto la parte tessile-laniera del *luxury fashion*, andando nel dettaglio su quali siano le materie prime utilizzate e i relativi processi di lavorazione delle fibre e dei tessuti. A seguire, ho voluto soffermarmi sulla metodologia di analisi relativa alla *Quality Assurance*, che è un approccio sulla qualità non più basato su un mero e proprio controllo ed ispezione del prodotto fatto dall'operatore, durante le varie fasi del processo produttivo, come veniva fatto negli anni passati, ma cercando di implementare la statistica e l'analisi predittiva, in modo da avere meno difetti possibili a valle della produzione e cercando di correggere le anomalie a monte del ciclo di lavorazione. La tesi, dunque, andrà a trattare quali sono gli obiettivi che l'azienda presso la quale ho svolto il tirocinio vuole raggiungere attraverso l'utilizzo di questo approccio, con un focus sulle specifiche e gli standard produttivi imposti dal cliente e dall'azienda stessa.

La tesi tratterà due principali tematiche che ho voluto analizzare e sulla quale durante i mesi di tirocinio ho avuto modo di prendere parte e lavorarci in prima persona: l'importanza dell'analisi dei dati, come vettore per monitorare e migliorare le performance e l'introduzione del *Statistical process control (SPC)* nel settore tessile-laniero, che permette di tenere sotto controllo i processi industriali, al fine di diminuirne il numero di difetti nei semilavorati e nei prodotti finiti. L'attività di analisi dei dati è importante per costruire degli indicatori di performance (KPI) chiari e strutturati, grazie alla quale è poi possibile monitorare il processo di produzione in maniera ottimale. Il controllo statistico di processo, invece, sfrutta strumenti e tecniche statistiche per monitorare e controllare i processi produttivi come, ad esempio, l'utilizzo di carte di controllo, di istogrammi o l'analisi degli indici di capacità di processo. L'utilizzo di queste due tecniche combinate tra di loro garantiscono il raggiungimento di ottimi risultati, permettendo all'azienda di arrivare agli obiettivi prefissati. A sostegno di queste analisi sono presenti, nei vari capitoli, alcuni esempi riguardo queste due metodologie costruiti su dati fittizi,

(ma del tutto simili a quelli reali), e sulla quale ho potuto lavorare ed aiutare il team dell'area qualità durante il tirocinio in azienda.

A valle delle analisi fatte precedentemente verranno mostrati quali progressi sono stati raggiunti dall'azienda e quali miglioramenti si potrebbero ancora fare, soffermandomi, anche, sui miei apprendimenti e su come questo tirocinio mi abbia aiutato molto a sviluppare nuove ed importanti competenze.

Capitolo 1: Introduzione al settore della moda

Storia del settore

“La moda non è un qualcosa che esiste solo sotto forma di abiti. La moda è nel cielo, nelle strade, la moda ha a che fare con le idee, il modo in cui viviamo, ciò che accade “. Questa celebre frase detta da Coco Chanel sintetizza perfettamente il significato della moda: essa è, da sempre, un vettore, un concetto, in grado di trasformare ed innovare ogni tipologia di oggetto, che esso sia reale o immaginario ed è in grado di influenzare vari aspetti della vita, dai più semplici, ai più complessi. Essa ha una storia molto lunga, che parte sin dal Medioevo e arriva ai giorni nostri, attraversando culture e società diverse, con ogni periodo storico che ha contribuito in modo significativo a plasmare il nostro modo di vestire e non solo.

Partendo dal periodo storico del Medioevo, la moda, inizialmente, era caratterizzata da abiti che riflettevano la rigidità della struttura sociale e il dominio della Chiesa. Lo stile medievale si distingue per l'uso di tessuti come la lana e il lino per le classi inferiori, e di tessuti più pregiati come la seta per la nobiltà [1]. Sebbene nel Medioevo la moda fosse semplice, l'abbigliamento era già uno status symbol a quel tempo, perché più soldi e potere aveva una persona, più vestiti poteva permettersi e l'uso di diversi colori e tessuti comunicavano simbolicamente il rango di ciascuna persona. Dal 1600 al 1800, l'evoluzione continua prima con lo stile barocco, che si distingue per l'opulenza e la grandiosità, e poi con lo stile rococò, con una crescente leggerezza nei tessuti e nell'abbigliamento. È stato Luigi XIV a introdurre gli abiti fastosi, ricchi di pizzi, perle, broccati e ricami, mettendo in mostra come la moda divenne una dichiarazione di potere e stato sociale. Le donne erano solite indossare abiti con gonne ampie, crinoline e corsetti che accentuavano la vita, mentre gli uomini optavano per giacche elaborate con maniche larghe e parrucche [2]. Arrivando al XIX secolo, grazie all'industrializzazione, si è giunti alla benedizione per l'industria della moda dal punto di vista economico. Le prime fabbriche furono fondate in questo periodo e questo portò anche allo sviluppo della produzione di massa, con macchinari che erano in grado di produrre sempre di più e in meno tempo. Con la colonizzazione precedente, erano state trovate nuove fonti di materie prime e attraverso lo sfruttamento di queste e l'industrializzazione, nell'Europa centrale si sviluppò una società benestante. La crescita economica e la ricchezza diedero origine anche all'*haute couture*. Le prime sfilate si svolsero a Parigi, per mostrare questi abiti speciali, e proprio Parigi divenne il primo centro europeo della moda. Fu lì che la moda divenne davvero un'industria. Mentre prima si trattava solo dell'artigianato nella produzione dei vestiti e degli accessori, ora anche il nome

dello stilista o della casa stilistica venne alla ribalta. All'inizio del XX secolo, la *Belle Époque* ha portato una moda più raffinata, ma con l'arrivo degli anni '20, ha subito una vera e propria rivoluzione, con l'introduzione di abiti più corti e fluidi. Questo secolo è segnato dalla nascita di grandi stilisti, come Coco Chanel e Christian Dior, che con il suo famoso "*New Look*", enfatizzava una silhouette femminile di grande eleganza.

È proprio in questo secolo che l'Italia divenne per la moda uno dei centri più importanti a livello globale. Gianni Versace, Valentino Garavani, Giorgio Armani e Dolce & Gabbana hanno fatto entrare la moda italiana nella storia, capaci di inventarsi e creare stili totalmente unici e rivoluzionari.

Arrivando ai giorni nostri, la moda sta attraversando un periodo di transizione tra le tendenze e le peculiarità passate e il futuro tecnologico ed innovativo che ci attende. Innanzitutto, si cerca di dare molta importanza alla sostenibilità che è una delle sfide più importanti a cui il settore della moda è chiamato. In combinazione con le nuove tecnologie, molte aziende della moda stanno facendo un salto verso un modello di business più sostenibile e circolare, passando dal design, dalla scelta dei materiali, dai processi di produzione, fino al riciclaggio e allo smaltimento dei loro prodotti. Si tratta di un imperativo fondamentale per il settore, che, ad oggi, è il secondo più inquinante a livello mondiale. Sebbene il mercato globale della moda sia dominato dall'utilizzo delle fibre sintetiche, che sono le più inquinanti, il settore dell'alta moda predilige, invece, l'utilizzo di fibre di origine animale e vegetale pregiate (come, ad esempio, lana merino, cashmere, seta, vicuña), poiché garantiscono maggiore qualità, unicità, percezione e comfort (si impegnano in questo scopo soprattutto paesi come l'Italia, la Francia e il Regno Unito).

Sebbene il canale del retail fisico sia ancora oggi il punto di riferimento per il lusso, grazie a esperienze altamente personalizzate e servizi su misura, l'e-commerce rappresenta il futuro e, secondo le previsioni di McKinsey [3], nel 2025 quasi il 20% delle vendite di beni di lusso verrà effettuato online. Questo grazie alla connessione che la moda ha con le nuove tecnologie emergenti, in particolare con l'introduzione dell'IA e della realtà aumentata per migliorare l'esperienza del cliente finale e per offrire raccomandazioni personalizzate, migliorare il servizio clienti e ottimizzare l'inventario. Un esempio di come la tecnologia possa migliorare l'esperienza del cliente può essere quello degli assistenti virtuali, disponibili 24 ore su 24. Inoltre, sta prendendo sempre più piede il mercato del *second-hand* nel mondo della moda, che consente di accedere alla vendita di beni esclusivi e di lusso in maniera più agevole, ricercando quei gusti e quelle tendenze di un tempo che potrebbero ritornare di moda. In particolare, si

genera attenzione verso l'usato poiché ha costi inferiori rispetto al prodotto nuovo (i capi diventano quindi accessibili a più classi sociali) e spesso in questo tipo di mercato si ritrovano articoli fuori produzione, edizioni limitate o vintage di prestigio, i quali vengono venduti grazie ai numerosi canali di rivendita online (ad esempio Vinted). Tra i prodotti più scambiati nel second-hand market si ritrovano borse, piccola pelletteria, orologi e abbigliamento di marchi del lusso. Nella figura sottostante si può notare come la crescita del mercato di seconda mano nella moda sia in costante crescita, secondo l'analisi effettuata da Bain & Company.

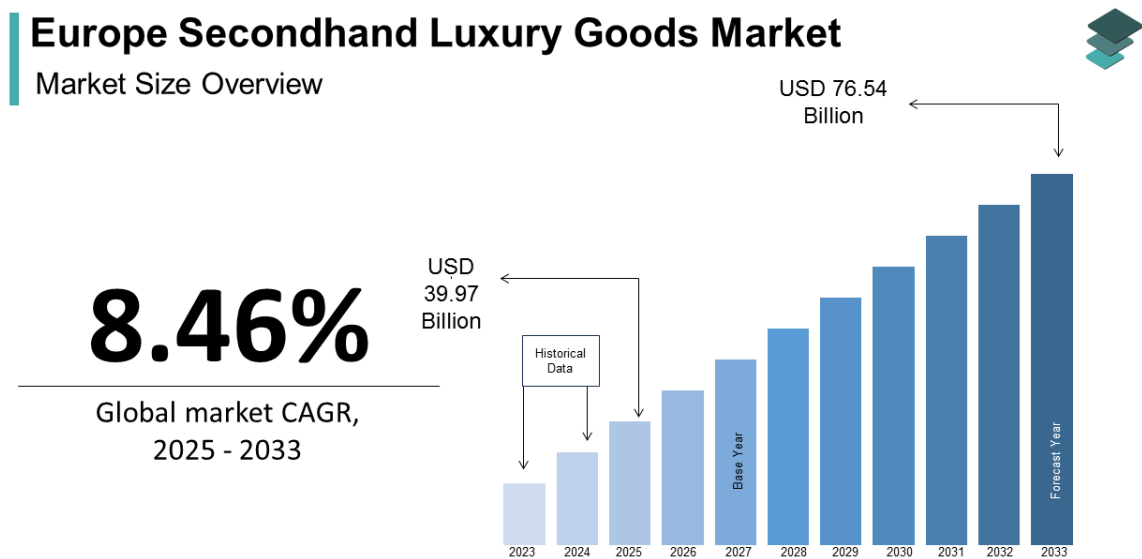


Figura 1 (Grafico crescita del mercato second-hand - Fonte marketdataforecast.com)

La moda ha, quindi, una sua propria storia, che alcune volte si ripete, ed è proprio per questo per cui rimane sempre seguita e approfondita dalla nostra società.

Focus su Loro Piana: il percorso della Maison nel settore della moda

Come esempio di azienda che opera nel *luxury fashion* ho voluto riportare quello di Loro Piana, storica industria tessile-laniera (e non solo) della Valsesia e in rapida crescita, che opera sotto il gruppo di LVMH. Ho voluto portare questo esempio come introduzione al settore di riferimento che ho voluto approfondire, per far capire bene il contesto di riferimento, e poi perché ho vissuto sempre in Valsesia e ne sono affezionato. L'azienda Loro Piana nasce come impresa tessile familiare nella prima metà dell'Ottocento nella città di Trivero, in Piemonte. Fu nel 1924 che Pietro Loro Piana fondò l'azienda moderna a Quarona, dando vita all'impresa di

lanificio che ancora oggi rappresenta un punto di riferimento globale nella lavorazione del cashmere [4]. La prima collezione risale al 1926, con un design ispirato ai tempi dell'epoca, ma è soltanto dopo la Seconda Guerra mondiale che il nipote Franco trasformò l'impresa in un marchio di alta moda conosciuto a livello mondiale, estendendo la produzione anche verso il Ready to Wear. La notevole qualità raggiunta all'epoca, nella produzione dei tessuti, dichiarò Pier Luigi Loro Piana, fu favorita soprattutto dall'utilizzo di acqua limpida di montagna, usata per lavare la lana e dalle castagne utilizzate per tingerla. I figli Sergio e Pier Luigi, dagli anni '70 e '80, introdussero la divisione Luxury Goods e portarono grande innovazione nei materiali e nei capi iconici, come la giacca Horsey, utilizzata per vestire la squadra nazionale di salto ostacoli in vista delle Olimpiadi estive di Barcellona, i bomber da vela o i capi impermeabili con il sistema Storm System, che permettono di rendere impermeabili e anti-vento i capi realizzati con fibre naturali grazie ad una speciale membrana laminata applicata sul rovescio del tessuto [5].

Loro Piana è oggi uno dei principali lavoratori di fibre nobili al mondo, tra cui le più usate sono: cashmere e baby cashmere dalla Mongolia e dalla Cina, vigogna dalle Ande, lane extrafini provenienti da Australia e Nuova Zelanda, e le fibre estratte dai gambi del fiore di loto in Birmania [6]. Oltre a tutte queste tipologie di fibre, Loro Piana sperimenta anche materiali altamente tecnologici come il grafene, usato per migliorare il controllo della temperatura nei capi da outdoor.

Con l'acquisizione nel 2013 da parte di LVMH, Loro Piana ha potuto consolidare la sua struttura, che è oggi articolata in tre principali divisioni: il lanificio, la divisione Luxury Goods (abbigliamento e accessori) e quella Interiors, dedicata ai tessuti d'arredamento. Possiede, inoltre, diversi stabilimenti, in varie regioni italiane (oltre all'Headquarter a Quarona, si hanno sedi a Verrone, Borgosesia, Milano, in Toscana e nelle Marche). La famiglia Loro Piana ha voluto mantenere il 20% delle quote fino al 2017, quando la percentuale si è poi ridotta al 15%. Sotto la direzione del gruppo leader nel settore lusso, il brand sta avendo un notevole successo ed è in continua crescita, con oltre 140 negozi monomarca in tutto il mondo, garantendo prodotti di qualità unica ai propri clienti.

Analizzando nel dettaglio le fibre lavorate da Loro Piana, ci si può accorgere che il dettaglio e la cura della qualità sono al primo posto. Loro Piana utilizza le fibre più rare e fini disponibili sul pianeta. Il cashmere proviene dall'undercoat di capre *Capra Hircus*, allevate nelle regioni montuose della Mongolia e Mongolia interna. Queste sono fibre estremamente sottili e con

elevata capacità termoregolatrice, risultato di climi estremi e selezione naturale. La cura con cui viene raccolto (solo tra marzo e maggio) garantisce il mantenimento delle caratteristiche più pregiate del vello. Sul versante della sostenibilità e tracciabilità, Loro Piana ha sviluppato il “Metodo Loro Piana” nel 2009 per migliorare la qualità della fibra di capre *Alashan*, promuovendo al contempo pratiche di allevamento responsabile e tutela della biodiversità. Inoltre, dal 2019 collabora con ICCAW (International Cooperation Committee of Animal Welfare) e SFA (Sustainable Fibre Alliance) per definire standard di certificazione della filiera del cashmere, con le prime forniture certificate già nel 2021 [7]. Grande attenzione è stata data anche all’ecosistema dei pascoli mongoli con il programma “Resilient Threads”, che supporta e rafforza, con un approccio sostenibile, la qualità della fibra a monte.

Per quanto riguarda il controllo della qualità in laboratorio, ogni fibra viene sottoposta a rigide analisi: dopo una prima selezione sul campo da parte dei pastori, i campioni passano attraverso un laboratorio in Cina e infine vengono esaminati con strumenti sofisticati presso lo stabilimento italiano di Roccapietra (VC). Qui, attraverso l’utilizzo di macchinari all’avanguardia ed innovativi, ogni piccola imperfezione è motivo di scarto, e si misurano valori di “comfort factor” fino al 99,73 %, valori decisamente sorprendenti [8]. L’ispezione della qualità non si ferma alla materia prima, ma vengono tenuti sotto controllo tutte le fasi successive, fino all’imballaggio del tessuto vero e proprio, come ho potuto constatare in prima persona durante la mia esperienza di tirocinio.

Analisi economica del settore

In questo capitolo vorrei approfondire il settore del *Luxury Fashion* da un punto di vista economico. Il settore, dopo un breve rallentamento durante gli anni della pandemia, sta attualmente affrontando un periodo di normalizzazione, segnato da sfide geopolitiche, inflazione e da un rallentamento generale dei consumi. I beni di lusso personali, che includono abbigliamento, gioielli e cosmetici, hanno registrato nel 2024 un volume d’affari di circa 1478 miliardi di euro, nonostante la situazione economico-politica mondiale instabile e la flessione dei consumi in alcune aree geografiche chiave del settore, come la Cina, che è uno dei paesi che maggiormente acquista beni di lusso dell’alta moda, ma che ha iniziato a mostrare segni di rallentamento, che sono dovuti sia alla crisi immobiliare nel paese che alla perdita di fiducia da parte dei consumatori. A causa di queste complessità economiche, si prevede che la crescita nei

prossimi anni sarà più lenta, raggiungendo un incremento annuo globale compreso tra l'1 e il 3% fino al 2027 (fonte report Mckinsey). Tutte queste difficoltà non hanno avuto impatto su un altro forte ramo del *luxury*, ovvero le esperienze di lusso (viaggi, ristorazione d'élite, wellness), che sono in forte crescita, con un incremento del 5% [9]. Gli acquisti di esperienze stanno infatti prendendo piede nel settore, con un parziale cambiamento dell'opinione pubblica in cui si predilige il desiderio di vivere momenti esclusivi piuttosto che acquistare beni materiali. Questa tendenza favorisce l'espansione di hotel di lusso, ristoranti gourmet e centri benessere. Se da un lato il settore del lusso sta affrontando una fase di difficoltà, dall'altro il *fast fashion* continua a crescere a ritmi sostenuti. Ad esempio, Inditex e Fast Retailing, i colossi proprietari dei marchi Zara e Uniqlo, continuano a registrare ottimi risultati. Inditex ha visto un aumento del 10,1% dell'utile netto, raggiungendo 2,8 miliardi di euro.

Tutt'oggi, i principali attori che guidano il settore moda-lusso sono i grandi gruppi societari: LVMH, Kering, Hermès, Prada e Chanel. Questi players gestiscono una moltitudine di marchi (tra cui numerosi brand italiani), dettando le basi della moda mondiale e contribuendo in maniera massiccia ai PIL dei loro propri paesi di origine. Il settore della moda si può dire diviso tra marchi di alta gamma, con performance solide e specializzazione produttiva, e operatori di fascia medio-bassa. In questo contesto, il private equity ha favorito strategie di M&A di nicchie o piattaforme di vendita. In figura 2 si può notare la suddivisione del mercato globale nel settore del *Luxury Fashion*.

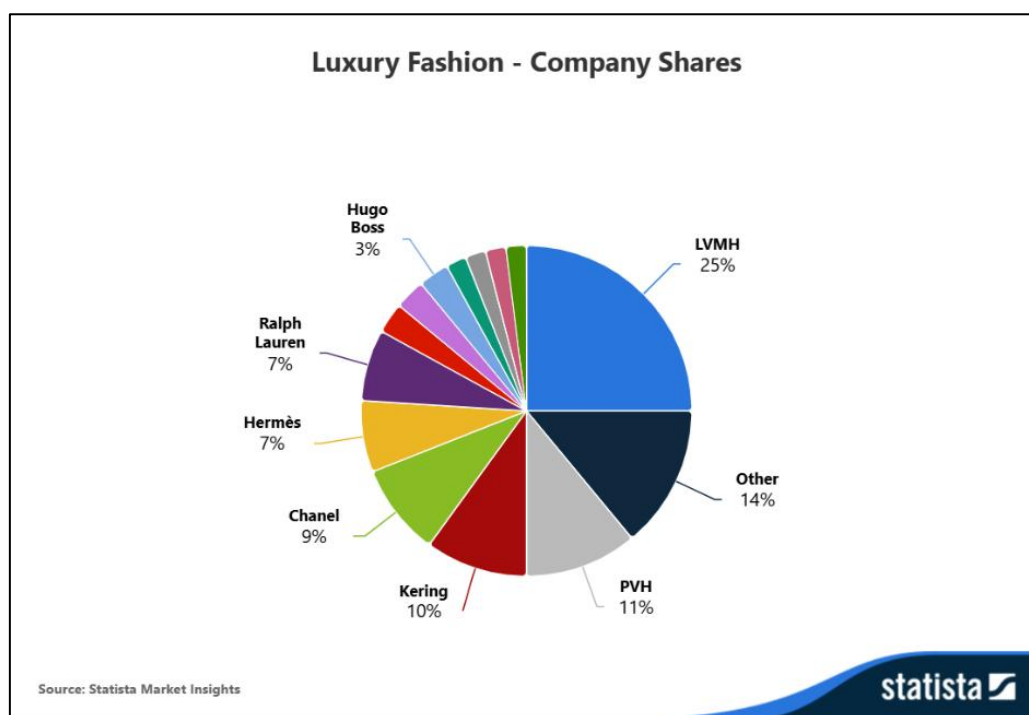


Figura 2 (Principali players del settore; aggiornato set 2024-Fonte: Statista)

Guardando al panorama europeo, il settore del *luxury fashion* sta dimostrando una certa stabilità come polo principale della moda mondiale (quasi tutti i principali gruppi sono locati in Europa) e il valore del mercato europeo nel 2024 è stato stimato a circa 986 miliardi di euro, con la possibilità di raddoppiare il valore arrivando ai 2500 miliardi entro il 2030 (secondo l'ultimo rapporto di Altagamma realizzato in collaborazione con Bain & company). Una crescita quindi di non poco conto, considerando l'attuale stallo del settore a causa del mercato cinese.

Per quanto riguarda la situazione italiana, il settore della moda detta tendenze globali e sostiene in parte l'economia del proprio Paese: esso contribuisce al 5,1% del PIL nazionale, con circa 75 miliardi di euro di valore aggiunto e con oltre 1,2 milioni di addetti (dati aggiornati a novembre 2024) [10]. L'Italia si posiziona come il primo produttore mondiale nel settore dell'alta moda con circa il 29% dei fornitori dei gruppi europei della moda che ha sede nel nostro Paese (come, ad esempio, Ermenegildo Zegna). Nel 2023 la moda italiana ha esportato circa 65 miliardi di euro - pari al 10% dell'export totale nazionale, con oltre il 55% diretto verso Paesi extra-UE, evidenziando la capacità dei prodotti *Made in Italy* di affermarsi in mercati internazionali dove il potere d'acquisto dei consumatori è in crescita, come nel Medio Oriente e nell'Asia più orientale. Tuttavia, successivamente, nei primi mesi del 2024, si sono evidenziati alcuni segnali di cambiamento, con un calo del 5,3% delle esportazioni e una perdita di 1,8 miliardi di valore con le grandi aziende che sono riuscite a mantenere stabili i loro profitti, mentre le imprese più piccole hanno sofferto di più (la frammentazione del settore e l'alta competizione tra le piccole realtà spiegano in parte questa differenza).

L'intera industria comprende oltre 53 mila imprese (pari a circa il 13% del settore manifatturiero italiano), di cui il 79% risultano essere PMI, le quali contribuiscono a generare un quinto del fatturato complessivo. Queste aziende, cresciute costantemente fino a divenire eccellenze produttive riconosciute a livello internazionale, oggi sono un vero e proprio pilastro economico e culturale italiano, con un grande contributo anche alla mole di quantità di prodotti esportati nel mondo. Il settore è composto da tre principali tipologie di industrie: tessile, abbigliamento e articoli in pelle & simili, con la filiera produttiva che consta di trentasette distretti industriali a sostegno dei grandi marchi del lusso. Per citare alcuni dei principali distretti industriali italiani, tra i più importanti risultano esserci Biella, specializzata in lana e cashmere, Prato, per i tessuti rigenerati, Vicenza e Firenze per la pelletteria e poi Como per la seta. Questi generano circa il 37% del fatturato a fronte del 18% degli occupati. Queste aree sono caratterizzate da un forte legame tra l'artigianalità del lavoro accanto all'innovazione tecnologica e ciò permette il sostentamento di questi piccoli sistemi industriali.

La qualità riconosciuta ai prodotti tessili e di abbigliamento italiani è un aspetto cruciale, perché, difatti, a parità di mercato di destinazione, tipologia di prodotto e quantità esportata, alle produzioni *Made in Italy* viene riconosciuto un prezzo più alto rispetto ai maggiori competitor: nel 2022, i prodotti francesi sono stati venduti al 21% in meno, quelli inglesi al 47%, quelli tedeschi al 52% e quelli spagnoli al 61%; la Cina sconta il distacco più elevato, con un differenziale di prezzo dell'87%. I talentuosi designer italiani e le scuole di alta moda (due tra le prime dieci al mondo sono italiane) associati ai brand sono tra gli elementi chiave che negli anni hanno rafforzato il posizionamento dell'Italia come fulcro della moda mondiale. Con linee di prodotto più focalizzate, le maison italiane riescono a ottimizzare in maniera più efficace risorse e investimenti su un numero limitato di articoli, sviluppando collezioni innovative e rafforzando i legami con i territori locali. Stando alle prospettive future del settore dell'alta moda italiano, si stima che molte piccole e medie imprese, caratterizzate dalla loro alta attenzione alla qualità, saranno acquisite dai principali marchi del lusso, in modo da espandere sempre di più il *Made in Italy* in tutto il mondo.

Nella tabella 1 sottostante si può osservare un macro-dettaglio dei principali indicatori economici del settore moda-lusso italiano (valori aggiornati al 2023/2024).

Indicatore economico	Valore 2024	Variazione vs 2023	Fonte
Valore aggiunto del settore moda e lusso	€ 75 miliardi	4,50%	Confindustria Moda (2024)
Peso sul PIL nazionale	5,10%	-	Banca d'Italia (2024)
Numero di imprese attive	~53.000	-1,2%	Confindustria Moda (2024)
Addetti complessivi	~1,2 milioni	2,80%	ISTAT / Confindustria Moda (2024)
Export moda e lusso	€ 65 miliardi	6,30%	ISTAT (2024)
Saldo commerciale settore moda	+€ 30,4 miliardi	5,90%	ISTAT (2024)
EBITDA medio	19%	+0,7 p.p.	Mediobanca (2024)
ROI medio	10-12%	=	Mediobanca (2024)
Margine operativo lordo (Fashion & Luxury Made in Italy)	18,70%	+1,1 p.p.	Mediobanca (2024)
Quota Italia nella produzione europea di lusso	29%	+1 p.p.	Altagamma – Bain (2024)
Quota export nel fatturato totale settore	62%	+3 p.p.	ICE (2024)

Tabella 1 (Descrizione principali indici economici settore del lusso)

Negli ultimi anni l'aspetto legato alla sostenibilità è divenuto molto importante e molte aziende e marchi internazionali stanno cercando di adottare numerose soluzioni atte a migliorare l'intera filiera, sia da un punto di vista dell'impatto ambientale, che a quello legato alla cura verso gli animali da cui si ottiene la materia prima. Secondo i dati diffusi dalla Camera Nazionale della Moda Italiana (anno 2024), quasi il 70% delle industrie italiane ha avviato programmi per la tracciabilità delle materie prime e per la riduzione degli agenti inquinanti (ESG), grazie a tecnologie di certificazione blockchain e con una attenzione sempre crescente all'economia circolare.

