

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di laurea in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Applicazione della metodologia SMED. Il caso P3 Srl.

Relatore

Ch. mo Prof. Roberto Panizzolo

Laureando

Serena Perin

Correlatori

Ing. Massimo Piva

Sig. Andrea Griggio

Anno Accademico 2019-2020

Alla mia famiglia ed amici

SOMMARIO

Il seguente elaborato è frutto dell'esperienza di tirocinio svolta presso Azzurro-Digitale, società di consulenza informatica padovana, ed un loro cliente, P3 Srl, uno tra i primi player nel settore di soluzioni per la distribuzione centralizzata dell'aria.

In seguito ad una campagna di misure con l'obiettivo di valutare l'indice di efficienza OEE del reparto di produzione in continua DUCTAL, è stato evidenziato come le principali cause di mancata disponibilità produttiva fossero l'avviamento e lo spegnimento dell'impianto. Da questa analisi preliminare l'azienda si è convinta di, non solo intraprendere un progetto di miglioramento SMED, ma di abbracciare l'intera filosofia Lean.

Seguendo la metodologia classica SMED, presente in letteratura, è stato analizzato lo stato attuale AS-IS del set up di apertura e chiusura della linea. In maniera collaborativa, con gli stessi operatori, attraverso registrazioni ed interviste, si sono evidenziate opportunità ed iniziative di miglioramento. Alcune di queste sono state implementate seguendo le tradizionali tecniche lean, quali il poka-yoke, le 5S, etc. Altre, invece, hanno dato la possibilità di sfruttare il know-how di AzzurroDigitale, attraverso soluzioni digitali di IoT, business intelligence, data visualization e data management. Inoltre, per guidare i piccoli cantieri kaizen emersi, è stata utilizzata una variante del classico ciclo PDCA, studiata appositamente per P3.

I risultati raggiunti toccano principalmente tre aspetti. Un saving nel day-by-day per P3 Srl, sia economico, sia in termini di disponibilità liberata. Da non trascurare anche il beneficio umano. Il progetto ha introdotto in fabbrica quella mentalità tipica della Lean, in cui ogni persona è maggiormente proattiva e libera di esprimersi.

L'obiettivo della tesi è non solo quello di dimostrare come lo SMED possa essere applicato con successo all'industria di processo, quando notoriamente nasce per l'industria di prodotto, ma anche di fornire un esempio di come la digitalizzazione possa essere utilizzata a supporto del Lean Thinking.

INDICE

INTRODUZIONE	1
Capitolo 1 - CONCETTI DI LEAN THINKING	5
1.1 CENNI DI STORIA E CULTURA LEAN.....	5
1.2 I 5 + 1 PRINCIPI LEAN.....	8
1.3 MURI, MURA E MUDA	12
1.4 LE 5S	12
1.5 KAIZEN	15
1.6 DIFFICOLTA' NELL'IMPLETAZIONE DELLA LEAN	19
Capitolo 2 - IL LEAN THINKING NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	23
2.1 CARATTERISTICHE DISTINTIVE NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO....	23
2.2 I 7 SPRECHI NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO	29
2.2.1 SPRECO PER SOVRAPPRODUZIONE.....	29
2.2.2 SPRECO DI TEMPO D'ATTESA	31
2.2.3 SPRECO DI TRASPORTO.....	32
2.2.4 SPRECO DI MOVIMENTO	33
2.2.5 SPRECO DI GIACENZE-SCORTE.....	33
2.2.6 SPRECO DOVUTO AL PROCESSO STESSO.....	35
2.2.7 SPRECHI DI DIFETTI E PRODUZIONE DI PARTI DIFETTOSE	36
2.2.8 SPRECO DI POTENZIALE UMANO.....	36
2.3 STRUMENTI LEAN APPLICATI ALL'INDUSTRIA DI PROCESSO.....	38
2.3.1 LA PRODUZIONE A CELLA NELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE: LE CELLE VIRTUALI.....	39
2.3.2 PRODUCT WHEEL: PIANIFICAZIONE, SEQUENZIAMENTO E LIVELLAMENTO DELLA PRODUZIONE.....	44
Capitolo 3 - LE AZIENDE COINVOLTE	49