Descrizione fasi del processo produttivo tessile-laniero: dalla materia prima al prodotto finito

In questo paragrafo vorrei approfondire il processo di produzione che mediamente seguono le aziende che lavorano nel settore tessile-laniero, per capire quali siano le fasi del processo più complesse e più articolate, in cui l'attenzione ai minimi dettagli è massima, in modo da raggiungere i più alti standard qualitativi. Durante i mesi di tirocinio ho avuto l'occasione di poter osservare da vicino le varie fasi lavorative, partendo dall'analisi della materia prima in ingresso e arrivando sino all'imballaggio del tessuto, che sarà poi spedito ai clienti o ai subproduttori, per il successivo taglio e confezionamento. Tutte le fasi del processo produttivo sono strettamente collegate l'una con l'altra (esiste molta correlazione tra gli step successivi) e, se un difetto sul filato o sul tessuto non venisse intercettato nell'immediato, si rischia di portarlo avanti fino all'ultima fase, rischiando di compromettere l'intero lotto e di ricevere penali o lamentele da parte del cliente finale. L'attenzione al dettaglio è, quindi, estremamente rilevante, specie per le aziende che lavorano nel settore dell'alta moda. Un solo errore potrebbe costare molto caro (in queste tipologie di aziende ogni singola attività viene tradotta in termini economici) e, pertanto, si dà assoluta attenzione alla qualità del prodotto.

Si riporta, in figura 3, uno schema di flusso semplificato del ciclo completo di produzione tessile.

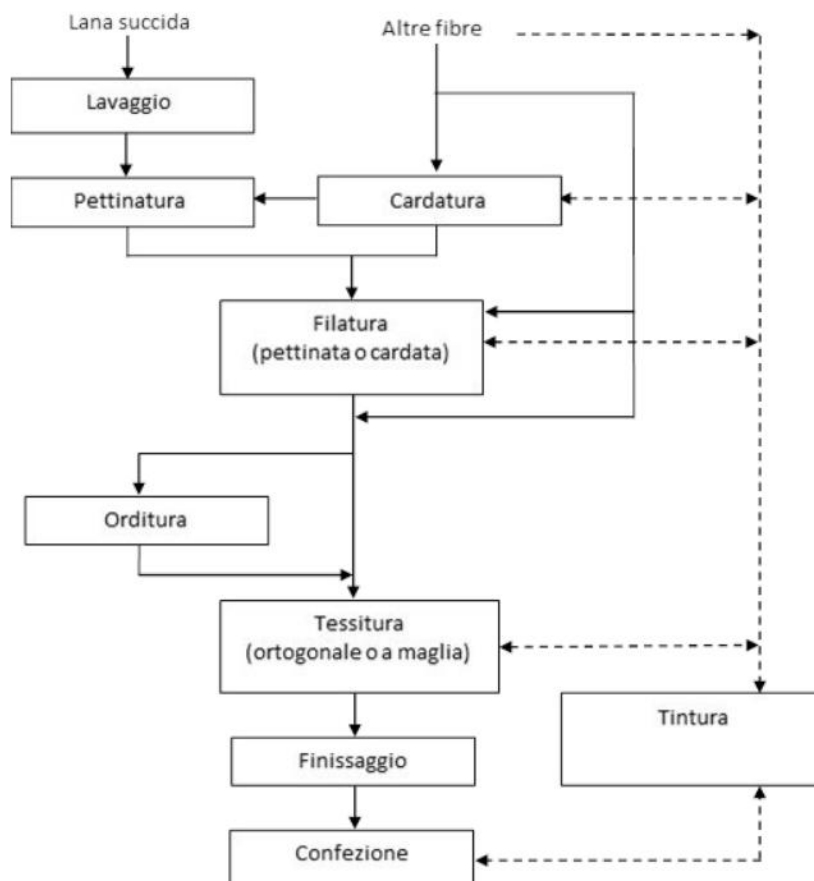


Figura 3 (Flusso ciclo produttivo tessile-laniero - fonte regione.piemonte.it)

La fase primaria del processo produttivo ha luogo negli allevamenti degli animali, i quali, una volta cresciuti e diventati adulti, vengono tosati per ottenere il pelo. È una fase abbastanza importante, poiché la qualità di un filo dipende necessariamente dal modo in cui è stato allevato l'animale. Già nelle filiere può essere eseguita una prima scrematura sul pelo raccolto e viene fatta solitamente in primavera e/o in autunno. Le tipologie di pelo tosati sono molteplici, ma le aziende che operano nell'alta moda si concentrano a raccogliere maggiormente la lana, il cashmere, la vigogna e il lino. Generalmente gli allevamenti di pecore da cui si ricava il pelo si possono trovare in Nuova Zelanda, Sud America e Africa, mentre la capra del cashmere si trova attualmente in India, Cina, e Afghanistan. La lana appena tosata viene generalmente chiamata "lana succida", cioè che è impregnata di sostanze grasse e altre impurità che vanno eliminate nella successiva fase di lavatura. Se invece le pecore vengono lavate prima della tosatura, la lana viene definita "lana saltata". La lana che è stata tosata viene, quindi, arrotolata sotto forma di balle e inviata nei lanifici per la successiva lavorazione. Nel lanificio, dopo la cernita (che serve a classificare le varie tipologie di fibre) la lana (o altre tipologie di pelo) viene lavata una

seconda volta, battuta e poi lubrificata. A seconda della lunghezza delle fibre, la lana viene sottoposta a due processi differenti: filatura cardata (se a fibra corta) oppure filatura pettinata (se a fibra lunga) [11]. Lo scopo della cardatura è quella di operare la separazione e la parallelizzazione delle fibre, liberandole allo stesso tempo dalle impurità ancora presenti; l'altra funzione di questa fase è di compiere una mescolatura molto efficace sulle fibre, grazie al fenomeno del riciclo delle stesse sul tamburo principale. La cardatura è un processo che avviene mediante l'azione di punte metalliche elastiche poste sulla superficie di tre cilindri (tamburo, cilindro lavoratore e cilindro spogliatore), che ruotano a velocità differenti ed in modo opposto l'uno rispetto all'altro. Per quanto riguarda la fase di pettinatura, essa permette di selezionare le fibre secondo la loro lunghezza, eliminando dal nastro pettinato quelle più corte di un certo limite. Serve anche per perfezionare il raddrizzamento e la parallelizzazione delle fibre stesse e consente di eliminare in larga misura i bottoni (grovigli di fibre di varie dimensioni) e le altre impurezze ancora presenti sui nastri alimentati. I filati pettinati offrono una buona uniformità, buona resistenza, buon allungamento ed una pelosità ridotta; questo tipo di filati hanno prevalente impiego in manufatti d'abbigliamento maschile e femminile. Al contrario i filati cardati sono voluminosi e morbidi ed hanno resistenza relativamente bassa. I filati cardati possono quindi essere facilmente garzati, follati e feltrati. Prodotti tipici dei filati cardati sono gli articoli in maglia e gli articoli tessuti, sia per uso domestico che per il rivestimento dei mobili. Il nastro cardato o pettinato viene trasformato in filato attraverso la torsione, così da impartirgli le caratteristiche di resistenza, elasticità e titolo richiesti dal filato. La torsione si ottiene facendo ruotare un fascio di fibre parallele attorno al proprio asse: in questo modo le fibre più esterne assumono una disposizione elicoidale. Successivamente, i fili così ottenuti vengono raccolti nei rocchetti, passando alla tessitura.

La tessitura è la fase cardine di tutto il processo produttivo: da forma e consistenza al tessuto che sarà alla base del confezionamento del prodotto finito. Il tessuto è formato da due insiemi di filati (ordito e trama) incrociati tra loro perpendicolarmente. Posizionati sul telaio i fili di ordito, essi sono preventivamente preparati nel numero e nella lunghezza stabiliti e stesi longitudinalmente paralleli tra loro e tra essi si intrecciano perpendicolarmente i fili di trama a costituire così il tessuto e, ai lati del tessuto stesso, a delimitarne l'altezza, vengono formate le due cimose, veri e propri bordi del tessuto. Le tecnologie che stanno alla base della trama e dell'ordito sono differenti. La preparazione dell'ordito consiste nel trasferire il filato, contenuto nelle bobine di filatura e nelle rocche, sul subbio, che può contenere diverse migliaia di fili e che viene sistemato dietro al telaio pronto per la tessitura; requisiti fondamentali per ottenere

un buon ordito sono l'uniformità e la resistenza del filato. Il filato di trama è inserito, invece, in una navetta caricata con una spola che facilita lo svolgimento a defilé della trama; tale filo, infilato nell'occhiello della navetta, viene da questa depositato sui fili dell'ordito nel corso del suo movimento di andata e ritorno sulla cassa battente. Una volta che è stato costruito il tessuto, segue la fase di tintura (può anche avvenire durante altre fasi della lavorazione, a seconda del tipo di lana).

L'ultima fase prima dell'imbballaggio del tessuto e la successiva spedizione al cliente o al reparto di confezionamento è quella del finissaggio [12]. Le operazioni di finissaggio vengono eseguite per i seguenti scopi:

- pulitura del materiale tessile e sua preparazione per le operazioni successive;
- conferimento di un determinato aspetto o di una determinata mano al materiale tessile;
- aumento della resistenza agli agenti esterni di carattere fisico, chimico e biologico.

Il finissaggio si divide in bagnato, in cui sono presenti fasi che pongono le basi per la qualità e la mano del tessuto, e asciutto, che serve, invece, per sviluppare e dare qualità allo stesso. A seguire verranno descritte brevemente le principali fasi di entrambi i finissaggi:

- Finissaggio bagnato:
 1. Lavaggio: ha lo scopo principale di eliminare le impurezze accumulate nel corso delle lavorazioni precedenti e di conferire un primo rilassamento delle tensioni interne al tessuto, con effetto sulla mano. Può aver luogo in corda, in largo, in continuo o in solvente.
 2. Carbonizzo: tramite trattamento con acido solforico, vengono eliminate le particelle vegetali ancora eventualmente presenti sul tessuto.
 3. Follatura: sfruttando il fenomeno della feltratura, caratteristico della lana, questo processo conferisce al tessuto un particolare grado di compattezza e massa per unità di superficie; serve anche a prepararlo ad operazioni successive, come la garzatura. La follatura può essere realizzata su macchine costruite ad hoc (folloni) o combinata assieme con il lavaggio (esempio del lavafolla). Questo processo verrà approfondito nei successivi capitoli, poiché è oggetto di analisi per la costruzione delle carte di controllo per il monitoraggio di alcune metriche misurate sul tessuto ed è anche una delle fasi più critiche dell'intero finissaggio, perché serve molta esperienza da parte dell'operatore per poter ottenere risultati ottimali.

4. Asciugatura: il suo scopo è quello di portare il tessuto ad un contenuto di umidità adeguato a consentire le successive lavorazioni.
 5. Garzatura e stricatura: questa operazione consente di estrarre il pelo dalla superficie del tessuto, disponendolo poi in varie maniere, per intervento anche della stricatura. L'operazione può aver luogo sul tessuto umido o asciutto.
 6. Fissatura: questa fase prevede numerose varianti sia in continuo sia in discontinuo, e provoca fondamentalmente un fenomeno di setting, con effetti sia sulla mano, che sulla stabilità per i trattamenti successivi, che potrebbero alterare l'assetto del tessuto.
- Finissaggio asciutto:
 1. Cimatura e bruciapelo: lo scopo è quello di rasare o egualizzare il pelo ad una determinata altezza, in relazione all'articolo in lavorazione. Una variante di questa operazione è il bruciapelo.
 2. Vaporizzo: è un trattamento di rilassamento delle tensioni interne, provocato dall'azione del vapore sul tessuto che risulta libero da vincoli meccanici. Ne consegue una riduzione delle dimensioni del tessuto (restringimento), cui corrisponderà una migliore stabilità dimensionale in confezione.
 3. Decatizzo: è l'operazione fondamentale ai fini della mano e della confezionabilità. Si tratta di un fenomeno di setting, che consegue all'azione del vapore sul tessuto, che, questa volta, è sottoposto a vincolo meccanico. Gli effetti ottenibili sono molto vari, in relazione alle variabili di processo come la temperatura del vapore, la durata, il vincolo meccanico, le modalità operative (in continuo o in discontinuo) e, soprattutto, la quantità di umidità presente sul tessuto.
 4. Accoppiatura: scopo di questa fase è quello di conferire ai tessuti precedentemente trattati con resine idrorepellenti ulteriori performance particolari, quali, per esempio, impermeabilità, traspirabilità e molte altre.

Molti di questi processi sono riconducibili all'azione complessiva della pressione, dell'umidità e del calore, grazie ai trattamenti che sono pressoché termici e meccanici.

L'ultimo step dopo il processo di finissaggio è l'imballaggio dei tessuti, che vengono riposti nel magazzino dell'azienda, in attesa della spedizione per i vari clienti. A seguire, in aggiunta, ci può essere la fase di confezionamento (ovvero la costruzione vera e propria dei capi prodotti finiti, come giacche, maglioni o pantaloni), che può essere eseguita dalla stessa azienda o da

terzi. Le fasi successive al finissaggio, però, non sono state analizzate nel dettaglio, poiché non oggetto di studio ai fini del progetto di tesi e, inoltre, durante il tirocinio non ho avuto modo di seguirle in prima persona.

Capitolo 2: Analisi della qualità aziendale

In questo capitolo, vorrei approfondire il concetto di *Quality Assurance* e tutto ciò che ne consegue ed è collegato ad esso, come, ad esempio, l'organizzazione aziendale che cambia in relazione ad un nuovo approccio verso la qualità, oppure capire quali siano gli standard e le specifiche da rispettare tipici del settore del *luxury fashion*.

Per qualità non si intende soltanto il controllo che viene fatto al prodotto durante o alla fine del processo di produzione, in modo da verificare se esso rispetti le specifiche e gli standard imposti, ma ha un significato molto più ampio. La *Quality Assurance* è nata proprio per evitare questa continua ispezione del prodotto, cercando di operare sui processi di produzione al fine di prevenire la generazione di difetti o incongruenze con le specifiche imposte. Essa si basa prevalentemente su attività pianificate e sistematiche. Le principali differenze tra *Quality Control* e *Quality Assurance* è che il primo agisce in maniera reattiva: si occupa di individuare errori già avvenuti ed isolarli per evitare che si ripetano e che possano causare conseguenze sulle successive fasi di lavorazione del prodotto; il secondo, invece, adotta un approccio proattivo, svolgendo un'attività più a monte [13] [14]. Inoltre, l'operatore che lavora nel controllo qualità ha un ruolo verticale e concentrato sulle sue attività, in collaborazione con i suoi superiori del reparto *Quality Assurance*. Il ruolo del *QA*, invece, essendo più manageriale, è più trasversale e comunica con tutti i dipartimenti dello stabilimento.

La *Quality Assurance* contribuisce ed è in grado di portare migliorie non solo garantendo la conformità dei requisiti del prodotto e il conseguente soddisfacimento del cliente, ma anche un'efficienza operativa dei processi aziendali. Inoltre, per prevenire la difettosità nei prodotti, la QA introduce diverse attività come l'implementazione di test su materiali e componenti, l'audit sulla supply chain e la selezione attenta dei fornitori, passo chiave nel mondo della moda, e molte altre attività. Ad esempio, in Italia esistono diversi laboratori (come Pontlab) che offrono prove avanzate su materiali lavorati dalle aziende manifatturiere (quindi su tessuti, leather goods o altri componenti), come test per garantire che il materiale soddisfi le proprie specifiche e gli standard richiesti [15]. Questo approccio proattivo permette principalmente di andare a ridurre sia tutti i costi relativi alle rilavorazioni e agli scarti, che, nel settore del *luxury fashion*, hanno sempre una certa importanza, sia i costi nascosti relativi ai possibili ritardi sulla consegna, alla non conformità del prodotto e alla gestione dei resi, quindi con un vantaggio su tutta la filiera.

Suddivisione organizzativa dell'area qualità

Durante i mesi di tirocinio ho avuto modo di capire l'importanza dell'avere un'organizzazione strutturata, con organi adibiti ad una singola e specifica funzione, ma in grado di comunicare con il resto delle *business operations*. In questo modo si può tenere sott'occhio e controllare tutte le singole fasi del processo, cercando di individuare nell'immediato i vari difetti o le imperfezioni riscontrate. In particolare, analizzando le principali aziende che operano nel lusso, emerge come queste abbiano una suddivisione abbastanza comune della loro area qualità. Le principali divisioni inerenti alla qualità sono:

- qualità materie prime;
- laboratori di ricerca e analisi;
- qualità fornitori;
- qualità industriale e di processo;
- qualità prodotto finito;
- quality assurance;
- qualità del servizio offerto;
- qualità etica e sostenibile.

Analizzando nel dettaglio le diverse aree, la prima fase è quella di andare a valutare la qualità della materia prima in ingresso in azienda. Molto spesso le aziende del lusso selezionano gli allevamenti che offrono una materia prima di qualità estremamente elevata, con una certa attenzione anche alla sostenibilità attraverso cui si ricava il filato, ovvero come gli animali vengono allevati e tosati, e quanto il trasporto possa impattare a livello di inquinamento per portare la merce all'interno dello stabilimento. Importante è valutare quale fornitore di materie prime scegliere tra tutta la filiera disponibile. La selezione all'ingresso dei filati è un passaggio chiave e viene eseguita attraverso uno studio approfondito delle fibre, tramite numerosi esperimenti seguiti in laboratori appositi, che permettono di misurare nel dettaglio la lunghezza, lo spessore, il peso, la resistenza alla rottura e alla trazione, la percentuale di umidità e la presenza o meno di sporcizia o peli neri (peli grossolani o filamenti non desiderati che non costituiscono la fibra fine e pregiata). La lunghezza è un parametro estremamente rilevante: se si hanno valori troppo bassi le fibre possono non essere valide per creare i filati, poiché non si possono intrecciare; inoltre, anche lo spessore è relativamente importante, perché le aziende del lusso della moda tendono ad utilizzare fibre abbastanza sottili, come il cashmere o la vigogna (appena 12 micro), che garantiscono una maggiore qualità. Il personale adibito a questi controlli

deve avere delle capacità di osservazione del difetto molto sviluppate, ma al giorno d'oggi esistono numerosi macchinari e strumenti che effettuano misurazioni abbastanza precise. Un altro passaggio importante riguarda il lavoro svolto dall'area fornitori, che ha il compito di selezionare da quali fornitori rivolgersi per poter acquistare i tessuti pronti per essere lavorati e creare il prodotto finito. Si valutano, in questo caso, se sono presenti difetti iniziali sul tessuto e se il tessuto rispetta le specifiche richieste dall'azienda. Si passa poi alla qualità industriale e di processo, che ha la funzione di seguire passo per passo il processo produttivo monitorando ogni fase (filatura, tessitura, tintura e finissaggio) per prevenire difetti e ridurre scarti. Il personale in quest'area è estremamente numeroso e vengono controllati ed analizzati numerosi parametri sui vari tessuti, che vengono presi a campione. In particolare, si controllano peso, lunghezza, elasticità, resistenza a rottura, traspirazione e resistenza all'acqua, resistenza allo sfregamento. Tutti questi controlli possono essere svolti in un laboratorio a parte o direttamente sul macchinario di lavoro e se un certo tessuto presenta dei difetti, potrebbe essere necessario verificare la difettosità anche di tutta la partita che è stata lavorata. Una volta che si è arrivati a confezionare il capo, viene svolto un ultimo controllo di qualità sul prodotto finito e anche in questo caso vengono analizzati numerosi parametri.

Durante il tirocinio ho lavorato nell'area della *quality assurance*, area che non è presente in tutte le aziende del lusso, ma che in futuro sarà necessario implementare, se si vuole ricercare una sempre migliore qualità. Quest'area ha la funzione di gestire e mettere a disposizione alle diverse divisioni della qualità strumenti utili a valutare l'efficacia dei controlli eseguiti e monitorare, attraverso indicatori di performance, tutte le fasi del processo produttivo, dalla raccolta della materia prima, fino al prodotto finito, in modo che si mantengano stabili nel tempo.

Molto importante risulta anche la fase di vendita e post-vendita dei capi o dei tessuti, con precise aree dedicate a questo aspetto per curare al meglio la customer satisfaction, offrendo assistenza personalizzata, packaging esclusivo e curando i servizi di garanzia, riparazione e pulitura del capo. Negli ultimi anni diverse aziende stanno dando molta attenzione alla sostenibilità ambientale e al rispetto della giusta etica. Per questo può essere necessario costituire una sezione a parte dedicata a questi aspetti, per poter controllare un utilizzo corretto di materiali sostenibili e riciclabili per incentivare la riduzione della carbon footprint, come anche il rispetto delle condizioni di lavoro (no sfruttamento intensivo negli allevamenti o degli operatori). Inoltre, un punto importante riguarda la trasparenza, per la quale le aziende devono ottenere diverse certificazioni e devono offrire una comunicazione chiara sull'origine dei materiali.

Standard e specifiche produttive

Durante il tirocinio ho avuto modo di capire che le aziende che lavorano nel settore del lusso della moda devono garantire, più di tutti gli altri settori, il rispetto degli standard e delle specifiche imposte sul prodotto, sia da parte dello stesso produttore, che dei clienti. Il mancato rispetto di queste regole può compromettere l'azienda sia da un punto di vista economico, con pagamento di penali o multe, sia per il brand, che può perdere attrazione e visibilità.

Innanzitutto, le aziende devono sottostare a delle vere e proprie normative tipiche del settore, come gli standard di sostenibilità e autenticità del prodotto. La sostenibilità è, al giorno d'oggi, un punto cruciale nella produzione industriale, per cui si cerca sempre di più di seguire le linee imposte dal proprio settore, in modo da non violare le normative e per salvaguardare l'ambiente. Le principali certificazioni riguardano la sicurezza delle sostanze, che non arrechino danni alle persone (ad esempio la OEKO-TEX Standard 100) [16], la tracciabilità e il benessere dell'animale (come la Responsible Wool Standard - RWS) [17]. Per il mondo del lusso queste certificazioni sono spesso integrate con policy aziendali più stringenti e, per quanto riguarda i laboratori che eseguono le prove, dovrebbero essere accreditati secondo la ISO/IEC 17025 per garantire competenza tecnica, tracciabilità metrologica e gestione dell'incertezza durante la misurazione [18].

Di seguito verranno analizzate nel dettaglio le principali specifiche e standard da rispettare, che si dividono in tre macroaree:

- standard internazionali di prova e qualità;
- specifiche riguardanti le materie prime;
- specifiche di processo e prodotto.

Tra gli standard internazionali i principali da dover rispettare sono la ISO 9001, che è il riferimento normativo più noto ed importante per la gestione della qualità, il quale assicura che tutte le fasi produttive siano monitorate e soggette a controlli ripetuti. Poi, specificatamente legati alle industrie del lusso della moda, esistono standard tecnici che definiscono metodi di prova, condizioni di test e criteri di valutazione (come, ad esempio, la ISO 12945 per il pilling o la ISO 6330 per le procedure di lavaggio domestico).

Per quanto riguarda le specifiche e gli standard relativi alla materia prima, queste meritano un'attenzione a parte. Innanzitutto, c'è da approfondire la classificazione delle fibre tessili, poiché ne esistono di diversi tipi: le fibre possono essere suddivise in due grandi categorie, le fibre naturali, ovvero tutte quelle che possono avere origine dagli animali, dalle piante o dai minerali e le tecnofibre, che sono, invece, riprodotte artificialmente tramite elaborazione chimico-meccanica di sostanze naturali o in maniera sintetica, le quali sono ottenute da elementi chimicamente semplici come carbonio, ossigeno ed idrogeno e che, mediante opportuni trattamenti di "sintesi", vengono trasformate in sostanze filamentose di natura molto più complessa [19]. La lana è una delle fibre di derivazione animale più diffusa al mondo e l'elemento più importante che la contraddistingue è la sua finezza, che varia per razza e per parte del vello dalla quale si raccoglie. Le lane si dividono in quattro categorie:

- Extra-fini: diametro della fibra sotto i 15 micron;
- Fini: diametro compreso tra 15 e 21 micron;
- Medie: diametro fino ai 35 micron;
- Grosse: diametro superiore ai 35 micron.

Prevalentemente, se si vuole ottenere un filato di alta qualità, si predilige utilizzare e lavorare gli extra-fini o i fini. Altri parametri abbastanza importanti sono: la lunghezza della fibra, che varia molto e dipende dalla razza dell'animale e dalla frequenza di tosatura dello stesso (la lunghezza ha forte incidenza sulle lavorazioni successive, poiché se la fibra è corta, essa segue un ciclo cardato, mentre se è lunga seguirà un ciclo pettinato); la pulizia, molto importante perché durante la lavorazione non ci deve essere nessun elemento esterno (come grasso o terriccio); l'elasticità, che, nel caso della lana, è superiore a tutte le altre fibre e che quindi le permette di allungarsi fino al 25% - 35% in più rispetto alle sue normali condizioni; la resistenza, la quale è piuttosto scarsa. Importanti per le lavorazioni in filatura e tessitura risultano essere i fattori dell'arricciatura (proprietà che contribuisce a dare alla lana morbidezza, sofficià ed elasticità, insieme ad un alto potere feltrante). della lucentezza, che dipende soprattutto dalla quantità e disposizione delle scaglie e del colore, che, per quanto riguarda la lana grezza ha la tonalità tipica giallognola, ma che, successivamente al lavaggio, si avvicina molto al caratteristico bianco. È possibile classificare le lane anche secondo la razza di animale dalla quale viene tosato il pelo [20] [21]:

- Lane Merine, provenienti dalla razza Merinos. Sono le più pregiate, con lunghezza che varia dai 50 ai 120 mm e con diametro non superiore ai 21 micron;
- Lane indigene, provenienti da animali di razze locali, sono in genere di scarso valore;
- Lane incrociate, che sono provenienti da incroci di razze locali con le Merinos e sono di minor pregio, lunghe dai 100 ai 240 mm e con diametro dai 24 ai 35 micron.

Le specifiche rispettate in produzione seguono gli standard di riferimento comuni per le varie fibre (se si vuole un'alta qualità, molto spesso si ricerca la fibra con maggiore finezza). Ad esempio, il cashmere deve avere un diametro medio $\leq 19 \mu\text{m}$ e, per una qualità estremamente elevata, i valori devono essere sotto i $15/16 \mu\text{m}$ [22]. Di seguito verrà illustrata una tabella riassuntiva contenente i valori chiave misurati e testati per il controllo sul rispetto delle specifiche per le fibre di cashmere e della lana (le fibre più utilizzate in produzione). I valori utilizzati sono, in media, quelli rispettati dalle principali aziende che lavorano nel settore del lusso della moda, ricercati in base alle norme ISO, norme interne del settore e letteratura scientifica.

Parametro	Descrizione	Valore (Lana)	Valore (Cashmere)	Unità	Metodo di Controllo
Tipo Fibra	Fibra naturale di cashmere	100% Lana Merino	100% Cashmere	-	Certificazione fornitore
Finezza Fibra	Diametro medio della fibra	16 – 25 (tipico merino 17–21; superfine $<18 \mu\text{m}$)	14,5 – 15,5	Micron	Micrometro / Test di laboratorio
Lunghezza Fibra	Lunghezza media del fiocco	Valori medi lana merino 65–95 mm	$\geq 35 \text{ mm}$	mm	Test ottico o tramite strumento apposito
Resistenza alla trazione	Forza necessaria per la rottura	$\sim 25 - 55 \text{ N}$	$\geq 7 \text{ N}$	N	Test dinamometro
Solidità del colore	Resistenza al lavaggio e sfregamento	Prova lavaggio $\geq 3-4$ (scala 1–5); Luce $\geq 5-6$ (a seconda del capitolato)	≥ 4 (Scala Blu)	-	Lavaggio
Contenuto di umidità	Percentuale di umidità ammessa	$\sim 16\%$	11 – 14%	%	Bilancia umidità
Aspetto visivo	Uniformità cromatica, assenza di nodi e impurità	Conforme	Conforme	-	Controllo visivo
Certificazione	Certificazione ecologica e di sicurezza	IWTO Test Certificate, RWS (Responsible Wool Standard), ZQ / Mulesing-free, OEKO-TEX®	OEKO-TEX Standard 100	-	Certificato ufficiale

Tabella 2 (Caratteristiche tecniche Lana e Cashmere)

In questo capitolo vorrei anche porre attenzione alle specifiche di processo e di prodotto, che comprendono tolleranze, target e requisiti estetici, che sono poi alla base degli esempi di costruzione delle carte di controllo e degli indici di capability riportati nei successivi capitoli. Queste specifiche vengono misurate sul tessuto che è stato prodotto (quindi non sul filato) e generalmente si valutano il peso, l'altezza e la lunghezza, la resistenza a rottura e all'abrasione, l'indice di pilling e la stabilità del colore. Vengono svolte anche verifiche tattili e visive per capire se il tessuto è uniformemente uguale, senza la presenza di zone non conformi. I principali strumenti di misura utilizzati sono il Martindale tester, il pilling box, lo spettrofotometro per colore, le macchine per test di lavaggio. Le aziende possono fissare dei limiti di specifica inferiore e superiore per monitorare se le metriche misurate in propria produzione (o in quella del proprio fornitore) sia all'interno del range o meno, prendendo le giuste precauzioni in caso di fuori controllo.

Proprio la gestione delle non conformità è un aspetto rilevante nel settore del lusso. Innanzitutto, le aziende devono definire dei piani di campionamento adeguati alla loro produzione: molto spesso si usa l'ANSI/ASQ Z1.4 (AQL) per ispezioni ad attributi e la scelta del livello di ispezione (I, II, III) e dell'AQL deve essere formalizzato internamente all'azienda; per misure di variabili si applicano invece le tabelle di sampling (Z1.9). Per AQL viene intesa la metodologia usata per fare campionamento statistico sul prodotto ed è molto usato nell'ambito manifatturiero. L'*Acceptable Quality Level* definisce la percentuale massima di difetti ammissibili in un lotto di produzione (nonché quanto difettoso possa essere), affinché sia considerato accettabile per il cliente e quindi vendibile [23]. In molti casi consiste in un accordo tra produttore e fornitore e, sulla base del prodotto con cui si ha a che fare, le tolleranze possono essere più o meno stringenti, ma non nel caso del settore del lusso, per cui si pone maggiore attenzione all'elevato valore dei prodotti e alla loro alta qualità. La cosa importante da capire è che l'AQL non garantisce che non ci siano i difetti sul prodotto, perché si basa su metodologie statistiche, ma se la percentuale di difettosità rientra con quanto stabilito con il fornitore, si può dire che il lotto ha buone possibilità di essere accettato.

Gli AQL sono impostati secondo un livello o secondo un numero di difetti critici, maggiori e minori. Spesso si utilizzano tre principali livelli di difettosità:

- difetti critici = 0%: non è accettabile se un prodotto può essere dannoso per il cliente finale, non è conforme alle normative o il difetto può provocare il guasto del prodotto;
- difetti maggiori = 2,5%: il prodotto non sarà considerato accettabile dall'utente finale;

- difetti minori = 4,0%: mancato rispetto delle specifiche, ma con difetti non troppo evidenti, che la maggior parte degli acquirenti potrebbe accettare comunque.

La percentuale di AQL viene utilizzata principalmente durante l'ispezione pre-spedizione (sul collaudo del prodotto finito, quando i prodotti sono pronti per essere spediti) e talvolta durante la produzione (quando il numero di prodotti è sufficiente per avere un'idea della qualità media del lotto). Lo standard AQL più comune è stato sviluppato dall'American National Standards Institute (ANSI), per questo motivo, a volte, viene chiamato tabella "ANSI" [24]. Esistono tre parametri principali su cui fare le valutazioni: la dimensione del lotto, il livello di ispezione e i limiti di AQL. La dimensione del lotto non è altro che la quantità totale di tutti i prodotti, mentre i livelli di ispezione generale, sono di tre tipi: I, II e III. Il livello scelto è il fattore principale che determina il numero di prodotto che un ispettore andrà a controllare. A volte, ispezionare meno unità (livello I) può ridurre i costi, poiché l'ispezione richiede meno tempo, ma questo livello è una buona scelta solo se ci si fida del proprio produttore e si ha una grande quantità di merci. D'altra parte, se è la prima volta che si lavora con un nuovo fornitore, è consigliabile scegliere il livello di ispezione III. Un'ispezione con un campione più ampio richiederà più tempo, ma darà una migliore comprensione della qualità sul prodotto. Esistono, inoltre, quattro livelli di ispezione speciale, che sono: S-1, S-2, S-3 e S-4; questi vengono utilizzati nei casi si voglia raccogliere un campione più piccolo, rispetto alle dimensioni normali. L'ispezione speciale viene solitamente eseguita se il prodotto richiede test lunghi o tecnici, che potrebbero danneggiarlo ed è molto improbabile che i risultati differiscano significativamente tra le unità ispezionate (di solito includono l'ispezione di meno di 10 unità).

Come accennato precedentemente, viene usato il metodo ANSI/ASQ Z1.4 per ispezioni ad attributi, quindi per l'individuazione di difetti estetici o difetti di lavorazione, mentre quando si ha a che fare con parametri più quantitativi (come lunghezza, larghezza o densità tessuto) si utilizza, di norma, il piano di campionamento Z1.9, che stima la percentuale di non conformità rispetto ai dati che sono normalmente distribuiti.

Per quanto riguarda il piano di campionamento Z1.4, il più usato nel settore dell'alta moda, il funzionamento e la sua procedura è la seguente:

1. si utilizza una tabella che è suddivisa per taglie di lotto;
2. successivamente, si sceglie uno fra i tre livelli di ispezione, generali o speciali, secondo le singole esigenze dell'azienda;

- sulla tabella dell'AQL (nell'immagine seguente) si va ad osservare l'intersezione tra le righe lotto e livello, ottenendo una lettera di codifica;
- grazie alla lettera trovata, viene utilizzata una seconda tabella, la quale attribuisce sia la dimensione del campione da sottoporre al collaudo, sia il numero massimo accettabile di difetti.

Nelle aziende più all'avanguardia, vengono utilizzati software di collaudo avanzati, in grado di assegnare, in base alla dimensione totale della commessa, il livello di AQL adeguato, secondo le richieste del produttore.

Ecco, di seguito, l'immagine delle tabelle AQL per la determinazione del numero massimo di accettabilità dei difetti, in base alla norma ISO2859-1.

SAMPLE SIZE CODE LETTERS							
Lot Size	General Inspection Levels			Special Inspection Levels			
	I	II	III	S1	S2	S3	S4
2 to 8	A	A	B	A	A	A	A
9 to 15	A	B	C	A	A	A	A
16 to 25	B	C	D	A	A	B	B
26 to 50	C	D	E	A	B	B	C
51 to 90	C	E	F	B	B	C	C
91 to 150	D	F	G	B	B	C	D
151 to 280	E	G	H	B	C	D	E
281 to 500	F	H	J	B	C	D	E
501 to 1200	G	J	K	C	C	E	F
1201 to 3200	H	K	L	C	D	E	G
3201 to 10000	J	L	M	C	D	F	G
10001 to 35000	K	M	N	C	D	F	H
35001 to 150000	L	N	P	D	E	G	J
150001 to 500000	M	P	Q	D	E	G	J
500001 and over	N	Q	R	D	E	H	K

ANSI/ASQ Standard Z1.4 - 2008

SINGLE SAMPLING PLANS FOR NORMAL INSPECTION																							
Sample Size Code Letter	Sample Size	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																					
		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2																						
B	3																						
C	5																						
D	8																						
E	13																						
F	20																						
G	32																						
H	50																						
J	80																						
K	125																						
L	200																						
M	315																						
N	500																						
P	800																						
Q	1250																						
R	2000																						

↑ Use first sampling plan above arrow, if sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.
 ↓ Use first sampling plan below arrow AC : Acceptance number Re : Rejection number

Figura 4 (Tabella per analisi AQL - Fonte aqiservice.com)

Generalmente, inoltre, vengono effettuate ispezioni lungo linea produttiva con controlli rapidi a campione per intercettare e accertarsi che non ci siano tendenze negative e viene eseguita anche una ispezione finale sul prodotto finito per verificare completamente che il prodotto rispetti le specifiche. Qualora si rispecchiassero dei non conformi, la procedura sarà quella di effettuare un controllo a tappeto sull'intero lotto, di rilavorare il singolo tessuto o l'intero lotto oppure di rigettarlo, mentre nel caso di prodotto finito, metterlo a seconda scelta (prodotto usato per uso dimostrativo, come campione o venduto a propri dipendenti) oppure rigettarlo e quindi perdere il suo proprio valore di vendita. Molto spesso le aziende tendono ad evitare quest'ultima soluzione, poiché potrebbe portare ingenti danni economici e cercano quindi di vendere la loro propria merce, negoziando i termini di vendita ai clienti con eventuali sconti in base a quanti difetti sono presenti. Al giorno d'oggi le aziende vorrebbero avere meno difetti possibili sui loro tessuti e, per questo motivo, si cerca di adottare azioni correttive e preventive per anticipare la presenza di una non conformità. Ed è proprio per questo motivo che nasce il controllo statistico di processo.

Per il settore del *luxury fashion*, quindi, le tolleranze sono molto più stringenti, proprio per la loro autenticità ed inoltre, si fa un uso massiccio di test sensoriali e strumentali proprio per avere certezza di portare sul mercato un prodotto di alta qualità.

Obiettivi area qualità da raggiungere

Durante lo svolgimento del tirocinio mi sono stati illustrati, sin dal primo giorno, quali siano i principali obiettivi del team qualità che si vorrebbero raggiungere. Sono obiettivi molto generali, ma che rispettano i valori e i principi che una importante azienda che lavora nel mondo del lusso debba avere. In questo paragrafo verranno illustrati e discussi, facendo riferimento anche a casi di aziende che hanno già implementato con successo sistemi di quality assurance, non solo relativi al settore della moda, per capire quali siano i risultati che si potrebbero raggiungere.

Il primo obiettivo richiesto è quello di adottare sempre un approccio ai problemi che sia data-driven, ovvero guidato dai dati. Si tratta principalmente di sviluppare una strategia aziendale che si basa sull'uso intensivo di dati, di analisi e di metriche, per prendere le decisioni e intraprendere le azioni migliori, anziché affidarsi a giudizi o esperienze personali. Ecco, di seguito, i passi per poter implementare questo tipo di approccio:

1. Raccogliere i dati: si cerca di ottenere tutti i dati necessari per poter essere poi analizzati. Le fonti principali possono essere, nel campo dell'industria tessile, strumenti che misurano istantaneamente le variabili da tenere sotto controllo, per poi registrare i dati sui propri server aziendali. Oppure, per un'analisi di carattere economico, studiare i dati di vendita e le performance finanziarie.
2. Analizzare i dati: si utilizzano numerose tecniche per certificare che i dati raccolti siano corretti, riorganizzandoli per una successiva interpretazione (ad esempio, controlli sui dati eseguiti con fogli di calcolo come Excel o tramite software di IA).
3. Prendere le decisioni: una volta che si hanno i giusti dati, in gruppo, molto spesso tramite brainstorming, si cerca di orientarsi su una stessa opinione basata più sulla razionalità, che se un pensiero puramente soggettivo.
4. Infine, grazie all'utilizzo dei dati, si cerca di ottimizzare ed efficientare le proprie performance aziendali, per poter raggiungere gli obiettivi che sono stati fissati.

Alcune aziende importanti hanno già adottato questa tipologia di approccio, proprio come ha fatto Netflix, ad esempio, sfruttando i dati raccolti sui gusti e sulle preferenze degli utenti per suggerire loro i contenuti da visualizzare (ciò ha ridotto il tasso di abbandono e favorito i ricavi). Oppure, in campo automotive, Tesla, che ha sfruttato la raccolta e l'analisi dei dati riguardo le condizioni di guida per un miglioramento dei loro propri prodotti.

Il secondo obiettivo che si vorrebbe raggiungere consiste nel volere migliorare la validazione industriale, ovvero poter avere un processo di verifica e controlli delle varie fasi produttive il più documentato possibile, in modo da renderlo affidabile e che consenta di arrivare a produrre prodotti conformi alle specifiche in maniera ripetibile. Innanzitutto, il primo step da effettuare è quello di migliorare la documentazione, quindi cercare di riportare tutto ciò che viene effettuato durante la produzione per poter essere allineati il più possibile alle specifiche e agli standard richiesti. In secondo luogo, bisogna aumentare le attività di verifica per controllare che tutto funzioni correttamente, che non siano fatte senza criterio, ma con stabilità e coerenza. Infine, il risultato che si vorrebbe ottenere è quello della ripetibilità: dimostrare attraverso le attività svolte che i processi produttivi producano in maniera costante ottenendo prodotti di alta qualità. La validazione industriale viene soprattutto utilizzata in campo medico, ma potrebbe essere implementata anche nel settore del *luxury fashion*. Bisognerebbe effettuare numerosi controlli sui vari filati, tessuti, pellami o accessori, in modo da garantire sempre il rispetto delle specifiche richieste dall'azienda produttrice o dal cliente (facendo test fisici e chimici) e anche avere un'attenta visione sulle proprie filiere produttive, richiedendo audit periodici ai fornitori

e sub-fornitori. Potrebbero aiutare, in questo senso, l'adozione di PLM (Product Lifecycle Management), che servono principalmente per centralizzare ed avere un'unica visione sull'intera supply chain, sull'approvvigionamento delle materie prime e sui controlli qualità, migliorando l'efficienza e la collaborazione interna. Ne è un esempio l'azienda italiana Brioni, ora sotto il gruppo Kering, che richiede circa l'utilizzo di 200 sarti per il controllo qualità su specifici abiti prodotti su misura [25].

L'ultimo obiettivo fissato dall'area qualità è quello di consolidare i risultati ottenuti; quindi, mantenere ciò che di buono è stato raggiunto e ricercare il miglioramento continuo (seguendo la filosofia Kaizen), affrontando piccole sfide alla volta. Per un'azienda che lavora nel settore del lusso, la continuità verso il raggiungimento dei risultati è essenziale per rimanere in vita e sopravvivere al contesto giornaliero, soprattutto perché la reputazione dei vari marchi si fonda su una posizione che sia duratura all'interno del mercato della moda. Consolidare significa anche preservare e creare dei processi stabili nel tempo, che aiutino a crescere, senza però compromettere l'elevata qualità.

Tutti questi tre obiettivi sono importanti sfide che, se nei prossimi anni verranno perseguiti, porteranno ad ottimi risultati. Il settore del *luxury* è abbastanza indietro da questo punto di vista, rispetto ad altri settori, di cui di seguito verranno messi in evidenza alcuni casi, che hanno già implementato sistemi di quality assurance, garantendo alte performance. Il primo grande esempio è quello di Toyota, che ha fatto della qualità il suo punto di forza per poter affermarsi sul mercato automotive. In particolare, ha sviluppato quello che viene chiamato *Toyota Production System*, che è un vero e proprio metodo organizzativo che si basa sull'utilizzo efficiente delle risorse che si hanno a disposizione senza andare incontro ad ulteriori sprechi [26]. Oltre all'aver introdotto la regola del *just in time*, ovvero di produrre nel momento in cui arriva la domanda del bene, il TPS ricerca una qualità che sia totale, in tutti gli aspetti aziendali, in modo da ottenere sempre un miglioramento continuo per poter innovarsi ed evolvere. Non ci devono essere difetti sul prodotto, quindi si richiede un continuo e attento controllo durante tutte le fasi produttive, grazie all'utilizzo di strumenti di monitoraggio e alla cooperazione tra tutti gli operatori, che hanno più responsabilità e gestiscono più macchinari. Tutto questo sistema ha portato alla nascita della *Lean Production*, modello organizzativo alla base delle aziende moderne (in contrapposizione o utilizzato assieme al modello *Agile*).

Un caso reale, ma più recente - riportato da Software House - è di un'azienda che produce componenti di precisione in plastica per il settore medico ed automotive, che si trovava in difficoltà poiché aveva un tasso di difettosità sempre più elevato, con difetti riscontrati molto

spesso al completamento dei lotti e con una registrazione dei dati di ispezione prettamente manuale su fogli di calcolo. Inoltre, non c'era alcuna cooperazione tra il team qualità e gli operatori produttivi, creando diversi colli di bottiglia. Hanno quindi scelto di implementare il sistema definito MES (*Manufacturing Execution System*) per avere una migliore efficienza sul controllo qualità e per avere una tracciabilità in tempo reale [27]. Utilizzarono diverse nuove soluzioni, come liste di controllo digitali per ottimizzare le ispezioni, controlli di qualità durante la produzione, in modo da poter avere l'approvazione dell'operatore prima di procedere nel processo, dashboards in tempo reale per mostrare le tendenze dei vari difetti riscontrati. I risultati ottenuti furono impressionanti:

- tassi di difettosità ridotti del 41%;
- riduzione del tempo per eseguire gli audit dell'80%;
- l'operatore aveva un maggiore coinvolgimento;
- reclami da parte dei clienti diminuiti di circa il 35%;
- tempi per risolvere le non conformità dimezzati.

Questo esempio può proprio dimostrare che, per avere una elevata qualità produttiva, bisogna adottare dei piccoli accorgimenti che servano ad anticipare il difetto e a potenziare, quindi, la propria produzione.

Capitolo 3: Data for quality: raccogliere i dati ed analizzarli al fine di monitorare e migliorare le performance

Introduzione ai KPI per l'area tessile e per il prodotto finito

Durante la mia esperienza di tirocinio ho avuto modo di approfondire uno dei più importanti aspetti aziendali che, nel mondo odierno, sono alla base di ogni scelta strategica, ovvero gli indicatori di performance, chiamati più comunemente KPI. Grazie ai KPI le organizzazioni riescono a valutare il loro proprio successo e il raggiungimento degli obiettivi prefissati, in modo da tenere sotto controllo le proprie performance nei processi aziendali, sia a livello produttivo e soprattutto economico. Esistono quattro principali indicatori, che sono:

- indicatori generali: monitorano la mole di lavoro di un processo;
- indicatori di costo: tengono sotto controllo i vari aspetti economici;
- indicatori di servizio: servono per misurare il tempo di risposta che intercorre tra l'avvio del processo e la sua conclusione;
- indicatori di qualità: valutano la qualità dell'output di un processo, secondo il rispetto di eventuali target o standard; sono quelli su cui ho lavorato, per creazione e successiva analisi, su cui mi soffermerò in questo capitolo [28].

I KPI vengono creati e definiti da una persona che ha competenze e capacità di poter vedere nell'insieme i vari dati a disposizione, da cui poi estrapolerà dei grafici chiari e di facile lettura, in modo che si possa trarre facilmente delle conclusioni, per poi prendere delle decisioni; la figura di riferimento è, quindi, quella dell'analista. Cosa importante è che non tutti i processi possono essere analizzati: è necessario che il dato a disposizione sia facilmente comprensibile, significativo, strutturato, robusto, che la sua reperibilità non abbia costi elevati e che il dato non cambi frequentemente. Inoltre, gli indicatori devono soltanto essere di supporto per basare le proprie scelte strategiche e non devono diventare un mantra da seguire per rispettare i target imposti, poiché potrebbero portare a sistemi di incentivazione non corretti. Può accadere che la raccolta dei dati statistici venga abusata per la comprensione del problema sottostante e così facendo, l'uso di indicatori dal valore dubbio può portare ad uno scostamento tra l'effettivo progresso nelle finalità voluto dall'organizzazione e i dati raccolti nelle varie misurazioni effettuate.

Per la creazione dei KPI, assieme al mio tutor aziendale, abbiamo avuto una struttura di lavoro organizzata e precisa, in quanto già da tempo l'azienda monitora i vari processi con grafici e

tabelle che vengono utilizzati per riepilogare e spiegare a chi di dovere come sta performando l'azienda. Innanzitutto, è importante avere i dati a disposizione, su cui poi andare a fare l'analisi. Molto spesso i dati ricevuti sono grezzi e mal ordinati, perché provengono direttamente dai software all'interno dei quali vengono salvati e raccolti; quindi, una prima attività da svolgere è quella di riordinare i dati e vedere che siano corretti (tramite aiuto del reparto IT, che segue e modifica i codici di trasmissione e salvataggio dei dati). Si passa poi all'analisi vera e propria, eseguita in parte tramite brainstorming assieme al team e in maniera autonoma da parte dell'analista, cercando di capire quali indicatori possano essere di aiuto per le persone che sono responsabili per una determinata *business line*. Effettuato questo passaggio, successivamente, attraverso il software di monitoraggio e creazione di report Power BI di Microsoft (analizzato nel dettaglio nel prossimo sotto capitolo), si costruiscono i grafici che vengono messi a disposizione per i responsabili di reparto ed infine, si redigono i report per la valutazione dei target e le azioni di risposta ad eventuali sotto tendenze.

Durante la mia esperienza lavorativa ho potuto analizzare e definire differenti indicatori di performance, sia nell'area della divisione tessile, che in quella relativa al prodotto o capo finito. Di seguito sono riportati le definizioni di vari KPI su cui ho potuto personalmente lavorare e approfondire; nel sotto capitolo successivo verranno mostrati esempi di dati relativi ad alcuni indicatori, per portare in studio e in analisi le loro principali caratteristiche ed influenze sui processi aziendali. Tutti questi KPI vengono, di solito, calcolati dopo la fase di collaudo del prodotto, che sia esso un tessuto o un capo finito, oppure successivamente a questa fase, nel momento in cui l'azienda decide di redigere i vari report mensili, trimestrali o semestrali

I principali KPI di qualità utilizzati nelle divisioni tessili dalle aziende del *luxury fashion* sono:

- KPI sulle seconde scelte:

le seconde scelte sono quei prodotti che, per la presenza di difetti estetici, imperfezioni o piccole variazioni dalle specifiche, non vengono conteggiati come buoni e quindi non finiscono in magazzino per poter essere poi spediti. I principali difetti per cui si decide di declassare un tessuto o un capo a seconda scelta possono essere: pieghe, presenza di macchie, centro cimossa, graffi o cuciture irregolari. Un prodotto che è di seconda scelta è pianamente riutilizzabile, può svolgere la funzione per la quale è stato creato e, infatti, vengono tipicamente venduti ad un prezzo ribassato o utilizzate per le vendite dedicate ai propri dipendenti. I principali indici analizzati sono relativi alla quantità di seconda scelta registrata mese per mese (è spesso presente un istogramma con andamento

mensile e per quadrimestre, utile a mostrare i trend), assieme al tasso di seconda scelta, misurato in percentuale come:

$$\frac{qtà\ seconda\ scelta}{qtà\ totale\ versata} \times 100$$

Importante è pure il tasso di seconda scelta misurato in relazione al costo delle singole unità, per serve per dare un'idea del dato da un punto di vista economico. Configurano nelle dashboards e sono importanti anche i grafici relativi agli *items* e ai fornitori che hanno un tasso di seconda scelta molto alto (quindi quelli che sono i peggiori). I dati sulle seconde scelte, di norma, vengono registrati su software ERP in reparto nel momento in cui viene effettuato il controllo su un tessuto e i dati sono inviati quotidianamente ai software di business intelligence usati dall'azienda (come Power BI). L'obiettivo da raggiungere è quello di far diminuire la quantità di seconde scelte, poiché i ricavi derivanti da questi ultimi sono relativamente bassi, rispetto allo standard e, difatti, l'azienda impone spesso dei target (differenti a seconda della *business unit* di riferimento) di seconda scelta da rispettare. Proprio l'implementazione del controllo statistico di processo può essere uno strumento utile a diminuire la quantità di seconde scelte, permettendo di avere meno difetti, grazie ad un approccio proattivo.

- KPI sulle rilavorazioni:

le rilavorazioni sono tutti quegli interventi che vengono eseguiti sul prodotto, in seguito ad un controllo, per necessità di riparazioni o di rifacimento, in modo da diventare poi conformi alle specifiche. Anche in questo caso si può utilizzare come metrica di riferimento la percentuale di prodotti rilavorati o, come alternativa, il numero di rilavorati per lotto. Il dato viene registrato in reparto non appena il tessuto inizia una nuova rilavorazione ed entra a sistema su Power BI con frequenza settimanale. L'azienda fissa dei target da rispettare abbastanza restringenti, perché il costo di rilavorazione è abbastanza alto, sia in termini economici, che di tempo. Proprio un aumento delle rilavorazioni può portare ad un aumento delle seconde scelte (ad esempio se vengono effettuate delle rilavorazioni non efficaci, si rischia di avere dei capi che rimangono difettati) e, quindi, ad ulteriori costi, definiti costi di non qualità (CONQ), che danno vita ad un ulteriore KPI.

- KPI relativi ai costi di non qualità (CONQ):

questo indicatore di performance monitora tutti quei costi che sostiene l'azienda a causa della produzione di prodotti non conformi agli standard e alle specifiche qualitative, includendo sia perdite economiche interne, che esterne. I CONQ si suddividono in quattro macrocategorie:

- costi di prevenzione:
sono principalmente le spese sostenute per prevenire la nascita dei difetti, quindi, ad esempio, l'implementazione di procedure relative alla *quality assurance* o le spese per la formazione dei dipendenti;
- costi per la valutazione e l'analisi:
sono i costi relativi a tutti i controlli e agli audit che vengono effettuati sul prodotto, durante e alla fine del processo di produzione;
- costi di non conformità interna:
sono le spese effettuate a seguito delle rilavorazioni, di scarti o della sostituzione di parti difettate;
- costi di non conformità esterna:
tra questi rientrano i costi relativi ai resi da parte del cliente (per alcune norme contrattuali si possono pagare delle penali), relativi ai prodotti declassati a seconda scelta. Questi potrebbero poi portare ad un danno anche di carattere reputazionale dell'azienda, con conseguenze negative.

Tutti questi costi, sommati tra di loro, definiscono questo KPI molto importante, che viene tenuto sotto controllo quotidianamente. L'obiettivo principale è quello di contenere questi costi, adottando sia misure preventive come l'SPC e sia monitorando i processi.

Di seguito vengono riportati dei grafici che spiegano lo stretto legame presente tra seconde scelte, rilavorazioni e costi di non qualità.

Q.tà seconda scelta in relazione con i costi di non qualità

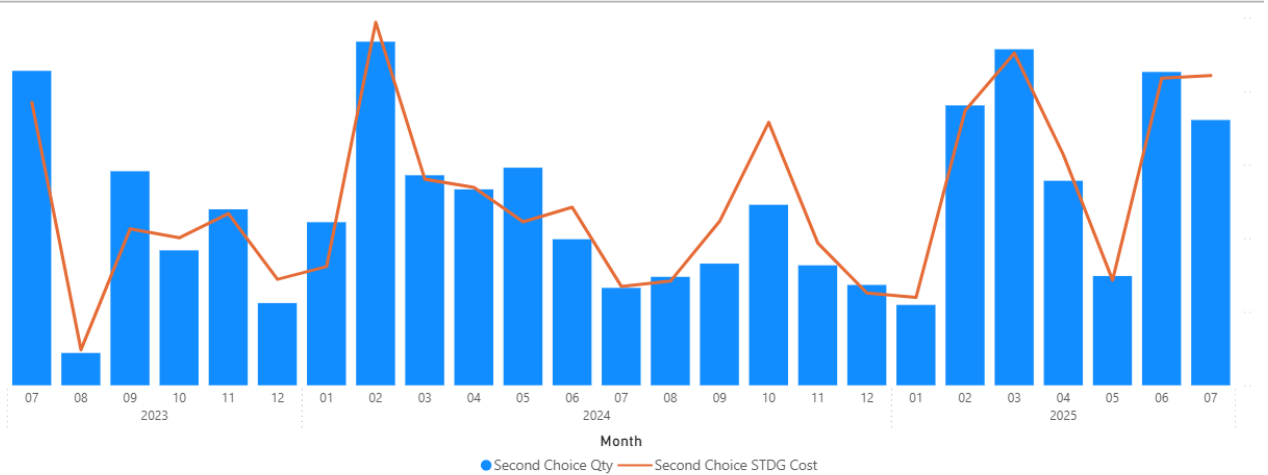


Figura 5 (istogramma illustrativo sul trend delle seconde scelte - creato con Power BI)

Q.tà rilavorazioni (trend mensile)

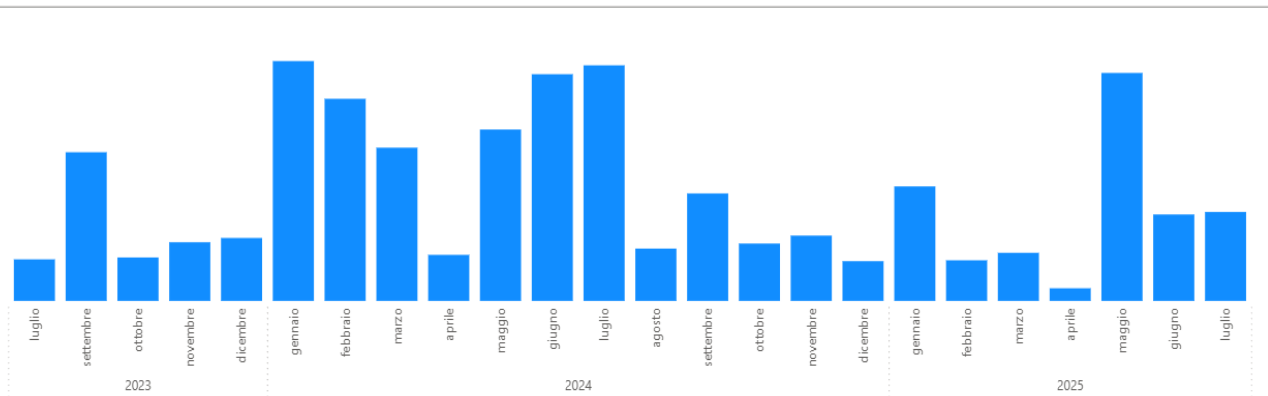


Figura 6 (istogramma illustrativo sul trend delle quantità rilavorate - creato con Power BI)

I due grafici mostrano che, a seguito di maggiori rilavorazioni effettuate sui prodotti, segue (quasi sempre) un aumento delle seconde scelte nel mese successivo. Inoltre, osservando il primo istogramma, si può notare come una maggiore quantità di seconda scelta porti a un aumento dei costi, impattando in maniera maggiore o minore sul totale dei costi di non qualità. Una piccola quantità di seconde scelte potrebbe far lievitare questi costi, con un serio impatto economico, legato sia alla riduzione del valore del prodotto, sia ad una eventuale perdita della marginalità. Queste analisi servono per far capire che tra questi due KPI vige una relazione di tipo causa-effetto, poiché se si hanno più rilavorazioni in un certo periodo di tempo, la qualità del tessuto risulta essere sporcata dal rientro in alcuni macchinari e pertanto risulta più facile incorrere in

ulteriori difetti nelle fasi successive; quindi, il tessuto o il capo hanno più possibilità di essere declassati a seconda scelta. Le rilavorazioni servono come azioni correttive per eliminare un difetto, ma, introducendo una maggiore variabilità nel processo produttivo, ci deve essere molta più attenzione a mantenere intatto il tessuto nelle fasi successive, che risulta essere più fragile. Questa importante relazione potrebbe anche essere analizzata in ottica del *Statistical Process Control* (analizzato nei capitoli successivi), perché monitorando quante rilavorazioni vengono eseguite durante un certo periodo di tempo potrebbe dare un segnale di allarme nel caso questo valore aumenti, segnalando una instabilità nel processo ed anticipando la nascita di nuove seconde scelte.

- KPI sui resi:

vengono definiti resi tutti quei tessuti o prodotti che vengono restituiti dal cliente dopo la loro vendita, a seguito della presenza di difetti estetici o funzionali, di insoddisfazione, di errori nella scelta della taglia (prodotto finito). Il tasso di reso è molto importante da tenere sotto controllo, perché dà un'idea di quanto il cliente sia soddisfatto del prodotto acquistato. Esso è uguale a:

$$\frac{\text{Numero unità restituite}}{\text{Numero unità vendute}} \times 100$$

Se il tasso è alto può significare che ci potrebbero essere problemi legati alla vestibilità del prodotto oppure alla qualità percepita dal cliente, mentre se è basso significa che il cliente valuta il prodotto acquistato coerente con quanto si aspettava. Il tasso viene registrato dal reparto di customer service, ma è un importante dato monitorato anche dalla produzione, per capire dove migliorarsi per soddisfare ogni esigenza del cliente. A volte, può anche accadere che il reso sia influenzato da ritardi nella spedizione o dalla stagionalità, quindi non sempre il danno è imputabile alla produzione.

- KPI sugli scarti:

le aziende del *luxury fashion* tendono a monitorare anche gli scarti, ovvero tutti quei tessuti o pezze difettate che non sono più recuperabili, anche se vengono rilavorati. Derivano principalmente da materie prime che sono difettate già in partenza e non scartate, pezze fuori standard o dall'esecuzione di processi non corretti. Gli scarti sono una voce di costo abbastanza importante, perché non possono essere recuperati in alcun modo e possono impattare pesantemente sul bilancio di una azienda. In particolare, si

tende a monitorare la percentuale di scarti, con una frequenza di registrazione settimanale, misurata come:

$$\frac{q.tà \text{ di materiale scartato}}{q.tà \text{ totale di materiale usato}} \times 100$$

Se gli scarti sono elevati si può dedurre una inefficienza a livello produttivo, oppure un malfunzionamento ad un macchinario che può portare a generazione di evidenti difetti; quindi, bisogna intervenire con le dovute tempistiche.

I KPI che ho dovuto definire personalmente sono relativi alla divisione aziendale della *Luxury Goods*, che comprende prodotti come accessori, Ready To Wear, Knitwear e Shoes. Tra questi figurano:

- KPI Right First Time (RFT):

i right first time sono tutti quei prodotti che sono buoni al primo tentativo senza dover subire rilavorazioni o modifiche, mantenendo il loro aspetto primario. È un indice molto importante da monitorare, perché in questo modo l'azienda capisce realmente quanto sta performando a livello produttivo, realizzando dei prodotti ottimi e che rispecchino tutte le specifiche imposte. Il tasso di RFT viene calcolato in questa maniera:

$$\frac{N^{\circ} \text{ prodotti conformi al primo tentativo}}{N^{\circ} \text{ prodotti totali}} \times 100$$

Se il tasso è abbastanza alto, ad esempio, significa che i processi di produzione sono stabili nel tempo e controllati (nel settore del lusso deve essere circa intorno al 95%), mentre un tasso minore vuol dire che ci potrebbero essere dei problemi di inefficienza o che permane qualche difetto non osservato. Questo indicatore è strettamente collegato con il KPI relativo alle rilavorazioni: se aumenta uno, diminuisce l'altro e viceversa.

È importante capire quali siano i principali difetti riscontrati durante i collaudi e come questi impattino sui vari KPI appena illustrati (soprattutto sui costi di non qualità). Di seguito ecco mostrata una panoramica su questo aspetto, relativamente ai prodotti di Ready To Wear, Knitwear e alle Shoes:

- difetti sullo stiro: possono nascere a causa di un'eccessiva pressione del ferro esercitata sul capo ad una temperatura troppo alta; questo accade soprattutto per

fibre pregiate come cashmere o seta. Un modo per prevenire questo tipo di difetto può essere quello di usare ferri o presse a controllo preciso, con parametri di temperatura e tempi standard, oppure utilizzare acqua demineralizzata o con prodotti anticalcare. Per riparare il danno è possibile ritentare un'altra stiratura, oppure, se il danno ha comportato bruciature estese, si può pareggiare con finiture decorative;

- cuciture mal eseguite: risultano essere evidenti cuciture saltate o mancanti, in modo tale che non sia presente un'adeguata tensione del filo o che questo rischi di rompersi. Gran parte delle volte può capitare per errori umani del singolo operatore ed è possibile porre rimedio disfando le cuciture non conformi, rifacendole o rinforzandole;
- soles scollate: nel caso delle scarpe, può capitare che le soles non stiano attaccate al resto del prodotto, poiché la colla utilizzata non è abbastanza forte (non viene usata la giusta pressione durante la sua applicazione) o non viene distribuita in maniera uniforme. In alcuni casi la colpa può essere delegata al fattore dell'umidità. Le aziende tendono spesso a fare i test dello strappo per capire e valutare la forza di adesione della suola al resto della scarpa (test eseguito anche nel caso dei tessuti).
- tessuto fallato (punti, buchi, imperfezioni): questa tipologia di difetto può nascere durante la lavorazione del tessuto, soprattutto durante le fasi di tessitura, orditura o finissaggio, a causa di tensioni variabili nei telai o per tagli non corretti. Per questo motivo è utile fare un'ispezione dei tessuti a fine lavorazione, per segnalare eventuali difetti o impurità, prima che vengano lavorati per la confezione del capo (se i difetti sono troppo estesi il tessuto viene rifiutato).
- cambio colore del tessuto: si tratta di un difetto molto ricorrente durante la lavorazione del tessuto. Sebbene il colore dovrebbe essere distribuito in maniera uniforme lungo tutto il tessuto, può accadere che ci sia una variazione del colore su parti diverse dello stesso, variazioni tra rotoli appartenenti allo stesso lotto in tintura o una variazione nella regione del centro-cimosa (si potrebbe avere una tonalità del colore più scura o differente tra la parte centrale della pezza e la parte più esterna, con le zone parallele alla cimosa che risulteranno diverse rispetto alle zone del tessuto). Le cause principali potrebbero essere: una distribuzione del bagno lungo il processo di tintura non uniforme, una differenza sostanziale della temperatura tra le diverse parti del tessuto immerse a bagno, che influenza

la fissazione degli agenti coloranti, una pressione o tensione variabile e, infine, un comportamento anomalo del tessuto nei processi post tintura. Per contrastare questi difetti si cerca di monitorare il più possibile i macchinari per il processo di tintura, oppure si utilizzano pretrattamenti per evitare che il colore abbia una disuniformità o perda la sua reale tonalità. Volendo, se la variazione del colore non è elevata, si può ricorrere ad ulteriori lavaggi o uniformare il tessuto tramite l'utilizzo di finiture colorate.

- KPI esito del collaudo finale:

questo KPI viene utilizzato per capire come si suddivide la distribuzione degli esiti del collaudo sul prodotto finito, che sia un capo d'abbigliamento, un accessorio o una scarpa. I principali esiti utilizzati sono l'accettato, la seconda scelta, la rilavorazione, la riparazione in esterno e il freepass (capo rilevato come conforme senza che sia stato fisicamente controllato). Grazie a questa suddivisione del risultato del collaudo è possibile costruire grafici che permettano di capire quanto i prodotti rispettino le specifiche, una volta arrivati al banco collaudo, consentendo di aiutare le altre aree aziendali a prendere le giuste valutazioni per eventuali azioni correttive o di miglioramento, capendo anche quale fornitore sta performando meglio o peggio.

- KPI per Quantità totale capi fisicamente collaudati e % capi fisicamente collaudati:

questi due indicatori vengono utilizzati per quantificare il numero totale dei capi che fisicamente gli operatori prendono in mano per farne il collaudo (presa delle misure, visione di eventuali difetti). L'indicatore può mostrare il trend del collaudo sia giornaliero, settimanale o mensile e, inoltre, serve per mettere in luce la produttività del reparto collaudo e del singolo operatore. Si utilizza, invece, il KPI percentuale per capire quanti capi si collaudano rispetto al totale delle commesse in entrata a magazzino (per una singola commessa, può non essere necessario fare il 100% del collaudo, ma il numero di capi da controllare varia a seconda dell'AQL).

Analisi degli indicatori di performance creati

In questo capitolo vorrei riportare esempi di KPI su cui ho potuto lavorare e sviluppare personalmente durante la mia esperienza di tirocinio. Per ragioni di riservatezza aziendale sono stati utilizzati una serie di set di dati fittizi per la costruzione dei grafici riportati di seguito. I dati riproducono realisticamente ciò che è stato analizzato in azienda, permettendo di validare gli indicatori di performance creati.

L'analisi è stata compiuta sul dataset riportato in Appendice A, mentre in questo capitolo verranno riportati solamente i grafici su tendenze e relative analisi. Il primo grafico analizzato (nell'immagine sottostante) riguarda il trend mensile (da gennaio a dicembre) sulla seconda scelta dell'area *Luxury Goods*, un KPI abbastanza importante poiché mette in luce quanti capi non possono essere venduti come prima scelta, perché hanno difetti evidenti e non migliorabili, non permettendo di ottenere il massimo profitto di vendita possibile.

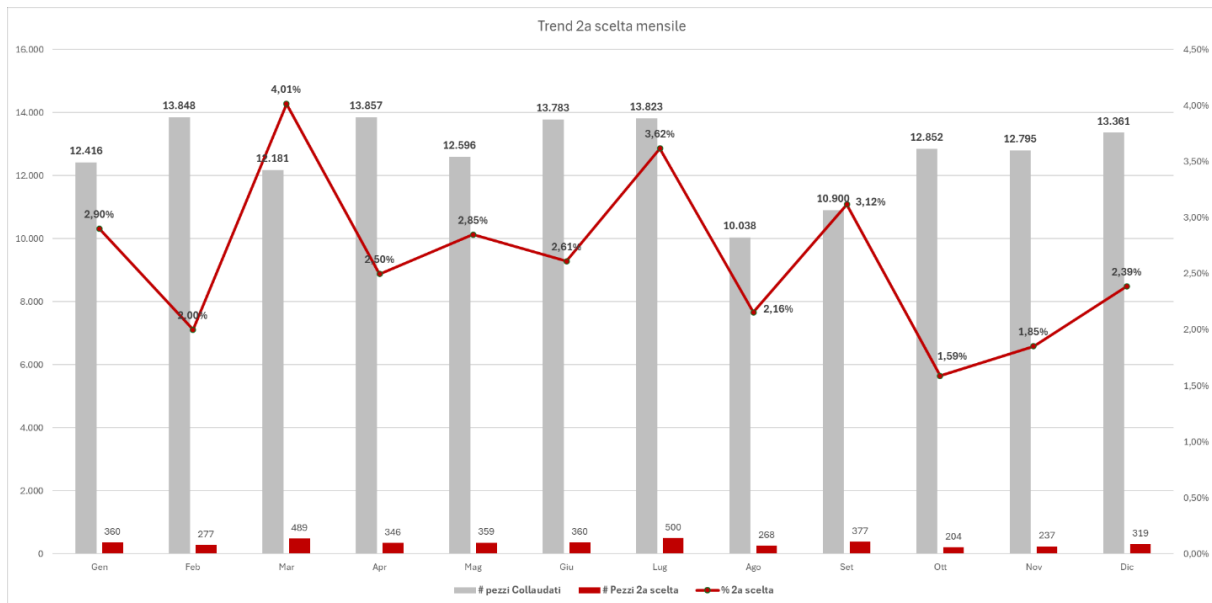


Figura 7 (Istogramma Trend mensile 2a scelta - creato con dataset in Appendice A)

Le colonne dell'istogramma in rosso rappresentano la quantità di seconda scelta e la percentuale sul totale si attesta intorno al 2/3 %, con picchi fino al 4%. Si può osservare che nei mesi di agosto e settembre, le quantità risultano essere minori in seguito alla chiusura aziendale per le ferie estive, riprendendo poi a crescere ad ottobre. L'andamento è molto variabile, ma nei mesi autunnali la % di seconda scelta sembra abbassarsi sensibilmente, forse a seguito di miglioramenti nelle fasi di lavorazione o nei prodotti consegnati dai fornitori. È un dato da tenere sempre sotto controllo e, a seguito di valori elevati di seconde scelte e della relativa percentuale, potrebbe essere necessario l'intervento del management per capire quale sia il problema all'origine della difettosità (magari per un determinato articolo o fornitore).

Il secondo grafico analizzato riguarda il trend mensile del RFT, KPI che è strettamente collegato con quello delle seconde scelte. Infatti, più la percentuale di RFT è alta, meno capi avranno esito di seconda scelta al collaudo; quindi, si ha una relazione tra le due variabili che è inversamente proporzionale. L'azienda vorrebbe sempre avere questa percentuale alta, intorno

al 90/95%, perché questo sta a significare che l'azienda sta performando bene e il suo processo produttivo risulta essere stabile e affidabile; inoltre, avere questo indice alto ha un grosso impatto economico, perché permette di vendere i capi con il loro reale valore ed è possibile risparmiare su eventuali costi per rilavorazioni o tempi aggiuntivi.

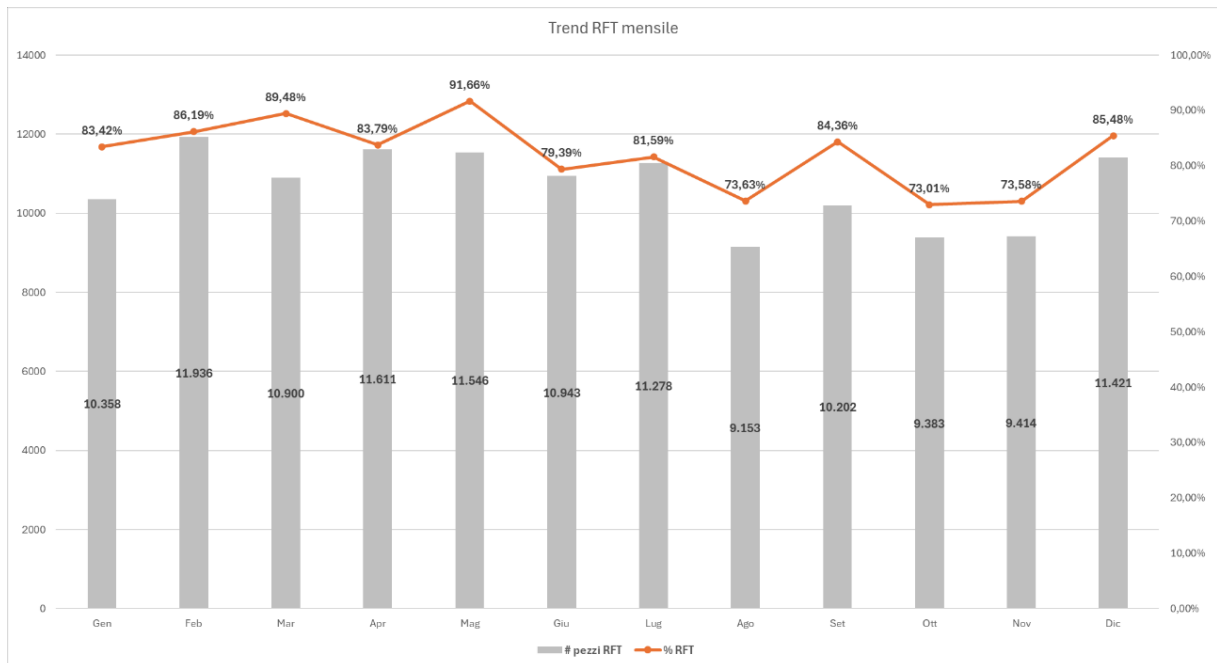


Figura 8 (Istogramma Trend mensile RFT - creato con dataset in Appendice A)

In questo istogramma è possibile notare che l'azienda risulta avvicinarsi in molte occasioni all'ottimo di RFT, tranne che in alcuni mesi dell'anno. Si ricorda che non vengono considerati come RFT tutti i capi a cui è stato attribuito un esito compreso tra seconda scelta, rilavorazione e riparazione in esterno. Questo grafico può essere letto anche su base settimanale o giornaliera, per monitorare il reparto di collaudo aziendale ed è uno dei principali grafici analizzati all'interno dei *Quality Report* giornalieri o mensili.

L'ultimo grafico analizzato riguarda sempre il KPI sulle seconde scelte, ma questa volta in relazione alla tipologia di difetto riscontrata a collaudo. È molto utile sapere il motivo per cui un certo capo viene declassato a seconda scelta, cosicché si possa intervenire il prima possibile se la numerosità dei difetti riscontrati inizia ad essere consistente.

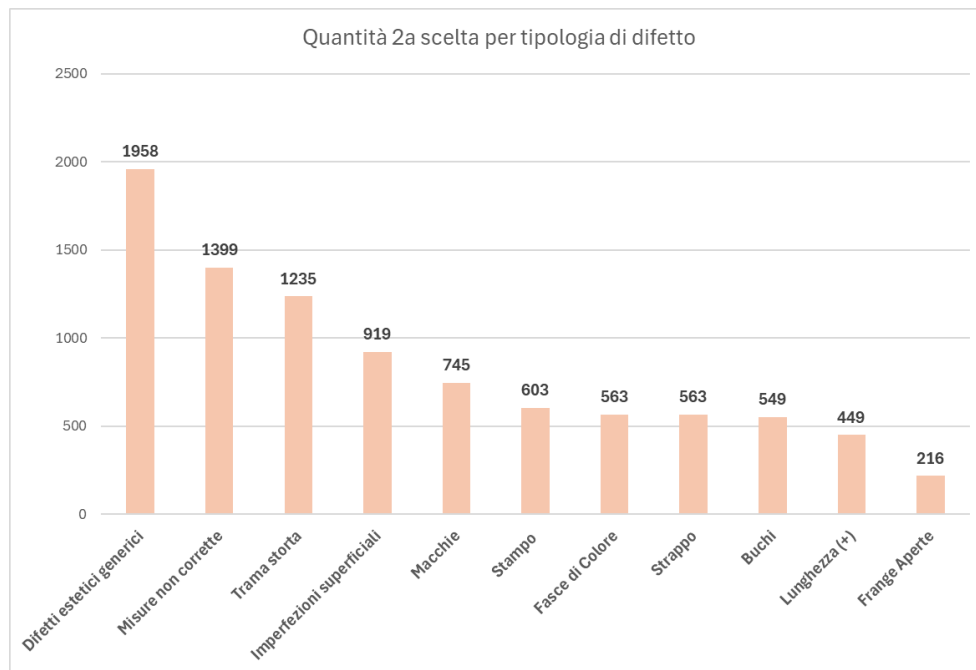


Figura 9 (Istogramma 2a scelta per tipologia di difetto - creato con dataset in Appendice A)

Come si può osservare dall'istogramma, uno dei difetti maggiori che possono portare un capo ad essere considerato di seconda scelta è la presenza di misure non conformi (ad esempio, se una giacca ha la misura del braccio più lunga rispetto alle specifiche riportate nella sua distinta base), mentre il secondo è l'avere, sul tessuto, un'imperfezione estetica, che può essere una cucitura mal eseguita o la presenza di pilling. Questa relazione tra difetto e quantità di seconda scelta è molto utile ai fini della reportistica e può portare all'attenzione del management su come migliorare la propria produzione in base a quali difetti emergono maggiormente (da tenere presente che un capo viene imputato come seconda scelta solo se il difetto risulta essere irreparabile).

Creazione ed analisi dashboards per la popolazione aziendale

Per il lavoro di creazione ed analisi degli indici di performance ho utilizzato il software di *business intelligence* Power BI, di Microsoft e, in questo paragrafo, vorrei approfondire brevemente l'applicativo e come sono costituite le dashboards per la consultazione dei dati aziendali.

Power BI è uno dei maggiori software utilizzato in ambito aziendale capace di offrire servizi di *business intelligence*, che permette di analizzare una moltitudine di dati, rendendoli interattivi,

con possibilità di aggiornamenti del dataset in input a frequenza periodica (che può essere quotidiana, settimanale o mensile, a seconda dei processi analizzati e delle indicazioni da parte del management) [29]. Il software è composto da due componenti principali che sono l'applicativo Power BI Desktop e il servizio Power BI. L'applicativo desktop è ideale per la modellazione dei dati e la creazione di report, mentre il servizio, nonché il sito web viene usato per la condivisione e la collaborazione con altri utenti; tutti e due possono connettersi alle origini dati e creare quindi delle viste. La prima versione di Power BI si basava su componenti aggiuntivi appartenenti a Microsoft Excel: Power Query, Power Pivot e Power View. Dopo qualche anno, Microsoft ha aggiunto molte altre funzionalità come faq, connettività dei dati a livello aziendale e opzioni di sicurezza tramite Power BI Gateway. Power BI venne distribuito per la prima volta nel luglio del 2015. Di seguito un esempio di schermata del software, che ho utilizzato durante i mesi di tirocinio e per la creazione delle dashboard per la consultazione dei vari KPI.

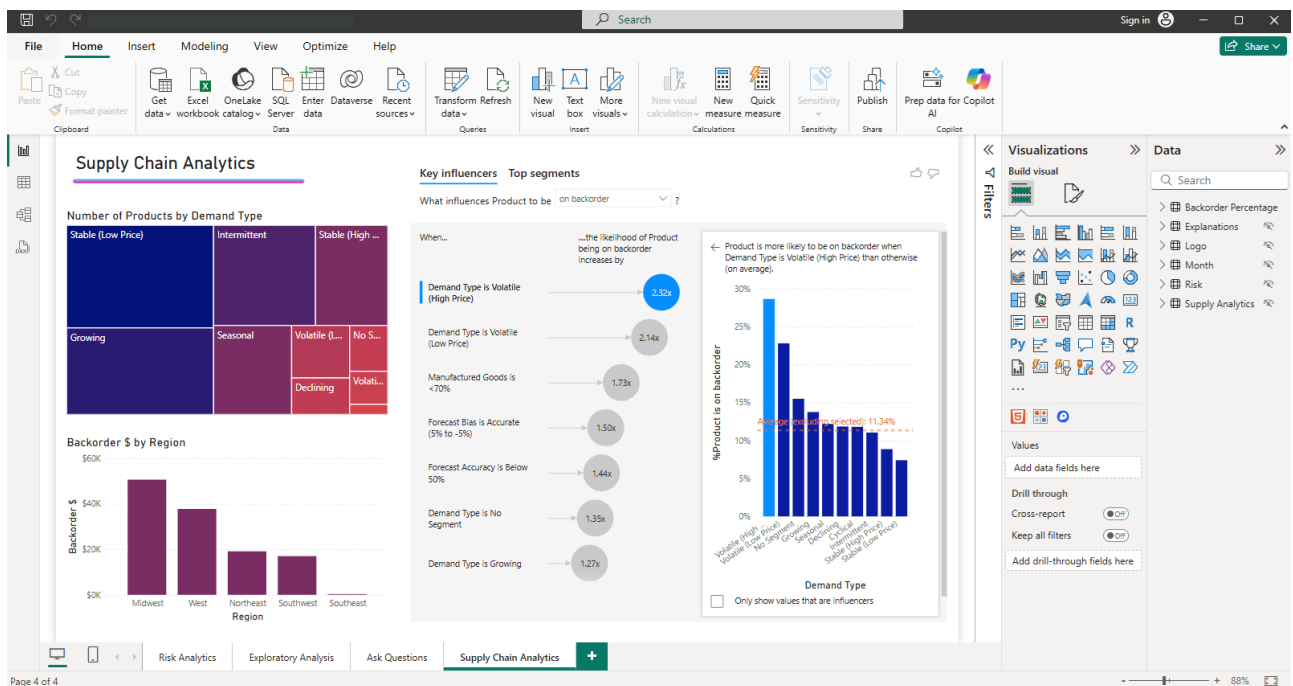


Figura 10 (Schermata principale di Power BI Desktop- fonte ninjaone.com)

Il funzionamento di Power BI si basa sulla lettura dei dati tramite realizzazione di un modello semantico, permettendo di creare relazioni strutturate tra tabelle e colonne diverse. La creazione di un modello semantico è di responsabilità propria del reparto IT, che deve provvedere ad importare i dataset salvati sui software aziendali (esempio ERP), tramite file Excel, SQL Server o file CSV e successivamente deve creare tutte le relazioni necessarie tra le tabelle. È molto

utile avere una colonna chiave che fa da tramite tra tutte le tabelle, in modo che queste ultime possano comunicare tra di loro, (in alternativa le relazioni possono essere create manualmente). Vanno successivamente create le misure necessarie alla costruzione dei vari indicatori di performance, grazie alla scrittura di query basate sul linguaggio informatico (esempio Python o R). Possono essere create nuove misure o colonne per fare somme, percentuali, creare target settoriali oppure per semplicemente dividere i dati in specifici sottogruppi. Una misura o colonna molto utile, soprattutto nel settore della moda, è quella che suddivide i periodi di produzione in base alla stagione (estate o inverno), anno e quarter, che è quella della gerarchia, per creare una sequenza temporale dei dati, utile per monitorare in maniera precisa e chiara i processi. Una volta importati i dati, create le nuove misure e le nuove colonne, il dataset finale può essere pubblicato e reso disponibile per successiva creazione della dashboard, che verrà poi divulgata per la visualizzazione alla popolazione aziendale.

L'utilizzo di Power BI porta con sé numerosi vantaggi [30]:

- fornisce funzionalità di *Business Intelligence* a qualsiasi organizzazione aziendale, grazie ad un accesso facilitato al sistema in tempo reale, con informazioni corrette e dati attendibili;
- possiede una notevole sicurezza che aiuta a proteggere tutti i dati e consente la visualizzazione di report e dashboard solo alle persone autorizzate. Inoltre, i servizi di Cloud hanno funzioni avanzate per rilevare e contrastare possibili minacce informatiche;
- permette di ottenere connessioni da una moltitudine di fonti dati come Oracle, Snowflake o fonti di dati web (Salesforce e Adobe Analytics);
- ultimamente supporta funzioni di intelligenza artificiale che permettono di estrarre maggiore valore dai dati in analisi e maggiori elaborazioni per analisi predittive;
- possiede una visualizzazione facile ed immediata dei dati, con un aspetto dei report molto user-friendly e facilmente modificabile in base al volere dell'utente.

L'obiettivo principale di queste dashboard è quello di rendere accessibili i dati in tempo reale a chi è responsabile, quindi principalmente il reparto produzione, il reparto qualità ed il top management, per permetterne il monitoraggio. I report mensili, invece, hanno l'obiettivo di porre focus sui risultati aziendali, in modo da individuare principali anomalie e casi irrisolti, nonché prendere le giuste decisioni strategiche da un punto di vista economico. I report vengono stilati per ciascun KPI monitorato e contengono solamente i dati più significativi riguardanti sia la produzione interna, sia associata ad eventuali fornitori, mettendo in risalto la tendenza

temporale. È molto utile seguire le informazioni riportate nei report, poiché consentono di verificare le prestazioni dei processi aziendali, aiutando ad allinearsi con gli obiettivi prefissati. Inoltre, permettono di stabilire in maniera adeguata i premi aziendali, utili per motivare ed incentivare i dipendenti a fare bene ed impegnarsi, trattenendo i migliori talenti e riducendo ulteriori assunzioni. Nell'immagine sottostante ho voluto riportare un esempio di *Quality Report* utilizzato per presentare e mostrare i dati aziendali (l'immagine ha il solo scopo di mostrare il layout di un classico report aziendale, i dati sono puramente fittizi ed inventati).

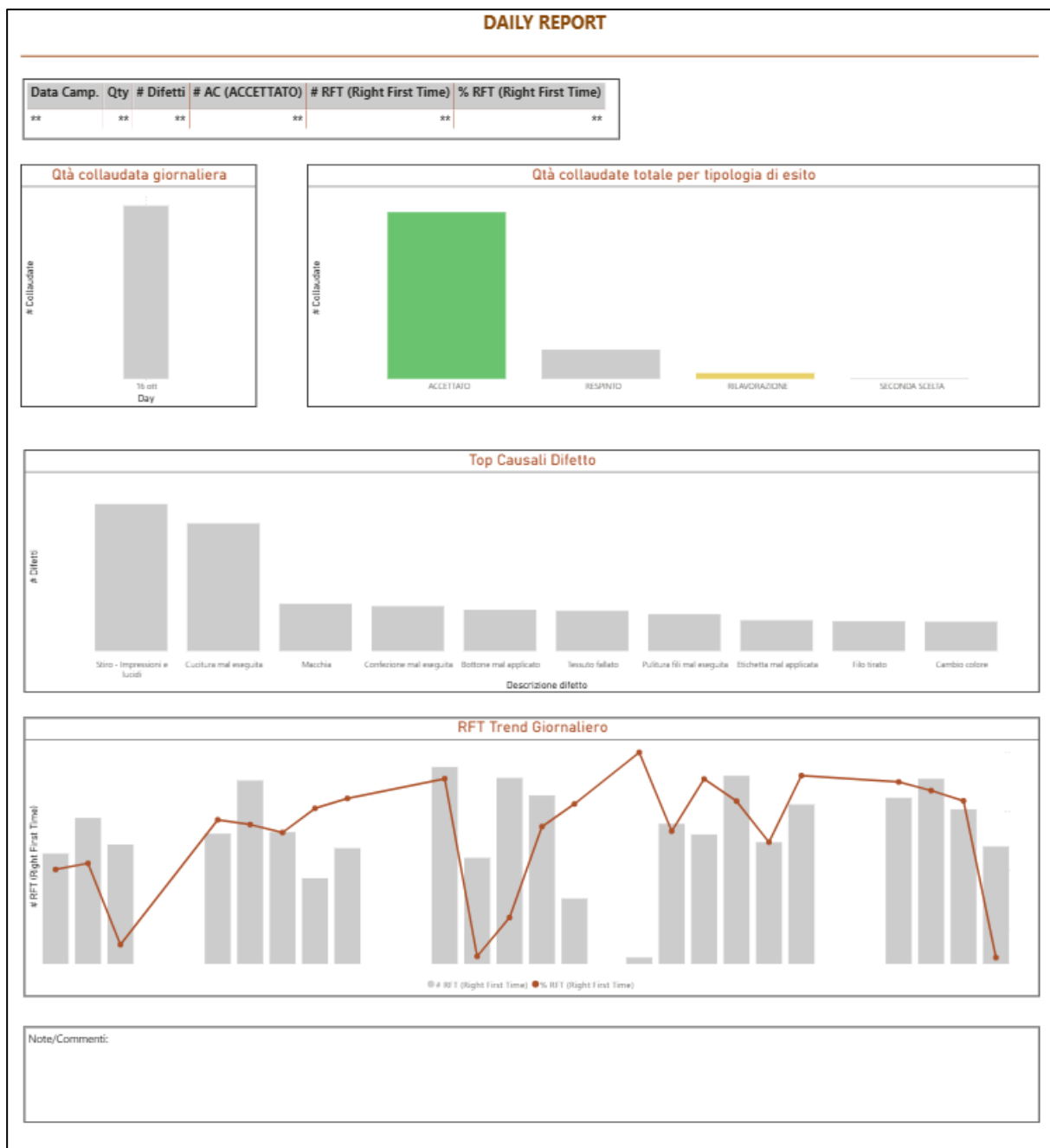


Figura 11 (Esempio di report per KPI - Fonte: creazione personale tramite Power BI)

In questa immagine ho voluto riportare un *Daily Report*, nel quale sono presenti alcuni dei principali KPI qualitativi che possono essere monitorati di giorno in giorno, in modo da tenere traccia dell'andamento del reparto di collaudo. In particolare, il report in questione si focalizza sull'RFT e sulla tipologia di esito riscontrata in reparto collaudo, con un'attenzione anche alle tipologie di difetti riscontrate. Importante è dar luce alle quantità di prodotti che vengono accettati, in relazione a quante, invece, sono le quantità non buone al primo colpo e che, quindi, hanno bisogno di essere rilavorate o declassate a seconda scelta. La presenza di un trend nel report permette di dare visione alla performance globale del reparto, consentendo di osservare eventuali picchi, anomalie e buoni risultati. Il report è rivolto principalmente ai responsabili di reparto, che, grazie ad una attenta analisi di questi dati, possono capire maggiormente quali aspetti si potrebbe migliorare.

Capitolo 4: Statistical Process Control (SPC): come viene utilizzato nel settore tessile-laniero e quali sono i suoi approcci

Il controllo statistico di processo (SPC) è uno strumento utilizzato principalmente per comprendere e analizzare le variabilità di un processo industriale. È poco conosciuto e utilizzato nel mondo della moda, poiché questo settore si basa ancora su tecniche e procedure abbastanza ancorate alla singola capacità del lavoratore nell'osservare e monitorare lo stato di avanzamento della produzione. Durante il tirocinio, ho avuto modo di vederne una sua prima applicazione, partecipando e supportando in prima persona i progetti, su diverse fasi del processo. È stato interessante osservare come si è evoluta internamente l'azienda, sia da un punto di vista operativo (è stato necessario insegnare e formare gli operatori e i principali addetti a utilizzare questo strumento, per loro del tutto nuovo), sia per quanto riguarda il progresso raggiunto grazie all'introduzione di queste nuove procedure.

L'obiettivo delle procedure SPC è quello di prevenire i difetti prima che questi si verifichino, anziché identificarli e correggerli a posteriori [31]. Questo approccio aiuta principalmente a ridurre gli sprechi, migliorare l'efficienza, garantire la conformità agli standard di qualità e ridurre i difetti presenti sui prodotti, consentendo un risparmio in termini di tempo e soprattutto costi. Il metodo SPC venne ideato negli anni '20 da Walter A. Shewhart, fisico e statistico americano che lavorava presso i Bell Telephone Laboratories, il quale sviluppò il concetto di carta di controllo. Poi, durante la Seconda Guerra Mondiale, l'SPC è stato utilizzato prevalentemente negli Stati Uniti per migliorare la qualità della produzione bellica e negli anni '80 ha conosciuto una rinnovata popolarità come strumento fondamentale per il miglioramento continuo. Il controllo statistico di processo si basa sull'utilizzo delle carte di controllo: sono grafici utilizzati per monitorare le variabili di processo nel tempo e identificare eventuali tendenze o deviazioni dalla norma. Esistono diversi tipi di carte di controllo, ognuna con specifiche e precise applicazioni (verrà illustrato successivamente). Esistono poi diverse procedure e strumenti accessori a supporto dell'SPC, tra cui i principali sono:

- Istogrammi: servono per rappresentare graficamente la distribuzione dei dati, utili per identificare la variabilità del processo e la presenza di eventuali anomalie;
- Diagrammi di Pareto: grafici a barre che mostrano la frequenza dei diversi tipi di difetti, consentendo di identificare le cause principali dei problemi di qualità e di concentrare gli sforzi di miglioramento sulle aree più critiche;

- Diagrammi di causa-effetto (diagrammi di Ishikawa): strumenti utilizzati per analizzare le possibili cause di un problema di qualità e identificare le soluzioni più efficaci;
- Indici di process capability: misura statistica che valuta quanto un processo è in grado di produrre pezzi entro i limiti di tolleranza prefissati. Dichiara se il processo è capace di mantenere la qualità richiesta in modo ripetibile.

Lo strumento di SPC è nuovo per il settore della moda, ma non, invece, per altri settori produttivi, come quello automobilistico, alimentare o farmaceutico. Già da parecchi anni, infatti, queste procedure sono state implementate sui processi, consentendo di raggiungere ottimi risultati. Ad esempio, nell'industria automobilistica si utilizzano carte X-bar e R per monitorare il diametro dei pistoni o lo spessore delle lamiere, oppure le carte c per monitorare il numero di difetti nella verniciatura di una carrozzeria. Nel settore farmaceutico, invece, vengono utilizzate le carte di controllo per monitorare il dosaggio dei principi attivi in un farmaco o per monitorarne la sua degradazione nel tempo.

Nella filiera del lusso della moda, il controllo statistico di processo potrebbe portare vantaggi soprattutto per una migliore gestione della difettosità. Osservando i processi produttivi durante il tirocinio, ho potuto notare che alcuni macchinari, se non correttamente monitorati e gestiti, possono arrecare molti danni al tessuto in lavorazione. Questo si traduce in successive rilavorazioni per eliminare il difetto, in ritardi nelle consegne e, conseguentemente, in danni economici, poiché non si rispettano gli standard imposti dai clienti e bisogna concedere delle scontistiche sui lotti. Il difetto su un articolo, molto spesso, si genera nelle prime fasi della tessitura e, se non individuato subito, si può trasmettere fino alla fase finale, con gravi conseguenze. Per questo motivo uno strumento come l'SPC sarebbe molto utile in questo settore, nella quale l'attenzione al dettaglio e la qualità sono ai massimi livelli.

Siccome questo approccio è poco conosciuto nel settore, una fase cruciale della sua implementazione è stata quella di formare la popolazione aziendale al suo utilizzo. In particolare, l'SPC è pensato per essere utilizzato dagli operai, che lavorano direttamente sul macchinario e segnalano eventuali anomalie, dai responsabili di produzione, che monitorano che il processo sia stabile nel tempo, dai responsabili della qualità industriale, per capire se il prodotto è conforme agli standard imposti dal cliente. Nei mesi di tirocinio ho partecipato a dei veri e propri incontri formativi settimanali, organizzati con lo scopo di insegnare a tutte queste persone l'utilizzo dello strumento. Assieme al mio *team*, ho dovuto capire come aiutare il personale ad avere tutte le informazioni necessarie, al fine di agevolare l'operato nell'utilizzo delle procedure di monitoraggio della qualità. I corsi sono settimanali o bisettimanali, in modo

da permettere a tutti di capire in maniera ottimale il funzionamento dello strumento e per fare chiarezza sui potenziali vantaggi dell'SPC. La formazione è stata diretta, in primis, ai responsabili di reparto, poiché hanno una maggiore conoscenza dei tessuti che vengono lavorati giornalmente e hanno grande abilità nel trovare la soluzione ai possibili problemi, grazie all'esperienza nel settore. I risultati saranno sempre più rilevanti con l'avanzare del tempo. Durante il corso sono stati affrontati vari temi riguardo il mondo del controllo statistico di processo:

- quali siano i principi fondamentali dell'SPC, quindi capire le basi della teoria statistica e del campionamento;
- la lettura e l'interpretazione delle carte di controllo (quindi anche la definizione dei limiti di controllo);
- come gestire eventuali azioni correttive quando si riscontrano delle anomalie durante il monitoraggio del processo;
- la possibile connessione tra lo strumento dell'SPC e il controllo sui KPI qualitativi aziendali, come la quantità di seconde scelte o di rilavorazioni.

Le persone coinvolte durante la formazione hanno capito l'importanza dell'approccio *data-driven* per l'esecuzione delle task aziendali, perché il dato a disposizione è il fattore che più di tutti aiuta e dà consapevolezza su ciò che realmente accade, permettendo di avere una ampia visione sul problema da risolvere. In prospettiva futura si pensa di estendere il corso anche agli operatori che lavorano sui macchinari, che sono più a contatto diretto con il materiale da lavorare.

La formazione, in questo specifico caso, rappresenta un vero e proprio momento per dare visibilità di quanto sia importante il concetto di qualità; inoltre, uno dei principali obiettivi dell'azienda è quello di orientare le persone ad agire secondo l'approccio *Kaizen* del miglioramento continuo, in cui ciascuno deve partecipare in maniera attiva non solo alle sue attività assegnategli, ma anche esaminando e analizzando tutti i processi aziendali affini ai suoi, in modo da condividere eventuali spunti di riflessione e di risoluzione ai problemi con i colleghi.

Lo scopo finale del progetto SPC sarebbe quello di estendere l'utilizzo di questo strumento a tutte le principali fasi del processo aziendale, in modo da tenere sotto osservazione e individuare nell'immediato eventuali difetti o problemi, evitando che questi si ripercuotano a valle.

Overview sui software utilizzati

Alla base degli studi sul controllo statistico di processo, per poter analizzare e quindi validare i dati, ho avuto l'occasione di poter usare uno dei vari software statistici messi a disposizione dall'azienda. Una delle prime attività iniziali da svolgere per la creazione delle carte di controllo è quella di approvare e validare i dati in input per il software SPC utilizzato dall'azienda, di cui il funzionamento sarà spiegato successivamente.

Il software utilizzato è in grado di svolgere numerose funzioni per poter fare analisi statistiche, miglioramento della qualità e ottimizzazione dei processi. Il mio utilizzo durante l'esperienza di tirocinio è stato prevalentemente per identificare tendenze, prevedere pattern, esplorare relazioni tra variabili e visualizzare i dati in maniera efficace. In particolare, il software offre tantissime funzioni di analisi statistiche, tra cui statistiche descrittive, test d'ipotesi (t-test, z-test, chi-quadrato), ANOVA, regressione e analisi multivariate e sono disponibili molti strumenti grafici come istogrammi, boxplot e scatterplot, utili alla visualizzazione della variabilità di una funzione. È uno strumento abbastanza innovativo ed avanzato, con funzioni utili per l'analisi predittiva, grazie alla presenza di numerosi algoritmi, e l'analisi multivariata [32] [33]. Utilizzando il software ho potuto notare alcuni suoi punti di forza:

- possiede numerosi strumenti statistici, utili per ogni evenienza;
- ha un design centrato sul miglioramento della qualità e predisposto per compiere attività di SPC;
- interfaccia grafica user-friendly e abbastanza comprensibile;
- molta automazione nelle varie funzioni di utilizzo.

Forse l'unico punto di debolezza del software è che riporta sempre le analisi statistiche che si vogliono ottenere, ma senza poter interpretare i dati; quindi, se non si conosce il suo funzionamento, si rischia di valutare e prendere decisioni non corrette. Qui sotto una immagine della session window del software statistico, dove viene riportata un'analisi di capability (dati di esempio).

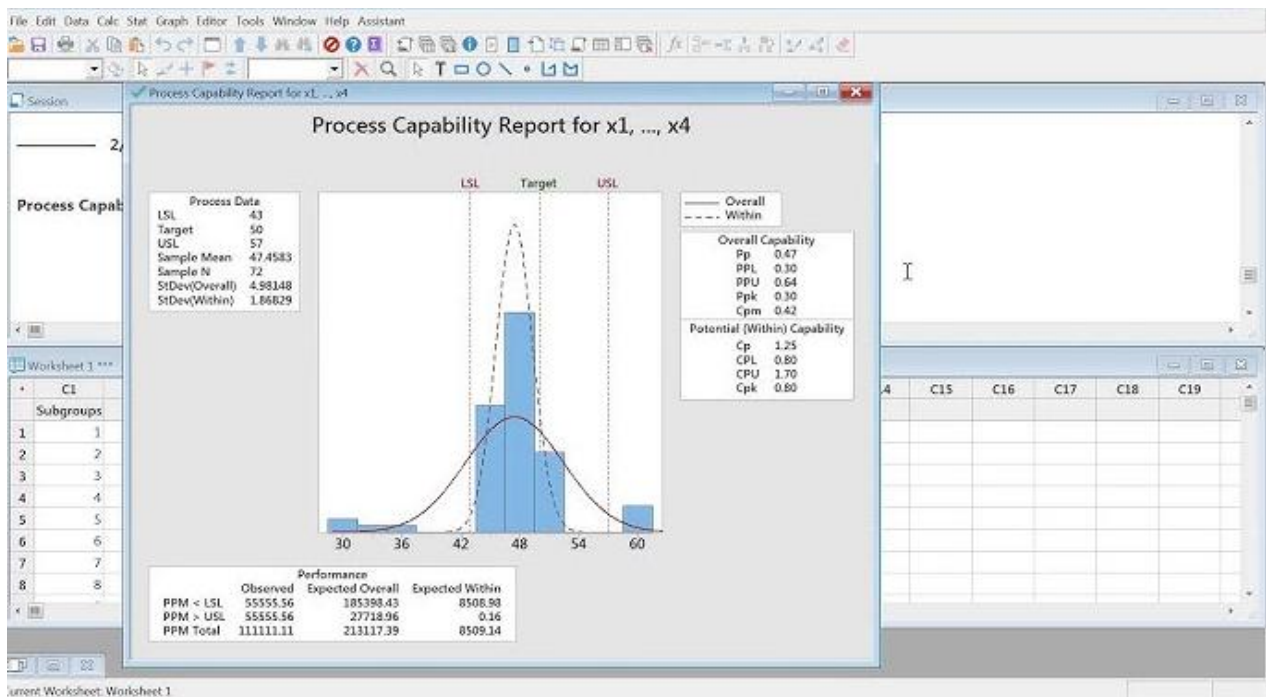


Figura 12 (Schermata software - fonte theopeneducator.com)

Il software utilizzato invece utilizzato per poter visualizzare i dati di SPC viene offerto all'azienda in licenza. L'interfaccia di questo software permette ai singoli operatori e a chi ne ha necessità di poter seguire e controllare che i processi siano stabili nel tempo, tramite consultazione delle carte di controllo e dei vari indici di statistici calcolati (come quello di capability o del p-value), nonché avere una visione se sono presenti eventuali difetti riscontrati durante la produzione. Il software si presenta molto versatile al suo utilizzo e durante l'esperienza di tirocinio ho partecipato ha numerose riunioni, assieme al personale IT, per andare a costruire direttamente l'interfaccia utente. In particolar modo è stato importante capire ed interpretare quali siano i dati che i responsabili adibiti alla qualità industriale volessero avere, in modo da poter prendere le giuste decisioni e, successivamente, creare delle viste sul software che permettano loro la visualizzazione. Per ciascuna variabile di cui si vuole tenere traccia sul software, vengono create delle viste apposite, con diversi dati e grafici a disposizione degli utenti che lo utilizzeranno (verrà spiegato nel dettaglio nei successivi sottocapitoli quali sono le formule alla base del calcolo per le diverse funzioni utilizzate); inoltre, il software permette di adattare il calcolo dei valori statistici in base all'articolo o alla matricola che si vuole monitorare, permettendo allo user un utilizzo dello strumento molto personalizzabile. Anche in questo caso, il software ha numerosi vantaggi nel suo utilizzo, come l'aver un'interfaccia

abbastanza semplificata per l'utilizzo da parte dell'operatore, la possibilità di adattarsi a qualsiasi uso da parte dell'utente (si possono creare molti grafici e sfruttare numerose funzioni preimpostate) e costi non eccessivamente elevati nell'acquisto della sua licenza. Dall'altra parte, però, la costruzione delle funzioni per l'analisi statistica come le carte di controllo o l'indice di capability richiedono una certa abilità informatica, poiché, molte volte, è difficile capire come costruire i grafici a seguito della presenza di errori nel codice o nell'importazione corretta dei dati. Anche per questo motivo, la validazione dei dati è uno step molto importante per l'implementazione del software di SPC. Inoltre, se sono presenti numerosi dati in analisi, il software potrebbe andare in crash; quindi, questo può essere un altro punto debole.

Analisi e preparazione dei dati da usare in SPC

La prima importante fase per implementare il controllo statistico di processo è quella di analizzare preliminarmente i dati che dovranno essere di input per la creazione delle viste per il software utilizzato in SPC. È molto importante pulire e strutturare i dati a disposizione, poiché, molto spesso, si potrebbero avere campi mancanti, errori nell'ordine di grandezza, valorizzazioni sbagliate a seguito dell'importazione dei dati da altri software. Il dataset iniziale viene esportato dai vari ERP utilizzati in azienda e successivamente analizzati e puliti su Excel oppure su un software statistico, per capire se i dati a disposizione possono essere utili al fine della creazione delle carte di controllo o di altri indici statistici. Questa fase non viene solo eseguita nelle attività di SPC, ma è importante anche in altre occasioni, perché consente di visionare che i dati non siano errati, consentendo di prendere le giuste decisioni.

Il processo di raccolta iniziale dei dati è abbastanza strutturato: ogni qual volta viene eseguita una prova o vengono prese delle misurazioni su un campione, i dati possono essere sia inseriti all'interno del software Cloud aziendale in maniera manuale, dopo il termine del test, sia in maniera automatizzata grazie alla presenza di numerosi sensori che permettono di registrare in tempo reale le varie metriche prese in analisi su un tessuto o su un filato. I dati vengono raccolti in buona parte del processo produttivo, con controlli effettuati in tre modi principali:

- controlli intermedi tra le fasi produttive: sono principalmente test a campione effettuati al termine di una fase di produzione, come, ad esempio, su un tessuto in uscita dal processo, per controllare eventuali macchie, variazioni di colore o di altezza;
- controlli sul prodotto finito: sono analisi e misure effettuate sul capo ultimato o su accessori, per accertarsi che non ci siano imperfezioni estetiche o eventuali difetti;

- dati raccolti direttamente dal macchinario: si tratta di dati trasmessi dai macchinari per il finissaggio o dai telai, per prendere misure in tempo reale sul prodotto in lavorazione e sull'andamento del processo.

I dati che ho analizzato durante il tirocinio riguardano alcuni dei principali test eseguiti sul tessuto lavorato e finito, che verranno analizzati nel dettaglio nel prossimo sotto capitolo. Si tratta principalmente di monitorare le grandezze del prodotto in fase di lavorazione o nel laboratorio: ho scelto di soffermarmi e descrivere il processo della follatura (una delle fasi più importanti, critiche e difficili) e il test del pilling e dell'impermeabilità all'acqua. La frequenza di raccolta di questa tipologia di dati è quotidiana, poiché aiuta maggiormente a tenere sotto controllo i processi.

Una volta che i dati sono stati raccolti ed importati su Excel, è possibile proseguire con la pulizia del dataset, verificando che non ci siano outlier, ovvero valori anomali che potrebbero essere stati inseriti in maniera errata o in condizioni di prova non standard, che non ci siano dati mancanti (nel caso ci fossero, se è un caso isolato, si procede ad eliminarlo, altrimenti si possono fare delle verifiche direttamente in reparto per controllare il dato, facendosi aiutare dai gestori di Data Warehouse) e che le unità di misura per le singole misurazioni siano corrette. Proprio le verifiche in reparto sono una parte molto importante dell'analisi dei dati, poiché si può capire realmente se gli operatori, o le macchine, inseriscono correttamente i dati sui Cloud aziendali, capendo se è possibile migliorare ulteriormente questo processo e renderlo il più semplice possibile, riportando tutti i dati necessari per l'SPC.

Avere un dato che sia qualitativamente corretto è alla base per eseguire un'analisi di SPC affidabile e coerente con ciò che si sta misurando. Avendo a disposizione dei dati errati, si può arrivare alla costruzione di indici statistici che potrebbero dare indicazioni sbagliate, rischiando di compromettere le decisioni strategiche future. Un esempio pratico potrebbe essere quello di un difetto che viene registrato in modo errato (come la presenza di un punto che viene dichiarato fuori controllo, ma in realtà non lo è) causando una variazione nella carta di controllo, la quale mostrerà una falsa informazione, portando ad azioni correttive inutili o sbagliate. Le conseguenze dell'avere dei dati di bassa qualità potrebbero essere:

- prendere decisioni operative errate;
- spreco di materiali e tempo, che porta ad un aumento dei costi per riparare i danni;
- difficoltà nello scoprire la reale causa di difettosità.

Molto importante è pure la standardizzazione dei dati qualitativi ovvero la capacità di uniformare le denominazioni dei difetti o dei materiali. Ad esempio, se in un dataset è presente il campo *'difetto colore'* e *'colore difettoso'*, questi due devono diventare una voce unica, in modo da non confondere chi andrà a consultare i dati in essere.

I dati, quindi, devono essere anche strutturati in modo coerente con il tipo di carta statistica utilizzata per la costruzione delle carte di controllo:

- se si utilizzano carte di variabili (come la X-bar, R o S) si richiedono dati per lo più quantitativi, raggruppati in sottogruppi di dimensione fissa (per esempio 4/5 misurazioni consecutive per lotto). Per queste tipologie di carte si fa riferimento a misurazioni come il peso del tessuto o la densità del filato;
- utilizzando invece carte per attributi (che sono la p, np, c, u), si utilizzano molto spesso dati binari o contatori (come difetto sì/no oppure numero difetti per unità). Questo può essere fatto per le percentuali dei capi con difetti estetici.

Non appena si sono validati e corretti i dati in ingresso, questi vengono inseriti nel software SPC attraverso una connessione al server di dominio (Azure o SQL) che permette un caricamento del dataset in maniera del tutto automatizzata, con una frequenza di aggiornamento quasi in tempo reale. Infine, si passa poi alla creazione delle viste, nonché delle carte di controllo e di altri indici statistici sulla piattaforma di monitoraggio di SPC (approfondita nel capitolo successivo).

Sotto viene riportato un esempio di schermata Excel di analisi dati in cui molto spesso si utilizzano diverse funzioni concatenate per verificare che ci sia un quadramento del database.

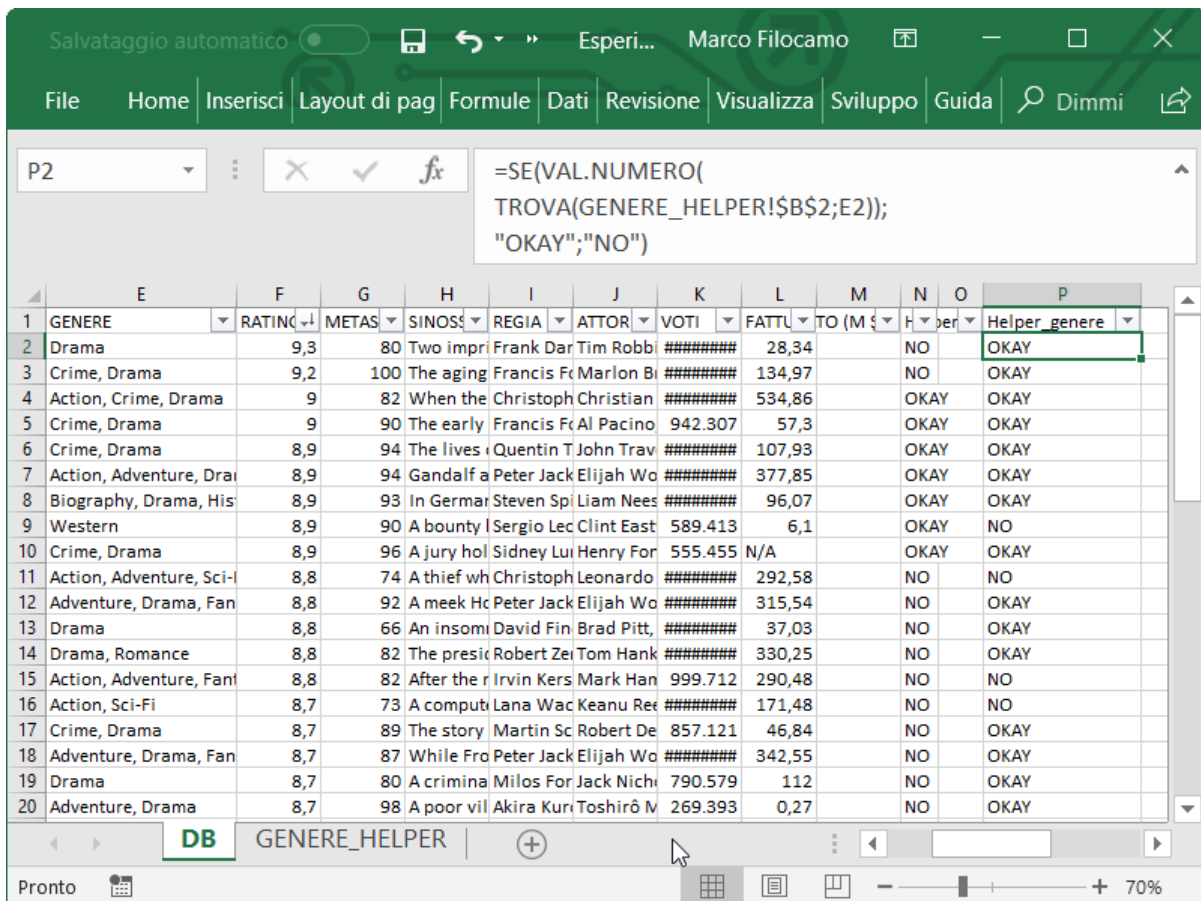


Figura 13 (esempio verifica correttezza dati di esempio su Excel - fonte www.marcofilocamo.it)

Creazione carte di controllo

Quando tutti i dati in ingresso al software SPC risultano corretti, è possibile procedere alla creazione delle carte di controllo, grazie all'aiuto del team di Data Management, che crea il codice necessario alla realizzazione delle viste. In particolare, vengono create le data functions relative ai vari indici statistici da utilizzare ai fini dell'analisi: LCL, UCL, Cpk, Ppk, scarto potenziale percentuale, p-value e Xbar.

Principalmente le carte di controllo hanno una duplice funzione:

- individuare le variazioni del trend dalle cause comuni, che sono nient'altro che il risultato di un numero elevato di anomalie difficili da considerare singolarmente, che possono nascere da possibili mutamenti delle condizioni ambientali o lievi usure sui macchinari. In queste situazioni il processo viene definito "in stato di controllo statistico" e il suo comportamento risulta essere prevedibile entro un certo limite di controllo (UCL e LCL);

- individuare le variazioni del trend dalle cause speciali, che sono considerate delle vere e proprie anomalie sistematiche e non casuali, che derivano da specifici eventi, che sono identificabili e correggibili. Un esempio, può essere un cambio del lotto di prodotto che ha caratteristiche diverse, oppure impostazione scorretta dei parametri di attrezzaggio della macchina da parte dell'operatore o ancora il deterioramento accelerato di un componente della macchina.

Le carte di controllo principalmente utilizzate sono le carte I-MR (individual moving range), poiché permettono di monitorare tutti quei processi per cui le misurazioni vengono prese individualmente nell'arco di tempo considerato (non c'è, quindi, suddivisione in sottogruppi). Il grafico su cui si monitora il processo è quello relativo ai singoli valori misurati, quindi ai valori X , perché serve per individuare le tendenze, eventuali picchi o anomalie. Accanto a questo grafico si può unire anche quello relativo alla variazione mobile (moving range), che permette, invece, di misurare la variazione o la dispersione del processo nel tempo tracciando l'intervallo tra il valore misurato in un certo momento ed il suo successivo e consentendo di valutare se il processo sia stabile o meno.

Per il calcolo dei limiti di controllo superiore ed inferiore le formule utilizzate sono le seguenti [34]:

- per carta I-MR:

$$UCL = \bar{X} + 2.66 \cdot \overline{MR} \quad LCL = \bar{X} - 2.66 \cdot \overline{MR} \quad CL = \bar{X}$$

con \bar{X} = media dei valori individuali e \overline{MR} = media dei range mobili, calcolata come media tra le differenze tra valori consecutivi;

- per carta moving range, invece:

$$UCLmR = 3.267 * \overline{MR} \quad LCLmR = 0 \quad CLmR = \overline{MR}$$

dove 3.267 è la costante D4 per n=2.

È importante, ai fini del corretto funzionamento delle carte di controllo, ottenere almeno 15-20 misurazioni individuali in ordine cronologico. Inoltre, l'individuazione dei fuori standard non

dipendono solamente dal fatto che i valori sia fuori dai limiti, ma anche da precise regole riguardo alla tendenza generale dei valori, che, in alcuni casi, segnalano delle anomalie nel processo. Le principali regole imposte per un corretto utilizzo dell'SPC sono le seguenti:

1. non ci devono essere 7 punti consecutivi crescenti o decrescenti;
2. avere al massimo 8 punti consecutivi sopra o sotto la media;
3. non avere più di 13 valori consecutivi che si alternano sopra e sotto la linea centrale.

In questo paragrafo vorrei approfondire, circa il controllo statistico di processo, tre principali parametri che vengono analizzati e controllati dalle principali aziende del lusso della moda, che sono: gli indici del processo di follatura e i test di laboratorio per il pilling e per l'impermeabilità all'acqua. In figura 14 viene mostrato in quale fase del processo di finissaggio bagnato vengono raccolti i dati sui parametri di follatura, che saranno poi utilizzati ai fini della costruzione della relativa carta di controllo e dell'analisi di capability. Per quanto riguarda, invece, i dati relativi al pilling e all'impermeabilità, essi vengono raccolti durante i test effettuati direttamente su campioni del prodotto finito, quindi a fine di tutti i processi di produzione tessile.

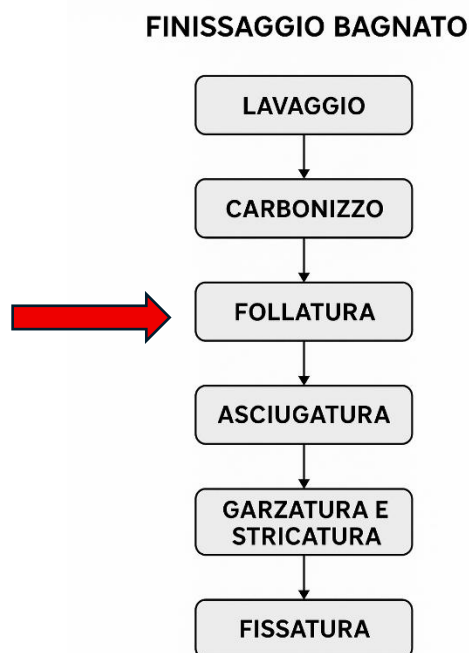


Figura 14 (Elenco fasi produttive finissaggio bagnato per mostrare in quali fasi del processo sono state condotte le analisi)

La fase di follatura è uno dei processi più difficili e complicati da eseguire, che richiede tanta esperienza da parte dell'operatore. Il processo di follatura viene eseguito dopo la cucitura a sacco e ha tre scopi principali:

- far aumentare la massa per unità di superficie al tessuto, grazie alla riduzione delle sue dimensioni e all'aumento del suo spessore;
- conferire effetti di mano e di aspetto superficiale con la conseguente diminuzione dell'effetto visivo dell'armatura;
- preparare il tessuto alle fasi successive, con particolare attenzione alla garzatura.

La follatura viene eseguita sul tessuto sfruttando le proprietà feltranti della lana, proprietà che conferiscono un progressivo aggrovigliamento delle fibre a causa dello sfregamento e della compressione tra le fibre stesse. In questa fase intercorrono tre variabili che agiscono sulla buona riuscita della feltratura (ed è per questo che la follatura è uno dei processi più difficili): l'energia meccanica, che cambia a seconda del macchinario e delle regolazioni di lavorazione; l'umidità, perché, per favorire il movimento delle fibre, devono esserci le giuste condizioni chimico-fisiche di processo (tenere sotto controllo quindi il pH, la temperatura, la presenza di additivi e il contenuto di umidità); il calore, il quale si genera autonomamente all'interno del follone (che è il principale componente del macchinario che permette la follatura) grazie all'energia meccanica applicata tramite le varie regolazioni della macchina. Proprio per quanto riguarda i fenomeni chimico-fisici che hanno luogo sulla fibra della lana, si possono distinguere due ambienti diversi nella quale può avvenire la follatura: ambiente alcalino (pH 10), che contraddistingue la follatura più comune, nella quale si lavora con soda e sapone e si ottiene una follatura più lenta, ma regolare, che arriva ad interessare il nucleo della stoffa; ambiente acido (pH 4), che è relativo, invece, ad una follatura più veloce e che viene eseguita quando occorrono rientri fortemente elevati o quando ci sono problemi di resistenza delle tinte. Per via di tutte queste variabili di processo, vengono follati prevalentemente prodotti o tessuti che derivano da un ciclo cardato.

Il follone utilizzato nel processo è composto da tre principali elementi:

- una coppia di cilindri fortemente premuti tra di loro, che servono per far avanzare il tessuto;
- una coppia di ganasce, che permettono, tramite regolazione della loro distanza, di lasciare più o meno spazio al tessuto in avanzamento;
- una cassa follante, che è posta all'uscita dei cilindri e che, grazie alla sua parte superiore che può oscillare al passaggio del tessuto, permette di fare ingolfare la pezza prima di uscire da essa, creando una forte sollecitazione nel senso dell'ordito, grazie anche alla forte velocità raggiunta nel canale (circa 180 m/min).

Di seguito una immagine dei componenti principali che contraddistinguono il follone e del macchinario vero e proprio.

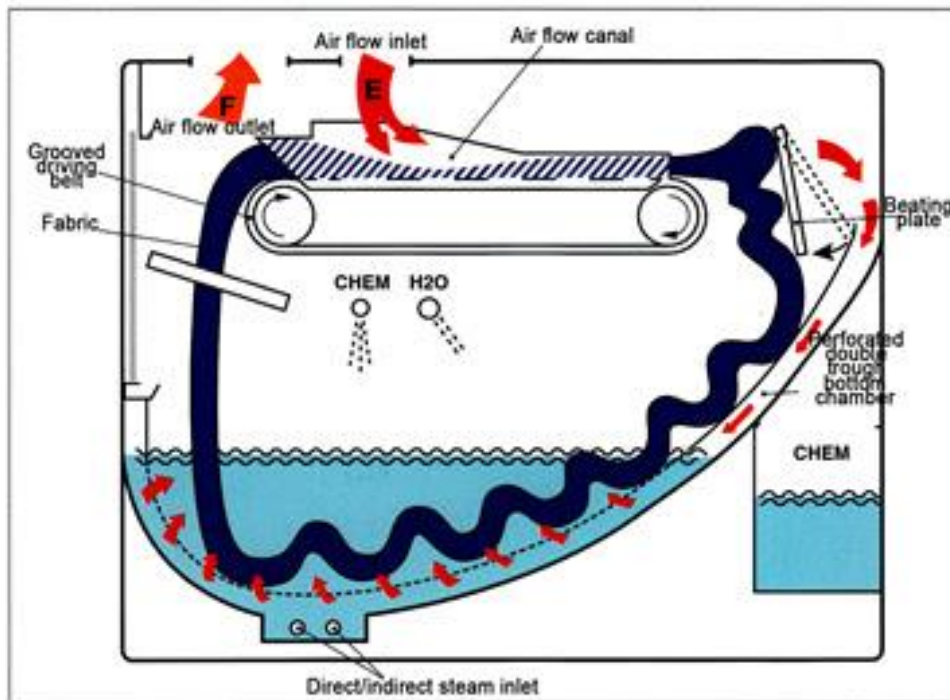


Figura 15 (componenti principali del follone - fonte koteri.re.kr)



Figura 16 (follone Zonco - fonte www.acimit.it)

Ogni articolo ha una sua specifica scheda con tutti i parametri da settare sul macchinario: il folloniere (ovvero la persona incaricata di montare le pezze sul macchinario e metterlo in funzione) fa un calcolo su quale sarà la lunghezza finale della pezza, facendo riferimento alla lunghezza del tessuto greggio e alla sua percentuale di follatura da rispettare. Le regolazioni sul macchinario riguardano le pressioni sui cilindri e sulla cassa follante e il controllo del rientro in senso ordito sulla pezza. Grazie all'introduzione di nuovi sistemi (come l'aggiunta di un magnete ad inizio pezza rilevato attraverso dei sensori di prossimità) è possibile controllare in maniera immediata il numero di passaggi della pezza nell'unità di tempo, in modo da calcolare più agevolmente la lunghezza della pezza post-processo.

Siccome il processo di follatura risulta essere una fase particolarmente costosa, a causa degli innumerevoli tempi morti per le operazioni di carico e scarico delle pezze fra le diverse macchine, poiché molti articoli devono essere lavati subito dopo questo processo per eliminare i vari additivi utilizzati, è stata successivamente ideata una macchina che combina questi due passaggi, di follatura e lavaggio assieme. È proprio su questa macchina che sono stati presi i dati per la costruzione delle carte di controllo. A differenza del normale follone, il lavafolla (così chiamato) ha una larghezza maggiore, che permette di lavorare più corde e ha una profondità della vasca più grande, perché deve permettere un corretto bagno della pezza. Uno degli ultimi aggiornamenti introdotto su questo macchinario è la presenza di un ventilatore che genera un forte soffio incanalato e diretto su ogni singola corda, in modo da favorire il rigonfiamento della pezza e il cambio di posizione delle pieghe, evitando la formazione di bastonature (imperfezioni visive caratterizzate dalla presenza di segni longitudinali irregolari). Per quanto riguarda i tempi di follatura, si passa dai 15 minuti per il cosiddetto "colpo di follone", eseguito su certi tessuti pettinati, alle 3/4 ore per tessuti cardati molto pesanti. Conseguentemente si potrebbero avere perdite di peso che possono variare dal 4% al 15% circa; per questo motivo la percentuale di follatura è un parametro molto importante da tenere sott'occhio.

Durante il processo di follatura si potrebbero avere diversi inconvenienti, come la presenza di appiccicature, causate da una follatura troppo veloce di pezze che non si rigonfiano a sufficienza oppure quando si hanno tessuti molto leggeri ed eccessivamente bagnati; di abrasioni, che si manifestano con rimozione delle fibre, dovute a slittamenti della pezza sotto i cilindri; di zone contigue più o meno folgate, che sono causate da una non uniforme bagnatura del tessuto nel momento in cui inizia il processo.

Durante il mio tirocinio ho avuto modo di partecipare al monitoraggio e all'implementazione dell'SPC per questa fase cruciale, in particolar modo mi sono voluto soffermare sull'analisi della variabile del peso post-follatura, un parametro alquanto importante. Come spiegato precedentemente, la follatura agisce sul tessuto infeltrendolo e, di conseguenza, si assiste ad una riduzione del volume connesso ad una variazione del peso: se il peso risulta essere troppo alto, il tessuto può diventare troppo rigido, mentre se il peso cala troppo può essere difficile lavorarlo nelle fasi successive. Tenere sotto controllo il peso (quindi agire nel momento in cui si nota un valore fuori controllo nel processo) significherebbe evitare tutte le rilavorazioni di follatura, per ottenere il peso corretto e quindi risparmi sia in termini di tempo che di denaro. Per misurare il peso post processo di follatura, a campione per ogni matricola di tessuto uscito dal follone, vengono tagliati tre tondini (o provini), che verranno pesati su una termobilancia che permette di effettuare tutte le misurazioni alle stesse condizioni ambientali (temperatura, umidità). Le misurazioni del peso vengono poi registrate dall'operatore nel software cloud aziendale, dalla quale il software SPC preleverà tutti i dati.

Di seguito viene mostrato un esempio di carta di controllo per il peso post-follatura. Per questa e per le successive carte di controllo costruite sono stati utilizzati dati puramente casuali (vedasi Appendice B), con lo scopo di capire come, dall'osservazione dei valori di un certo processo o test, si possa arrivare a ragionare sulle problematiche riscontrate e su come risolverle. Sull'asse X è presente la data di misurazione del provino e sull'asse Y il valore riscontrato da ciascun punto (per questo esempio sono stati presi in considerazione 63 valori) e la carta si intende costruita per un determinato articolo di prodotto.

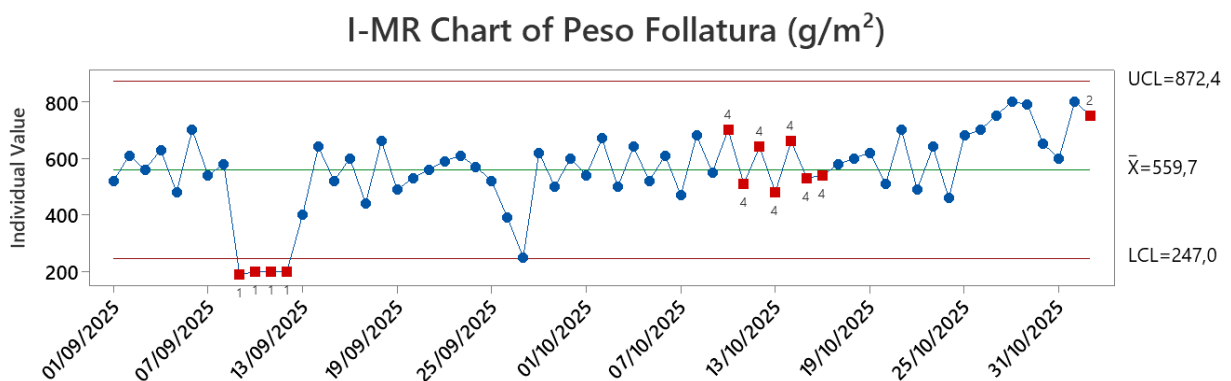


Figura 17 (Esempio di Carta di controllo I-MR per il peso follatura – Fonte: creata con software statistico)

Come si può osservare, l'andamento dei valori è molto altalenante: dopo i primi dati che sono nella media, si è avuto un deciso calo delle prestazioni, che ha portato a ben quattro valori ad essere oltre il range della carta (quadrantini di colore rosso). Da quel momento in avanti, indagando il problema, si è capito che cosa non andasse e infatti i valori ritornano a crescere e ad essere nella media. I successivi valori rossi sono indicati come fuori standard poiché il sistema rileva quattordici misure consecutive che si alternano tra sopra e sotto la linea centrale dell'X medio: da un aiuto a chi osserva il processo dicendo che esso è molto instabile ed è presente troppa variabilità nei dati. Una delle possibili cause di questa anomalia può essere una regolazione continua da parte dell'operatore dei parametri di processo della follatura, che cerca di raggiungere il peso ideale ogni volta che il tessuto viene lavorato e continua a sbagliare calibrazione senza mai raggiungere il valore corretto. Questi tessuti non sono né da scartare, né da rilavorare, poiché sono entro il range, e l'anomalia sta nel fatto che ci sia un andamento del processo molto variabile. Andando avanti nel tempo il processo ritorna stabile e, a parte qualche valore, la media aumenta e questo significa che si stanno mantenendo certe condizioni di lavorazione, che risultano essere valutate correttamente dai responsabili di produzione. L'ultimo valore è segnalato in rosso perché è il nono punto consecutivo sopra la linea del limite centrale: non è una pura anomalia, ma serve per far capire che il processo si è stabilizzato su certi valori, che possono essere anche ottimali o no (in base alle valutazioni dei responsabili del processo e del prodotto).

La prossima variabile che può essere monitorata grazie al controllo statistico di processo e che ho voluto approfondire riguarda il test del pilling, un test che di norma viene eseguito in laboratorio. Per pilling si intende la comparsa di peluria o piccole palline di fibra che si formano a seguito dell'uso e della manutenzione del capo, dandogli un aspetto invecchiato [35]. I pills (le piccole palline di fibra) si formano a seguito di pressione, sfregamento ed agitazione meccanica, spesso provocati dai molti lavaggi e dal continuo indosso. Se il substrato del capo è costituito da fibre leggere e fragili, il pill si spezza e non rimane legato al tessuto, se invece le fibre sono più tenaci, esso si ingrossa e rimane ancorato al capo. Le variabili che influenzano la nascita del pilling sono diverse: tipo di fibra, sua finezza e lunghezza, tenacità della fibra, torsione del filato e come sono state eseguite le fasi di tintura e finissaggio.

Gli standard relativi al pilling sono un parametro abbastanza importante da rispettare e i clienti, molto spesso, impongono di ottenere uno score al test elevato e, difatti, la resistenza al pilling rappresenta un capo di alta qualità. Viene utilizzato un punteggio per valutare la resistenza al pilling di un tessuto, dopo che è stato effettuato il test (la valutazione è del tutto soggettiva,

tramite osservazione del tessuto, e potrebbe variare da persona a persona; per questo motivo il test viene eseguito quasi sempre dallo stesso soggetto). La scala va da 1 (pessimo) a 5 (ottimo) e i singoli valori descrivono rispettivamente:

1. Intensa pelosità sulla superficie del tessuto. Le palline sono di dimensioni e densità variabili e ricoprono l'intera superficie del tondino di capo testato.
2. Marcata pelosità superficiale, con pills di dimensioni e densità variabili che ricoprono ampie parti della superficie.
3. Pelosità di carattere moderata, sulla superficie, con palline di dimensioni variabili che ricoprono solo alcune zone della superficie del provino.
4. Leggera pelosità superficiale, con presenza o meno di palline.
5. Superficie del capo in perfette condizioni.

Il test può essere eseguito in laboratorio attraverso diversi strumenti, ma il più usato è l'apparecchio per il Martindale Test, che è progettato per testare i provini dei tessuti allo sfregamento tramite movimento traslatorio, tracciando una figura di Lissajous (curva chiusa simile ad un moto ondulatorio). Il numero di cicli a cui sono sottoposti i tondini (se ne possono testare più di uno alla volta) varia a seconda del tessuto e degli standard che si vogliono raggiungere. Ecco mostrati, nelle seguenti figure, lo strumento utilizzato per il test e un campione sottoposto a 2000 cicli di rotazione.



Figura 18 (strumento usato per il test del pilling - fonte testertextile.com)



Figura 19 (tondino di un tessuto sottoposto a 2000 cicli del test - fonte lartessile.it)

Il controllo statistico dell'andamento del test del pilling rappresenta, quindi, un importante passo in avanti per poter anticipare meglio i difetti che potrebbero venirsi a creare. Nel concreto, si raccolgono i dati su tre provini diversi per una stessa matricola di tessuto, per ottenere un test che sia robusto da un punto di vista statistico. Momentaneamente, i risultati monitorati tramite le carte di controllo vengono dapprima condivisi col cliente e successivamente utilizzati per definire i limiti di specifica inferiore (soltanto per il caso del test della colonna d'acqua e del pilling). Sotto verrà mostrato un esempio di carta di controllo per il test del pilling (anche in questo caso sono stati utilizzati dati puramente casuali, in modo da creare, tramite software statistico, degli esempi di fuori standard), dalla quale possono essere intrapresi alcuni ragionamenti. Sull'asse X è sempre presente la data in cui è stato compiuto il test, mentre sull'asse Y compare il valore attribuito alla prova eseguita tramite lo strumento Martindale.

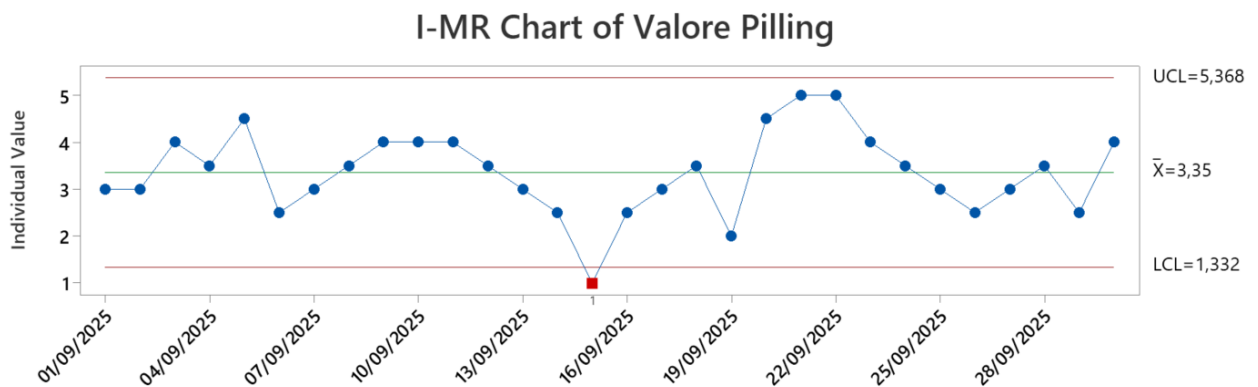


Figura 20 (Esempio di Carta di controllo I-MR per il pilling – Fonte: creata con software statistico)

Come si può osservare, l'andamento dei valori è abbastanza costante, con la presenza di pochi picchi e la tendenza a crescere dei punti dopo che si è raggiunto un valore del pilling basso. È presente solo un fuori standard (in rosso), il che sta a significare che il test sul tessuto viene passato la maggior parte delle volte. Non è detto, però, che un valore di pilling che sia entro i range della carta di controllo sia anche entro i limiti di specifica imposti dal cliente: potrebbe darsi che i clienti richiedano un valore di pilling elevato e, in quel caso, si osservano contemporaneamente sia le carte di controllo che il grafico sulla *process capability*.

L'ultimo caso preso in analisi sul controllo statistico di processo riguarda il test dell'impermeabilità, che viene eseguito sui capi finiti, per testarne la loro resistenza alla penetrazione dell'acqua. Innanzitutto, è da definire il concetto di impermeabilità, che è la capacità di un tessuto di impedire l'attraversamento dell'acqua. Per rendere un tessuto impermeabile posso essere utilizzate varie tecniche differenti, a seconda del risultato che si vuole ottenere:

- utilizzo di membrane laminate (esempio del Gore-Tex) tra il tessuto esterno, in modo che l'acqua non passi ed il tessuto traspiri regolarmente;
- rivestimenti con film sottili sulla parte esterna del tessuto;
- trattamenti di *Durable Water Repellent*, che sono delle finiture che permettono all'acqua di scivolare;
- utilizzo di spray o lavaggi che permettono di impregnare il capo con proprietà idrorepellenti;
- utilizzo di tecnologie micro-strutturate (nanotecnologie) che permettono di aumentare la rugosità del tessuto bloccando il passaggio dei liquidi.

Le principali fibre utilizzate in questo contesto sono quelle del cotone, della lana, della seta e le fibre sintetiche e le caratteristiche tecniche del filo devono seguire determinati standard, come l'aver una trama fitta e l'essere resistenti all'abrasione. L'idrorepellenza ha lo scopo di evitare che il tessuto si saturi d'acqua [36]. Importante è, però, comprendere la reale differenza tra tessuto impermeabile e tessuto idrorepellente. Un capo impermeabile, ad esempio, può proteggere dalla pioggia battente, mentre con un capo idrorepellente ci si può proteggere soltanto da una pioggia leggera, poiché la idrorepellenza è la proprietà che possiede un tessuto di far scivolare l'acqua su di esso. Infatti, a tutti i materiali idrorepellenti vengono applicati prodotti che respingono l'acqua, la quale poi fuoriesce sotto forma di goccioline e non riesce a penetrare il tessuto, mantenendo preservata la traspirabilità. Tuttavia, un tessuto trattato come

idrorepellente non è fatto per resistere all'immersione o alla pioggia prolungata e, con il tempo, con l'usura o con i molteplici lavaggi il trattamento idrorepellente potrebbe svanire.

Per misurare l'impermeabilità di un tessuto, si esegue quello che viene definito Spray Test. Il tondino di tessuto che deve essere testato, viene posto su un apparecchio sulla cui parte superiore è presente un imbuto, nella quale si fa confluire l'acqua che andrà a colpire il provino (in foto viene mostrato il tester per compiere questa operazione) [37]. Il provino è fissato al telaio dello strumento con una inclinazione di 45°, in modo che non abbia pieghe e, successivamente, si versano nell'imbuto circa 250 cc d'acqua a 20 ± 5 °C; in questo modo si otterrà uno spruzzo di acqua della durata media di 25/30 secondi. Infine, il telaio viene ruotato di 180° e la prova viene ripetuta.

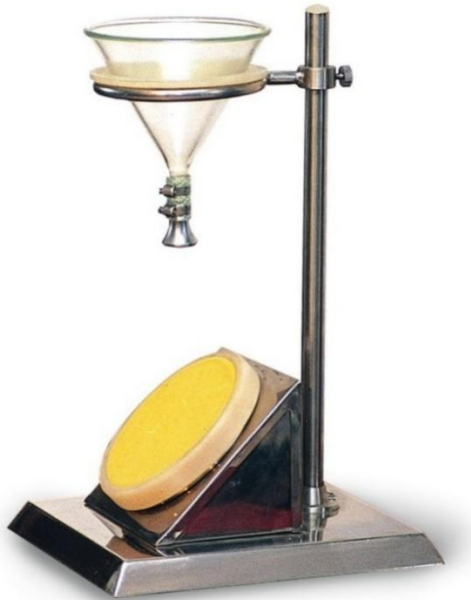


Figura 21 (esempio di tester per l'impermeabilità-fonte darongtester.com)

Al termine della prova si osserva se e quanto il tessuto sia bagnato, determinando attraverso una scala che va anche in questo caso da 1 (bagnatura di tutta la superficie) a 5 (superficie asciutta), l'indice di bagnabilità, tramite confronto tra l'aspetto del provino e quello dei campioni descrittivi o fotografici forniti dalla norma di riferimento. Si può valutare l'indice di bagnabilità secondo scale descrittive (ISO) o fotografiche (AATCC). Nella figura successiva è mostrata la scala di riferimento ISO, con cui gli specialisti di laboratorio fanno il confronto con il provino per determinarne il risultato.

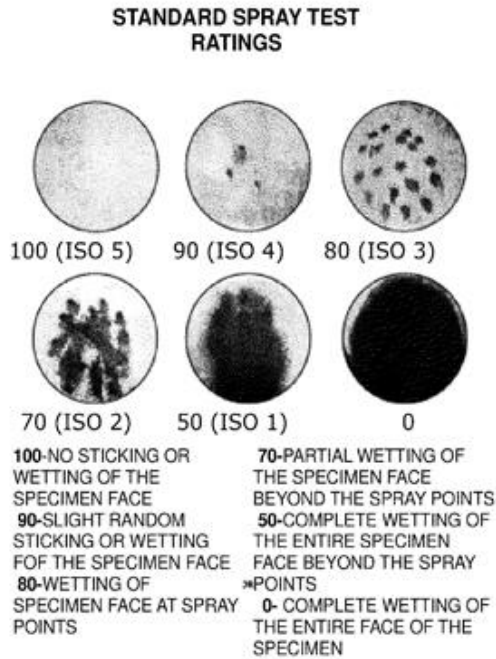


Figura 22 (scale di misurazione per lo spray test-fonte www.caimi.net)

Anche per questo caso ho voluto portare un esempio di carta di controllo relativa al test sulla colonna d’acqua. Il test viene eseguito prendendo in considerazione cinque provini per ciascuna matricola e la prova termina quando tre gocce di acqua penetrano il tessuto, rendendolo difatti bagnato. L’unità di misura usata nel test di colonna d’acqua (asse Y nella carta di controllo) nell’azienda per la quale ho svolto il tirocinio è il mm di acqua e, quindi, differisce dalle normali scale di misurazione per lo spray test, poiché i clienti richiedono misurazioni delle specifiche in metri di acqua totali versati sul tessuto, per testarne la sua resistenza alla penetrazione (più alto è il valore, meglio è).

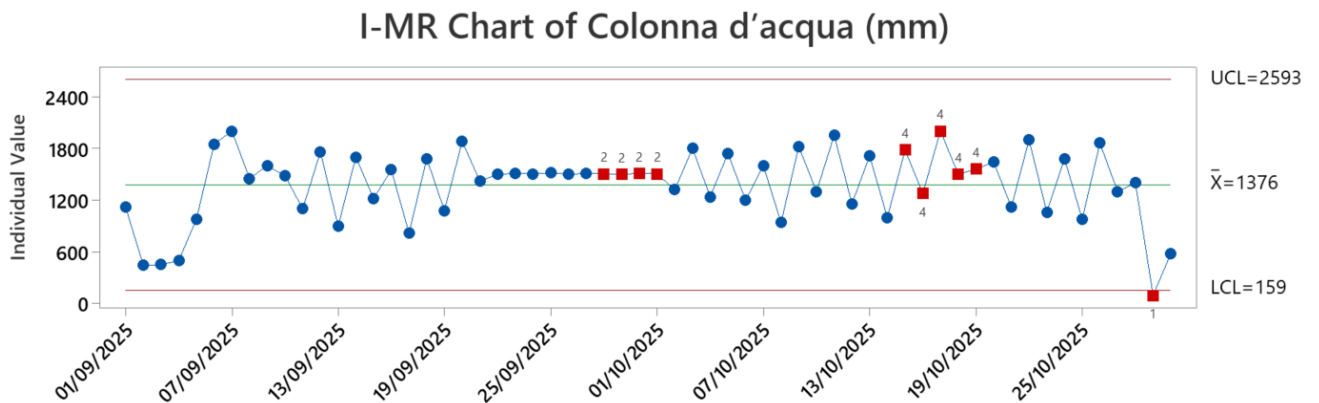


Figura 23 (Esempio di Carta di controllo I-MR per il test della colonna d’acqua – Fonte: creata con software statistico)

Osservando la carta, si può notare come i punti siano molto altalenanti, ma entro il range, con molti valori sopra anche il limite LSL di 1000 mm imposto dal cliente (verrà analizzato nel prossimo capitolo sull'analisi di capability). Ci sono alcuni punti che non rispettano i test di Nelson, in particolare i primi quattro sono segnalati perché ci sono più di 8 punti sopra la linea centrale, che è una cosa molto positiva, mentre i successivi cinque punti è perché i valori si alternano tra sopra e sotto la LC della carta. Inoltre, è presente un solo valore oltre il range LCL, che potrebbe portare alla rilavorazione o allo scarto del tessuto, poiché il valore è molto fuori standard e non verrebbe mai accettato dal cliente.

Un aspetto importante da chiarire è che le carte di controllo, tutt'ora, vengono utilizzate come strumento per monitorare il processo di produzione, evidenziando se ci siano cambiamenti a seguito di modifiche fatte ai parametri di attrezzaggio dei macchinari o alle specifiche tecniche del prodotto lavorato; quindi, per capire se le variazioni abbiano successo o meno. L'SPC viene usato per capire il problema a fronte di una anomalia o, a seguito di una nuova definizione dei parametri di lavorazione, per monitorare il suo andamento nel tempo. Molto spesso si va a vedere lo storico di un articolo in una certa fase della produzione monitorata con SPC, per capire se in passato ha avuto un comportamento analogo. Inoltre, questo strumento non viene usato per ricercare la soluzione al problema, la quale viene indagata dai tecnici del reparto di produzione, che hanno una certa esperienza sul macchinario e sul prodotto che lavorano.

A conclusione di questo paragrafo, vorrei soffermarmi sui principali limiti che si possono riscontrare nell'utilizzo delle carte di controllo, che sono molto utili per osservare, monitorare e capire l'andamento dei valori post-processo, ma non permettono di utilizzarle come strumento efficace per la previsione dei dati futuri. In particolare, si presume che ci sia stabilità nel processo, quindi che la media e la varianza siano costanti nel tempo, che le osservazioni raccolte siano indipendenti tra di loro, senza che ci sia correlazione (nei processi reali questa ipotesi decade molto spesso), che i dati abbiano una distribuzione normale (non sempre è così e ciò porta alla costruzione di carte di controllo con limiti distorti) e che il campione raccolto sia omogeneo, quindi che tutti i dati abbiano origine dallo stesso processo e nelle stesse condizioni (cosa che non è sempre ovvia, perché può accadere che in corso d'opera ci sia un cambiamento dell'operatore sul macchinario o una variazione di temperatura, facendo diventare il campione eterogeneo). Quando tutte queste quattro ipotesi vengono violate possono nascere diverse criticità di carattere operativo, come la generazione di falsi positivi, ovvero che lo strumento di

SPC segnala la presenza di anomalie, quando queste, in realtà, sono soltanto variazioni naturali del processo.

Analisi indici di capability

In questo paragrafo vorrei soffermarmi sull'importanza degli indici di capability nel controllo statistico di processo, poiché sono un'importante metrica per osservare se il processo di una determinata fase è capace o meno. È da chiarire, dapprima, il significato di capability. L'indice di capability, definito in simboli Cpk è simile all'indice Cp (di solito vengono usati assieme), è uno strumento statistico che viene utilizzato per calcolare la capacità di un processo di produrre output entro i limiti di specifica imposti dal cliente, ma, soprattutto, la sua capacità di mantenere centrati i valori di riferimento. Questo indice, che è preferito all'indice Cp, il quale considera solo la variazione del processo senza considerare la posizione della media, stima quanto si è vicini ad un determinato obiettivo e quanto si mantiene coerente la performance media dei risultati produttivi e, maggiore è il valore di Cpk, maggiore capace sarà il processo. Un valore di capability ottimale dovrebbe essere, di norma, $\geq 1,33$ ma, nel caso della produzione tessile di alta moda, si possono tenere ottimali anche valori intorno allo 0,75/0,80. Con un qualsiasi valore inferiore, si potrebbe avere una variazione delle specifiche dell'output troppo ampia, con il rischio di produrre molti prodotti che non rispettino le specifiche. L'indice di capability viene calcolato attraverso una formula, che prende in considerazione il minimo valore tra Cpu e Cpl e può essere calcolato anche tramite l'indice Cp [34]:

$$Cpk = \text{Min}(Cpu, Cpl) = Cp(1 - K)$$

$$\text{con } Cpu = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \text{ e } Cpl = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

e con:

- USL = limite di specifica superiore
- LSL = limite di specifica inferiore
- μ = media dei campioni presi come riferimento
- σ = deviazione standard stimata
- $K = \frac{|\text{Valore Nominale} - \mu|}{\left(\frac{USL - LSL}{2}\right)}$ e con $K \geq 0$

I limiti di specifica inferiore e superiore, nella maggior parte dei casi, vengono definiti dal cliente per la quale si produce, mentre per gli articoli di produzione interna, vengono definiti in base al trend dei collaudi (se passati indenni o meno) e alla capacità del macchinario di restringere sempre di più il range tra le specifiche.

L'indice di capability può essere rappresentato anche graficamente attraverso una curva gaussiana che mostra se le varie metriche misurate siano entro i limiti o meno. Di seguito ecco mostrato un esempio di curva per l'indice di capability, che accompagna le carte di controllo nell'analisi statistica dei processi monitorati.

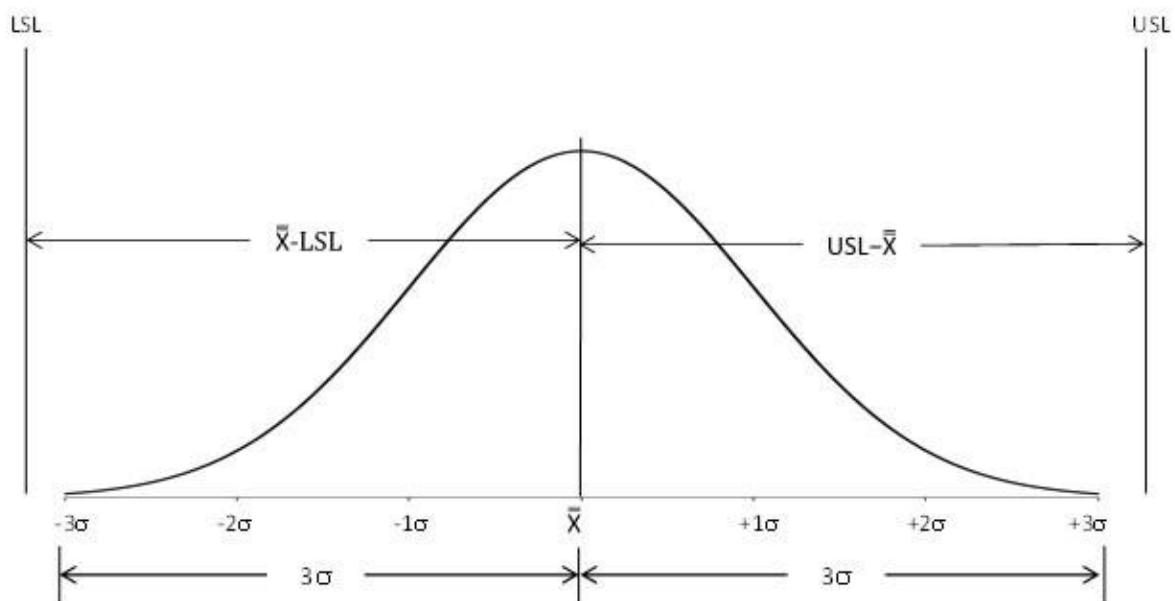


Figura 24 (esempio di gaussiana che rappresenta se un processo è capace-fonte orientdisplay.com)

La capacità di processo viene spesso utilizzata dalle aziende perché ha un impatto diretto sulla sua redditività. Infatti, grazie ad un processo stabile si possono prevenire gli scarti, ridurre le rilavorazioni e aumentare la qualità del prodotto, cosa che le aziende che lavorano nel *luxury fashion* vorrebbero ottenere. Ciò si è particolarmente affermato in settori come l'ingegneria o l'industria elettronica, nella quale è essenziale una fabbricazione del prodotto precisa.

Un altro indice collegato al Cpk e preso in analisi nel controllo statistico di processo dall'azienda presso il quale ho svolto il tirocinio è l'indice Ppk, il quale mostra alcune importanti differenze [38]:

- tiene conto della variazione totale di tutte le misure rilevate, mentre il Cpk considera solo la variazione all'interno dei singoli sottogruppi;

- porta in analisi sia la variazione all'interno dei sottogruppi sia degli shift e dei drift eventualmente presenti tra questi ultimi, cosa che non fa il Cpk;
- è la rappresentazione di qual è il risultato ottenuto a fine giornata lavorativa; il Cpk rappresenta, invece, il potenziale che il processo ha di produrre il prodotto all'interno delle specifiche, assumendo che non ci sia variazione tra i sottogruppi, come ad esempio, nel tempo.

Le formule per il calcolo del Ppk sono mostrate di seguito [39]:

$$Ppk = \text{Min}(Ppu, Ppl)$$

$$\text{con } Ppu = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \text{ e } Ppl = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

e $\sigma = \text{deviazione standard totale del processo}$

Quindi il Cpk tiene conto soltanto di una parte delle informazioni disponibili e, ogni volta che si va ad esaminare la capacità di un processo, è sempre utile controllare tutti e due gli indici. Inoltre, se il processo è stabile con solo piccole variazioni nel tempo, le due statistiche potrebbero assumere lo stesso valore (alcune volte è possibile e corretto avere un Ppk più grande del Cpk, soprattutto quando la dimensione dei sottogruppi è pari ad 1).

Affidarsi all'indice di process capability potrebbe essere molto utile alle aziende che lavorano nel settore del lusso della moda. Infatti, le diverse *Maison*, di solito, esternalizzano le fasi critiche e richiedere certi valori di capability può portare ad una standardizzazione della qualità e ad una riduzione della variabilità: si diminuiscono i difetti in ingresso e questo permette di mantenere buone relazioni soltanto coi fornitori più performanti, facendo una certa selezione. Inoltre, questi indici aiutano a certificare la qualità della propria produzione interna, favorendo la credibilità verso i clienti esterni ed i partner. Il monitoraggio del Cpk aiuta anche a programmare e pianificare nella maniera giusta le varie fasi produttive, migliorando il lead time, eliminando i buffer e portando a minori rilavorazioni.

Di seguito ecco mostrato un esempio di analisi di capability relativamente al test della colonna d'acqua, costruiti sempre con l'utilizzo di dati di esempio.

Process Capability Report for Colonna d'acqua (mm)

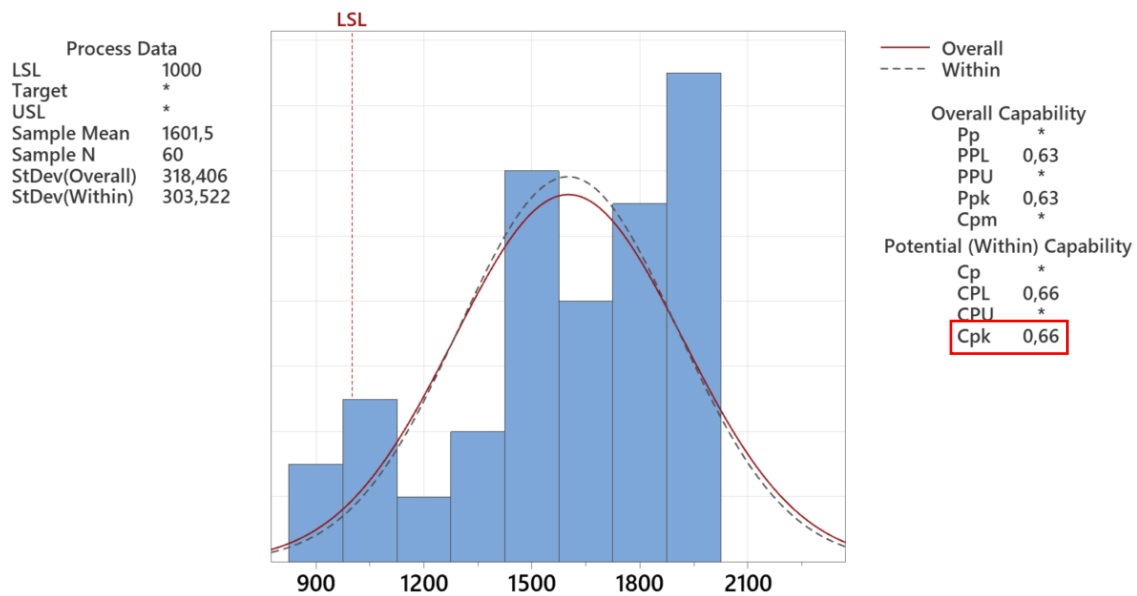


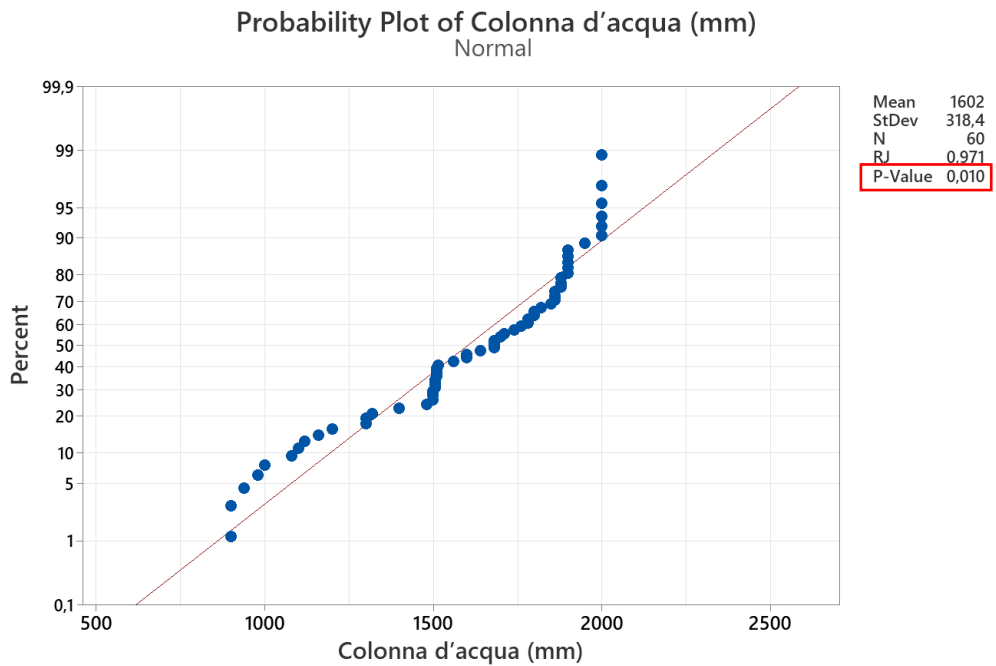
Figura 25 (Esempio di Analisi Cpk per il test della colonna d'acqua - Fonte: creata con software statistico)

Dalla schermata si può osservare che il limite inferiore (LSL) è impostato a 1000 mm, poiché la maggior parte dei clienti richiedono che sia maggiore rispetto a quel valore e la maggior parte dei valori delle misurazioni risultano rispettare questo limite (picchi di dati abbastanza alti e nella media), con pochi dati inferiori alla specifica (in altri casi, come per l'analisi di capability per il peso o la lunghezza della follatura, è presente anche il limite di specifica superiore). Questo porta ad ottenere un livello del Cpk di 0,66, che è inferiore rispetto al normale valore su cui ci si basa per valutare se un processo è capace o meno, che è di 1,33, ma, per il settore del *luxury fashion*, è un valore più che soddisfacente, perché sono ancora poche le aziende che implementano tutt'oggi un controllo statistico di processo e, inoltre, le lavorazioni (o i test) eseguite sul filo o sul tessuto hanno una difficoltà medio-alta. L'analisi della capability è in stretta correlazione con le carte di controllo: se ci sono valori al di fuori dei range, questi fanno diventare meno capace il processo, perché aumenta la sua variabilità (questo può accadere per colpa dell'usura del macchinario o perché i parametri del processo non vengono controllati), oppure se la media generale dei dati si sposta verso uno dei due limiti di specifica.

Validazione finale dei dati

In questo ultimo paragrafo vorrei approfondire come viene verificata la correttezza dei dati visualizzati sul software per il controllo statistico di processo relativamente alle carte di controllo e agli indici di capability. In particolar modo questo compito è affidato al team di qualità; dunque, ho potuto prendere parte anche io, in prima persona, a questa attività. Verificare la quadratura dei dati significa ricreare tutte le analisi e le funzioni di calcolo svolte dal software SPC tramite l'utilizzo di un software statistico, per osservare se si ottengono gli stessi risultati. I dati vengono dapprima estratti in forma tabellare dal software e successivamente importati sul software statistico utilizzato dall'azienda e si eseguono principalmente questi test:

- Test di normalità: viene utilizzato per la verifica del p-value. Il test consiste nell'andare a verificare se i dati seguano una distribuzione normale (o gaussiana), in modo che media, mediana e moda coincidano e si trovino proprio al centro della distribuzione. I test di normalità più usati sono il test di Anderson-Darling, il quale presuppone che non vi siano parametri da stimare nella distribuzione e verifica se le diverse osservazioni possano essere trattate come derivate da una singola popolazione, e il test di Shapiro-Wilk (è il migliore), che verifica se il valore del p-value sia inferiore al livello α scelto; quindi, che l'ipotesi nulla venga rifiutata e vi è evidenza che i dati testati non siano distribuiti normalmente. Di seguito un esempio del test di Normalità (grafico costruito sul software statistico sulla quale ho potuto lavorare) eseguito sui dati di esempio che sono stati utilizzati anche per la creazione delle precedenti carte di controllo.



○

Figura 26 (esempio del Test di Normalità sulla prova della colonna d'acqua - Fonte: creata con software statistico)

Si può osservare, in questo caso, che i dati hanno una distribuzione normale, poiché il valore del p-value è maggiore di 0,05 (si utilizza quasi sempre un livello di significatività del 95%), ma hanno una distribuzione alquanto irregolare; in particolare, molti valori si discostano molto dalla linea di riferimento della normalità e, quindi, questi valori potrebbero essere considerati dei veri e propri outlier (si potrebbe andare successivamente ad indagare quando sono stati misurati quei valori e capire il perché di un certo risultato).

- Riproduzione delle carte di controllo, per osservare se i limiti UCL e LCL siano gli stessi su un certo range di dati. Eventualmente vengono anche svolti i test di Nelson, che sono nient'altro che i test per verificare i punti di fuori controllo (sia oltre i limiti di specifica sia per quanto riguarda una serie di punti con stesso andamento o con una serie molto variabile);
- ricalcolo dell'indice di process capability e del Ppk tramite le funzioni per l'analisi di Capability presenti sul software.

Inoltre, il team qualità esegue anche alcuni controlli sul software SPC per capire se le schermate e le funzioni create riportino tutto in maniera completa. In particolare, si valuta:

- la completezza, quindi che non ci sia alcun valore 'null' nelle colonne del database importato;

- la correttezza dei valori range, che devono essere entro i range fisici;
- l'unicità dei dati, quindi non avere alcun valore duplicato;
- la consistenza dei dati, che siano visualizzate le unità coerenti e le codifiche reparto coerenti.
- gli outlier logici, che non siano presenti valori impossibili (ad esempio valori negativi, o la presenza di zeri, se non previsti).

Una volta ultimate tutte le verifiche, se i dati tra software SPC e software statistico coincidono, si conferma la veridicità dei dati visualizzati e si rende visualizzabile la vista SPC a tutti i responsabili che dovranno monitorare una certa fase produttiva o una certa prova di laboratorio.

Capitolo 5: Risultati ottenuti

I mesi di tirocinio in azienda mi sono serviti per capire realmente l'importanza del ruolo che può avere la *quality assurance* sulle performance produttive, perché andando a migliorare la qualità, si possono decisamente migliorare i risultati aziendali. Innanzitutto, vorrei rimarcare l'obiettivo principale di questo progetto di tesi, che è quello di apprendere e discutere quali siano le metodologie di analisi dati e di statistica atte a monitorare e tenere sotto controllo i processi aziendali nel settore tessile-laniero, con focus sul settore *luxury*, in modo da prevenire anomalie e ridurre la difettosità nella produzione.

Vorrei soffermarmi, prima di tutto, sull'implementazione del controllo statistico di processo in questo particolare settore, poiché non sono molte le aziende che, ad oggi, hanno voluto portare avanti questa tipologia di progetto. L'introduzione dell'SPC in azienda sta avendo un forte impatto, sia a livello di risultati, che di impegno e coinvolgimento di molte persone. In particolare, da quanto ho potuto osservare in questi mesi, questo strumento ha aiutato i principali responsabili della qualità, del processo, del prodotto e della prototipia a porre attenzione sul comportamento del prodotto, sia in fase di test che di processo, permettendo di discutere in gruppo le problematiche riscontrate attraverso il monitoraggio delle anomalie e dei fuori standard. Il progetto di portare l'SPC in azienda ha avuto inizio già da un paio di anni, ma i risultati si stanno iniziando a vedere soltanto in questo momento, poiché la difficoltà di implementazione dei software adibiti al controllo statistico è molto elevata (con molte fasi di processo da tenere sotto controllo) e ci è voluto un certo periodo di tempo per istruire gli addetti al suo corretto utilizzo.

Ecco, di seguito, una panoramica dei risultati raggiunti grazie all'implementazione dello strumento di SPC nei principali test e processi aziendali precedentemente descritti:

- si è riusciti ad aumentare il valore del Cpk e del Ppk per alcune variabili sotto monitoraggio, tramite iniziale osservazione dei dati sulle carte di controllo, successiva analisi delle problematiche riscontrate e intervento diretto sul processo, con modifica dei cicli, o sul prodotto, andando a variare la struttura primaria del tessuto. Un esempio di questo miglioramento riguarda il restringimento della catena e della trama grazie alla modifica del ciclo produttivo, per un certo articolo di prodotto, e alla modifica prodotto, per un'altra tipologia di articolo.

Nelle tabelle sottostanti sono indicate le variazioni dei valori del Cpk e del Ppk, relative alla variabile del restringimento pre e post-intervento. Il restringimento è una variabile

molto importante nel settore tessile, che deve essere sempre monitorata (soprattutto per capi come sciarpe o plaid) e s'intende una variazione dimensionale del tessuto rispetto le sue misure standard a seguito dell'azione di umidità, calore o stress meccanico. In conseguenza a ciò il tessuto si riduce in larghezza o lunghezza, compromettendo le sue precedenti misure. Ecco di seguito la formula per il calcolo del valore del restringimento, che può essere calcolato sia per la lunghezza del tessuto, che per la sua larghezza (viene calcolata, di norma, alla fine del processo di finissaggio):

$$\frac{\text{Misura iniziale} - \text{Misura finale}}{\text{Misura iniziale}}$$

In particolare, nella prima tabella si è capito che il problema era nel processo di decatizzo e si è intervenuti nella modifica del suo ciclo. Ciò ha portato a un aumento del Cpk della catena (o ordito) del 105,26% e della trama del 12,26

Restringimento	PRE-MODIFICA CpK	POST MODIFICA CpK	PRE-MODIFICA PpK	POST MODIFICA PpK
Catena	0,57	1,17	0,38	1,00
Trama	1,06	1,19	0,76	1,05

Figura 27 (Tabella riepilogativa della variazione del Cpk e del Ppk - fonte interna azienda)

Nella seconda tabella, invece, sono riportate le variazioni, sempre per il restringimento in trama e catena, post modifica del prodotto (in particolare sono stati utilizzati più fili e più colpi di battitura della trama contro la catena, per intrecciare i fili e costituire il tessuto), con un aumento del Cpk catena del 18,47% e della trama del 247,36%.

Restringimento	PRE-MODIFICA CpK	POST MODIFICA CpK	PRE-MODIFICA PpK	POST MODIFICA PpK
Catena	0,92	1,09	0,83	0,91
Trama	-0,19	0,28	-0,13	0,24

Figura 28 (Tabella riepilogativa 2 della variazione del Cpk e del Ppk - fonte interna azienda)

Come si può notare, le percentuali di miglioramento sono molto alte e se si estendesse l'utilizzo del controllo statistico di processo a tutte le fasi produttive, i risultati potrebbero essere molto positivi e soddisfacenti. Dopo che sono state effettuate queste

modifiche, inoltre, monitorando il processo si è visto che i valori non derivano più e si hanno sempre meno fuori standard;

- altro passo importante è stato quello di ridurre la variabilità dei processi monitorati: tramite l'osservazione delle carte di controllo e la capacità di anticipare la difettosità prima che si propaghi sui lotti successivi, si è raggiunta la capacità di ridurre l'instabilità delle misure, ottenendo valori sempre più vicini alla linea di controllo centrale LC, permettendo di ottenere una tendenza ordinata e lineare allo stesso tempo;
- a seguito del punto precedente è collegata una migliore reattività da parte degli operatori e dei responsabili sulle difettosità riscontrate in linea di processo: il know-how del personale è sensibilmente migliorato e si cerca sempre di agire seguendo queste tre semplici principali azioni:
 - si osserva il problema che si ha di fronte;
 - si agisce di conseguenza con l'aiuto dei responsabili di qualità, produzione e sviluppo prodotto;
 - si evita che l'anomalia possa riaccadere in futuro;
- i sensori disposti sui macchinari, inoltre, hanno permesso che i dati sulle varie misure raccolte siano trasmessi nell'immediato ai server aziendali, permettendo ai responsabili una visione ed analisi delle metriche quasi in *real time* (molto spesso, il giorno seguente la lavorazione o il test). Questa importante novità ha permesso di anticipare eventuali derive degli articoli nel processo, ponendo subito l'attenzione dei tecnici su come risolvere i problemi e prevenire tempestivamente che eventuali difetti o anomalie si trasformino in seconde scelte, rilavorazioni o scarti. L'SPC è da considerarsi quindi uno strumento di supporto costante per le fasi del processo produttivo;
- con l'introduzione dell'SPC, si è raggiunto un altro vantaggio importante, che è la possibilità di avere a disposizione un software unico per la raccolta e la consultazione dei dati monitorati. Questo ha permesso di avere meno costi allocati in più licenze software e di avere maggiore flessibilità nell'utilizzo dello strumento, consentendo sia di analizzare le carte di controllo, gli indici di capability e i dataset delle varie metriche, sia di creare una moltitudine di grafici e calcoli statistici, grazie alla possibilità di modifica degli script informatici direttamente sul software.

In secondo luogo, vorrei approfondire i vantaggi e i risultati raggiunti dall'azienda tramite lo sviluppo e l'analisi dei *Key Performance Indicator* per l'area della qualità industriale. In particolare, soffermandomi sui KPI analizzati precedentemente, ha avuto un maggiore impatto

quello relativo alle quantità di seconde scelte rilevate, permettendo sia di avere a disposizione un andamento temporale dell'indice, ma anche di capire su quali aree o prodotti porre maggiormente attenzione per migliorare la qualità. Grazie alla costruzione, con l'utilizzo di dati fittizi, dei grafici riportati in figura 7 e figura 9 è possibile notare che gli oscillamenti presenti nei dati permettono di verificare quanto il KPI sia in grado di evidenziare eventuali incrementi della difettosità, che porta conseguentemente a declassare un capo come seconda scelta, confermando quanto questo indicatore sia utile nel contesto reale. Fa capire anche che tipologia di difetto ricorre maggiormente, aspetto molto importante perché mette in luce il problema che possiede un certo capo e che i tecnici e gli esperti sanno come risolvere.

Inoltre, durante i mesi di tirocinio, grazie all'analisi di questo indicatore, ho avuto l'occasione di supportare il management nel seguire dei casi in cui si riscontrava una quantità elevata di seconde scelte, in cui si è cercato di capire quale fosse il reale problema nell'aumento della difettosità e, conseguentemente, come migliorare tale situazione. Il progetto in questione ha coinvolto molte aree aziendali differenti, questo per ribadire l'importanza degli indicatori di performance per il miglioramento della qualità. Il KPI sulle seconde scelte permette quindi di individuare rapidamente se una difettosità sia più elevata in certi periodi, per certi fornitori o per certi articoli di prodotto e, grazie alle dashboard create con il software di Power BI è possibile monitorare in maniera rapida e continua l'indicatore.

Altro importante KPI analizzato è quello relativo al Right First Time (RFT), indicatore che permette di stabilire, in maniera quantitativa, la capacità di un processo di produrre capi conformi al primo tentativo. Tramite il monitoraggio continuo si possono osservare scostamenti o variazioni da quello che è il target che l'azienda vuole raggiungere, permettendo di capire quanti e quali capi siano migliori rispetto ad altri durante tutto il processo produttivo, superando il collaudo finale con zero difetti riscontrati e senza aver subito alcuna rilavorazione. Analizzando il grafico in figura 8, inoltre, è possibile ribadire che per piccole variazioni della percentuale di RFT, si assiste ad un grande incremento della percentuale di difettosità e conseguentemente ad un aumento di rilavorazioni o di seconde scelte, con maggiore impatto soprattutto sui costi. Questo KPI, potrebbe in futuro essere connesso con le carte di controllo dei processi, per un monitoraggio delle fasi più completo e più predittivo, in modo da contrastare la comparsa dei difetti.

Per quanto riguarda, invece, il KPI relativo alla percentuale di capi fisicamente collaudati, esso è molto utile all'area qualità, perché consente di valutare la copertura reale effettuata dai

collaudatori del controllo qualità rispetto al totale dei prodotti versati a magazzino. Grazie all'analisi dell'indice quotidiana, settimanale e mensile, infatti, permette di capire:

- se i tempi di spedizione in negozio dei capi vengono rispettati;
- se è presente una mancanza di risorse a collaudo;
- le quantità di capi fisicamente collaudati rispetto ai capi fatti passare per buoni senza subire alcun controllo (Freepass), accettando il rischio che siano presenti difetti anche se non individuati;
- che le quantità collaudate crescono proporzionalmente alla capacità del reparto.

Vorrei infine riportare quali sono i maggiori benefici che l'azienda ha potuto ottenere con l'implementazione del controllo statistico di processo e con il monitoraggio di nuovi KPI. I miglioramenti possono essere osservati sotto tre punti di vista:

- miglioramenti riguardanti la qualità del processo: grazie soprattutto all'introduzione dell'SPC, l'azienda sta riducendo, anche se di poco, la variabilità del processo, cercando di intercettare il difetto prima che questo nasca. Infatti, si ha una maggiore capacità di osservare le deviazioni dalla media dei valori misurati nei processi e questo ha portato anche ad un cambiamento riguardo alle future decisioni intraprese dai tecnici e dal management, che non sono più basate su intuizioni o sensazioni, ma su dati attendibili;
- miglioramento sul monitoraggio delle performance: questi benefici sono stati ottenuti grazie all'utilizzo, da parte dell'azienda, di dashboards interattive e dinamiche, con dati quasi in *real time*, che hanno permesso di far visualizzare i KPI creati (come quantità di seconda scelta o di rilavorazioni effettuate) a tutte le persone coinvolte nelle diverse fasi e aree produttive, dalla qualità, all'ingegneria di processo, fino all'area finanziaria. I dati raccolti giornalmente, inoltre, hanno permesso di analizzare i KPI su periodi di tempo differenti (o su lavorazioni differenti, per vedere come cambiano certi valori), consentendo di fare analisi su eventuali incrementi o decrementi delle performance;
- miglioramento della cultura aziendale: le persone, grazie alla consultazione e all'analisi giornaliera, sia dell'SPC, che dei KPI aziendali, hanno avuto consapevolezza su quanto sia importante il dato ai fini di una decisione o azione. Difatti, anche il management ha molto spinto sul monitoraggio continuo dei processi e dei KPI, in modo da ridurre il più possibile il tempo necessario all'analisi dei problemi, grazie soprattutto alla presenza di dati condivisi che hanno permesso una maggiore cooperazione e scambio di informazioni tra reparti e aree diverse.

A fronte di tutti questi vantaggi, si può dire che l'SPC e i KPI si confermano dei veri e propri strumenti di supporto essenziali alle decisioni anche nel settore del *luxury fashion*, nel quale l'attenzione al dettaglio e l'alta qualità devono strettamente essere monitorati e controllati per poter affermarsi nel mercato globale.

Conclusione

Il progetto di tesi aveva come obiettivo quello di mostrare e approfondire nuove metodologie per il miglioramento della quality assurance nel settore del *luxury fashion*. Grazie alle analisi condotte e al lavoro svolto sui dati fittizi per la costruzione di esempi grafici e numerici è stato possibile capire quanto sia importante il monitoraggio continuo dei processi produttivi; infatti è possibile ottenere risultati concreti in termini di performance raggiunte, poiché, sia utilizzando un controllo statistico di processo, che visionando e analizzando attivamente i vari KPI, si possono ridurre i difetti e le imperfezioni che potrebbero essere presenti sui prodotti, in un settore, come quello del lusso, in cui ogni minimo particolare fa la differenza. Come approfondito nella tesi, il settore del *luxury fashion* è strettamente correlato all'artigianalità e al saper fare degli operatori e dei tecnici del mestiere, che sono il vero punto di forza per raggiungere l'alta qualità che altri brand nel mondo della moda non hanno; per questo motivo l'adozione di uno strumento come il controllo statistico di processo (che consegue ad un approccio ai problemi data-driven) è ancora abbastanza acerbo, ma in futuro credo che diventerà indispensabile per limitare al minimo la nascita di difetti e, soprattutto, che i processi derivino dalla loro media e vadano fuori standard (i limiti di specifica, in questo settore, sono molto stringenti). In base anche a quanto approfondito sui KPI, una migliore qualità porta necessariamente ad una riduzione delle seconde scelte, delle rilavorazioni e degli scarti e ad un maggior efficientamento del collaudo, portando benefici sia da un punto di vista economico, che di maggiore qualità percepita dai clienti (molto importante per la crescita del brand); quindi questi strumenti risultano essere importanti anche a livello strategico, per l'azienda. Negli anni futuri penso che questi strumenti saranno affiancati dall'intelligenza artificiale, permettendo non solo di anticipare la creazione dei difetti, ma anche di prevedere l'andamento, in termini di media e varianza, delle variabili poste in analisi dalle aziende. Inoltre, con l'utilizzo di più sensori di rilevamento delle metriche e quindi avendo più dati a disposizione da analizzare, si riuscirebbero a costruire tante carte di controllo in grado di monitorare l'intero ciclo produttivo, dalle fasi di lavorazione sulle materie prime (filatura), fino a quelle sul prodotto finito (confezionamento).

Le analisi riportate nel progetto di tesi hanno avuto limitazioni riguardanti l'utilizzo di dati fittizi e non reali (per motivi di riservatezza aziendale), ma, nonostante ciò, è stato possibile costruire esempi e grafici relativi agli strumenti di SPC e KPI per rappresentare al meglio la realtà dei valori riportati. Un ulteriore limite è quello relativo all'impossibilità di descrivere o

riportare casi di studio simili, poiché l'azienda per la quale ho svolto il tirocinio è una delle prime nel settore ad implementare l'SPC nei propri processi aziendali.

Lo sviluppo di questo progetto di tesi mi ha permesso di acquisire numerose competenze sia nell'ambito della conoscenza del settore del lusso (caratteristiche economiche, processi produttivi, composizioni e standard del settore), sia riguardanti la capacità di studio e costruzione di carte di controllo, di analisi della *process capability* e dei KPI utilizzati in ambito industriale, nonché della capacità di analizzare i problemi secondo un approccio data-driven, cercando sempre di capire il dato che si ha di fronte, prima di utilizzarlo. Il fatto di svolgere il tirocinio durante la scrittura della tesi mi ha permesso di cimentarmi in prima persona nel ruolo di analista della qualità per cercare di ottimizzare i processi e i prodotti mettendo a disposizione per le persone strumenti come l'SPC, utili per il monitoraggio continuo. Ho, inoltre, avuto l'occasione di imparare ad utilizzare software statistici e di business intelligence, in maniera professionale, grazie alla quale ho potuto creare e riportare nei capitoli precedenti della tesi vari casi di esempi riguardanti le metodologie per il miglioramento della *quality assurance*. La scrittura della tesi, accompagnata al tirocinio in azienda, mi ha dato solide basi per sviluppare competenze sia operative, come collaborare con il team di qualità o di redigere report chiari e sintetici per il top management, sia trasversali (lavorare in autonomia e avere la responsabilità riguardo ai progetti da portare avanti).

Grazie a questo lavoro di tesi, anche se con un piccolo contributo, ho portato valore all'azienda, efficientando il monitoraggio continuo dei processi e promuovendo il fatto che, la qualità dei processi, se supportata da strumenti statistici e basati su dati, può davvero essere utile e avere un grande impatto positivo nel settore del *luxury fashion*. In conclusione, la scrittura di questa tesi è stata per me un'esperienza molto formativa e motivo di crescita personale, confermando l'obiettivo primario del progetto, ovvero che strumenti come SPC e KPI siano molto importanti nelle realtà aziendali odierne.

Riferimenti

- [1] «romebusinessschool.com,» [Online]. Available: <https://romebusinessschool.com/it/blog/storia-della-moda/> .
- [2] «cmmodels.it,» [Online]. Available: <https://cmmodels.it/moda-storia-dellindustria-della-moda/> .
- [3] «mckinsey.com,» [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/state-of-luxury>.
- [4] «italian-traditions.com,» [Online]. Available: <https://italian-traditions.com/it/loro-piana-cashmere-e-lane-pregiate/>.
- [5] «rivistastudio.com,» [Online]. Available: <https://www.rivistastudio.com/cento-anni-di-loro-piana/>.
- [6] «vogue.it,» [Online]. Available: <https://www.vogue.it/article/loro-piana-libro-anniversario-100-anni-foto>.
- [7] «loropiana.com,» [Online]. Available: <https://it.loropiana.com/en/our-world/cashmere>.
- [8] «gq.com,» [Online]. Available: <https://www.gq.com/story/how-loro-piana-makes-its-polo-shirts>.
- [9] «hubstyle.it,» [Online]. Available: <https://hubstyle.it/2024/11/13/il-mercato-del-lusso-2024-previsioni-ottimistiche-per-il-2025/>.
- [10] «cdp.it,» [Online]. Available: <https://www.cdp.it/resources/cms/documents/CDP-Brief-II-settore-moda-italiano-ITA.pdf>.
- [11] «isprambiente.gov.it,» [Online]. Available: https://www.isprambiente.gov.it/public_files/cicli_produttivi/Tessile/Tessile_lana.pdf.
- [12] Giovanni Schiapparelli, Manuale Accademia dei mestieri - Finissaggio e Tintoria, Quarona: Loro Piana S.p.A., 2018.
- [13] «qualityassurance.it,» [Online]. Available: <https://www.qualityassurance.it/quality-control-quality-assurance-differenze/>.
- [14] «qacademyproject.com,» [Online]. Available: <https://www.qacademyproject.com/assicurazione-qualita-o-controllo-qualita/>.
- [15] «pontlab.it,» [Online]. Available: https://pontlab.it/en/Settori/test-e-analisi-per-il-settore-moda-e-lusso?utm_source=chatm.
- [16] «oeko-tex.com,» [Online]. Available: https://www.oeko-tex.com/fileadmin/user_upload/Marketing_Materialien/STANDARD_100/Factsheet/STANDARD_100/OEKO-TEX_STANDARD_100_Factsheet_EN.pdf.
- [17] «textileexchange.org,» [Online]. Available: <https://textileexchange.org/responsible-wool-standard/>.
- [18] «iasonline.org,» [Online]. Available: <https://www.iasonline.org/services/testing-laboratories/>.
- [19] «confartigianatocomo.it,» [Online]. Available: https://www.confartigianatocomo.it/pdfnews/la%20tintura%20e%20la%20stampa_lanzini.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- [20] Giovanni Schiapparelli, Manuale Accademia dei mestieri - Fibre e Filati, Quarona: Loro Piana S.p.A., 2018.
- [21] «wikipedia.org,» [Online]. Available: <https://it.wikipedia.org/wiki/Lana>.

- [22] «cashmere.org,» [Online]. Available: <https://cashmere.org/definition-cashmere-wool.php>.
- [23] «linkedin.com,» [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-acceptable-quality-level-aql-garment-industry/>.
- [24] «gqc.io,» [Online]. Available: <https://www.gqc.io/quality-resources/ansi-sampling-tables>.
- [25] «wikipedia.org,» [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Brioni_%28azienda%29.
- [26] «wikipedia.org,» [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System.
- [27] «linkedin.com,» [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/enhancing-quality-assurance-case-study-mes-implementation-weftc>.
- [28] «wikipedia.org,» [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Indicatore_chiave_di_prestazione.
- [29] «learn.microsoft.com,» [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/it-it/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>.
- [30] «exigy.com,» [Online]. Available: <https://www.exigy.com/it/7-reasons-power-bi/>.
- [31] «e-cons.it,» [Online]. Available: <https://www.e-cons.it/news/qualita-di-produzione-e-controllo-statistico-di-processo>.
- [32] «minitab.com,» [Online]. Available: <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/features/>.
- [33] «wikipedia.org,» [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Minitab>.
- [34] M. Galetto, «Slide e appunti del corso di Ingegneria della Qualità,» Politecnico di Torino.
- [35] «lartessile.it,» [Online]. Available: <https://www.lartessile.it/approfondimenti/pilling/>.
- [36] «raidlight.com,» [Online]. Available: https://raidlight.com/it/blogs/infos/tout-savoir-sur-les-vetements-impermeables-et-respirants?srsId=AfmBOoo7iT8ZWByEysOWVG_QY1Ovm9lb8h-eRLZ3KJKfP8IU4IFZBwB.
- [37] «caimi.net,» [Online]. Available: <https://www.caimi.net/prodotto/spray-test/>.
- [38] «gmsl.it,» [Online]. Available: <https://www.gmsl.it/capacita-di-processo-cpk-vs-ppk/>.
- [39] D. C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, 2009.

Appendice A – Dataset per creazione KPI

Mese	# pezzi Collaudati	# pezzi RFT	% RFT	# Pezzi 2a scelta	% 2a scelta	# pezzi in ingresso a magazzino	% collaudati
Gen	12.416	10358	83,42%	360	2,90%	64480	19,26%
Feb	13.848	11936	86,19%	277	2,00%	64282	21,54%
Mar	12.181	10900	89,48%	489	4,01%	67585	18,02%
Apr	13.857	11611	83,79%	346	2,50%	62301	22,24%
Mag	12.596	11546	91,66%	359	2,85%	63296	19,90%
Giu	13.783	10943	79,39%	360	2,61%	67819	20,32%
Lug	13.823	11278	81,59%	500	3,62%	61757	22,38%
Ago	10.038	9153	73,63%	268	2,16%	64864	15,48%
Set	10.900	10202	84,36%	377	3,12%	69788	15,62%
Ott	12.852	9383	73,01%	204	1,59%	65941	19,49%
Nov	12.795	9414	73,58%	237	1,85%	68854	18,58%
Dic	13.361	11421	85,48%	319	2,39%	65550	20,38%

Tabella 3 (Dataset per creazione KPI 2a scelta e RFT)

Tipologia difetti più frequente	# pezzi 2a scelta
Difetti estetici generici	1958
Misure non corrette	1399
Trama storta	1235
Imperfezioni superficiali	919
Macchie	745
Stampo	603
Fasce di Colore	563
Strappo	563
Buchi	549
Lunghezza (+)	449
Frangere Aperte	216

Tabella 4 (Dataset per creazione KPI su andamento fornitori e difettosità)

Appendice B – Dataset per creazione carte di controllo (SPC)

Data Test	Peso Follatura (g/m ²)
01/09/2025	520
02/09/2025	610
03/09/2025	560
04/09/2025	630
05/09/2025	480
06/09/2025	700
07/09/2025	540
08/09/2025	580
09/09/2025	190
10/09/2025	200
11/09/2025	200
12/09/2025	200
13/09/2025	400
14/09/2025	640
15/09/2025	520
16/09/2025	600
17/09/2025	440
18/09/2025	660
19/09/2025	490
20/09/2025	530
21/09/2025	560
22/09/2025	590
23/09/2025	610
24/09/2025	570
25/09/2025	520
26/09/2025	390
27/09/2025	250
28/09/2025	620
29/09/2025	500
30/09/2025	600
01/10/2025	540
02/10/2025	670
03/10/2025	500
04/10/2025	640
05/10/2025	520
06/10/2025	610
07/10/2025	470
08/10/2025	680
09/10/2025	550
10/10/2025	700
11/10/2025	510
12/10/2025	640
13/10/2025	480
14/10/2025	660
15/10/2025	530
16/10/2025	540
17/10/2025	580
18/10/2025	600
19/10/2025	620
20/10/2025	510
21/10/2025	700
22/10/2025	490
23/10/2025	640
24/10/2025	460
25/10/2025	680
26/10/2025	700
27/10/2025	750
28/10/2025	800
29/10/2025	790
30/10/2025	650
31/10/2025	600
01/11/2025	800
02/11/2025	750

Tabella 4 (Dataset per creazione carta di controllo follatura)

Data Test	Colonna d'acqua (mm)
01/09/2025	1900
02/09/2025	1900
03/09/2025	1900
04/09/2025	1900
05/09/2025	980
06/09/2025	1850
07/09/2025	2000
08/09/2025	2000
09/09/2025	2000
10/09/2025	1480
11/09/2025	1100
12/09/2025	1760
13/09/2025	900
14/09/2025	1700
15/09/2025	1300
16/09/2025	1600
17/09/2025	900
18/09/2025	1680
19/09/2025	1080
20/09/2025	1880
21/09/2025	1880
22/09/2025	1880
23/09/2025	1510
24/09/2025	1505
25/09/2025	1515
26/09/2025	1500
27/09/2025	1510
28/09/2025	1505
29/09/2025	1500
30/09/2025	1510
01/10/2025	1505
02/10/2025	1320
03/10/2025	1800
04/10/2025	1800
05/10/2025	1740
06/10/2025	1200
07/10/2025	1600
08/10/2025	940
09/10/2025	1820
10/10/2025	1300
11/10/2025	1950
12/10/2025	1160
13/10/2025	1710
14/10/2025	1000
15/10/2025	1780
16/10/2025	1780
17/10/2025	2000
18/10/2025	1500
19/10/2025	1560
20/10/2025	1640
21/10/2025	1120
22/10/2025	1900
23/10/2025	2000
24/10/2025	1680
25/10/2025	1680
26/10/2025	1860
27/10/2025	1860
28/10/2025	1860
29/10/2025	1400
30/10/2025	2000

Tabella 5 (Dataset per creazione carta di controllo Colonna d'acqua)

Data Test	Valore Pilling
01/09/2025	3
02/09/2025	3
03/09/2025	4
04/09/2025	3,5
05/09/2025	4,5
06/09/2025	2,5
07/09/2025	3
08/09/2025	3,5
09/09/2025	4
10/09/2025	4
11/09/2025	4
12/09/2025	3,5
13/09/2025	3
14/09/2025	2,5
15/09/2025	1
16/09/2025	2,5
17/09/2025	3
18/09/2025	3,5
19/09/2025	2
20/09/2025	4,5
21/09/2025	5
22/09/2025	5
23/09/2025	4
24/09/2025	3,5
25/09/2025	3
26/09/2025	2,5
27/09/2025	3
28/09/2025	3,5
29/09/2025	2,5
30/09/2025	4

Tabella 5 (dataset per creazione carta di controllo Pilling)

Ringraziamenti

La stesura di questa tesi ha rappresentato per me la chiusura di un capitolo della mia e l'inizio di uno nuovo ed è stato un momento di grande crescita sia personale che accademica. Innanzitutto, vorrei ringraziare il professore Maurizio Galetto, per avermi permesso di svolgere la tesi in ambito dell'*Ingegneria della Qualità*, che ho scoperto essere davvero interessante e ricca di suggestioni per il mondo industriale e lavorativo in generale. Poi vorrei ringraziare l'azienda *Loro Piana*, la quale mi ha consentito di svolgere il tirocinio presso la loro sede di Quarona nel ruolo di analista dati per il supporto alla qualità, nel team di *Global Quality* e il mio tutor aziendale Andrea Di Napoli, che mi è sempre stato vicino qualora ne avessi bisogno e mi ha aiutato ad avvicinarmi al mondo della qualità e dell'analisi dati.

Ringrazio fortemente tutta la mia famiglia, che in questi lunghi cinque anni e mezzo mi sono stati accanto sia nei momenti di felicità, sia in quelli più duri e faticosi. Grazie a voi mamma e papà per avermi sempre dato motivazione ad andare avanti e per preoccuparvi sempre che tutto fosse a posto. E grazie anche ai miei due nonni per avermi sempre dato fiducia in quello che facevo aiutandomi e dandomi tanti consigli.

Grazie a te Miriam, che sei entrata nella mia vita a metà del percorso, ma che sei stata sempre al mio fianco in ogni momento, mi hai sempre aiutato e fatto capire quanto sia importante avere accanto una persona che si preoccupa sempre di come stai. Con te ho avuto una motivazione in più per cercare di ottenere il massimo e mi hai sempre dato ispirazione per non mollare mai. In questi anni siamo cresciuti assieme e ti ringrazio molto per tutto quello che hai dato per me.

Voglio poi ringraziare tutti i miei amici che mi sono stati vicino in questi lunghi anni, sia quelli nuovi che ho avuto modo di conoscere a Torino, con cui ho condiviso momenti bellissimi e divertenti e da cui ho avuto modo di imparare molto, sia quelli di sempre, con cui sono cresciuto condividendo tantissime esperienze e permettendomi di svagarmi e staccare dai momenti di studio.

Ringrazio infine ogni persona che, in questi anni, anche se con un piccolo contributo, mi ha aiutato ad arrivare fin dove sono ora.

To be continued...