3.1 AZZURRODIGITALE	49
3.1.1 PROFILO DELL'AZIENDA.....	50
3.1.2 VISION, MISSION E STRATEGIA	51
3.2 P3 SRL	53
3.2.1 PROFILO DELL'AZIENDA.....	53
3.2.2 PRODOTTI ED APPLICAZIONI	56
3.2.3 PRODUZIONE E REPARTI	57
Capitolo 4 - LA METODOLOGIA SMED NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO.....	67
4.1 STORIA DELLO SMED	68
4.1.1 PRIMA ESPERIENZA	68
4.1.2 SECONDA ESPERIENZA	69
4.1.3 TERZA ESPERIENZA	70
4.2 GLI 8 PILASTRI DELLO SMED	70
4.2.1 SEPARAZIONE DELL'IED E OED.....	71
4.2.2 CONVERSIONE DELL'IED CON L'OED	72
4.2.3 STANDARDIZZAZIONE FUNZIONALE.....	73
4.2.4 ADOZIONE DI MORSETTI FUNZIONALI.....	74
4.2.5 UTILIZZO DI DIME DI MONTAGGIO	75
4.2.6 OPERAZIONI IN PARALLELO	75
4.2.7 ELIMINAZIONE DEGLI AGGIUSTAMENTI	75
4.2.8 ADOZIONE DELLA MECCANIZZAZIONE	76
4.3 LE SIX BIG LOSSES NEGLI IMPIANTI	77
4.4 OEE, OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS.....	79
4.5 LO SMED NELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE	83
4.5.1 CAMBI PRODOTTO IN CUI TUTTE LE ATTIVITÀ SONO COMPLETAMENTE MANUALI.....	84
4.5.2 CAMBI PRODOTTO COMPLETAMENTE CHIMICI O FISICI.....	84

4.5.3 CAMBI PRODOTTO CHE RICHIEDONO UNA COMBINAZIONE DI ATTIVITÀ MANUALI E CHIMICO/FISICHE	85
4.6 I 4 CONCETTI FONDAMENTALI DELLO SMED.....	86
4.7 I BENEFICI DELLO SMED.....	88
Capitolo 5 - P3 CASE STUDY - ANALISI AS-IS	89
5.1 OGGETTO DI ANALISI	89
5.2 ANALISI AS-IS AVVIO E SPEGNIMENTO IMPIANTO DUCTAL	92
Capitolo 6 - P3 CASE STUDY – DISEGNO ED IMPLEMETAZIONE DEL TO BE	111
6.1 DISEGNO DEL TO BE AVVIO E SPEGIMENTO	111
6.2 RIVISITAZIONE CICLO PDCA.....	120
6.3 IMPLEMETAZIONE DELLE INIZIATIVE DI MIGLIORAMENTO	124
6.4 DEFINIZIONE DEL NUOVO SET UP DI AVVIAMENTO E SPEGNIMENTO	130
Capitolo 7 - P3 CASE STUDY – DIGITALIZZAZIONE DEI PROCESSI	145
7.1 IL PROGETTO “CAMPAGNA MISURE”	145
7.2 STRUTTURA FILE POWER BI.....	155
CONCLUSIONI	165
SAVINGS E BENEFICI.....	165
CONSIDERAZIONI PERSONALI.....	168
IL TO BE DI P3 SRL E AZZURRODIGITALE.....	170
APPENDICE	171
APPENDICE A.....	171
APPENDICE B.....	179
BIBLIOGRAFIA	189
SITOGRAFIA.....	192

LISTA TABELLE

Tabella 1.1 - Principali differenza fra General Motors, Toyota e NUMMI

Tabella 2.1 - Principali differenze tra l'industria di prodotto e di processo

Tabella 2.2 - Cause degli sprechi differenti tra industria di prodotto e processo

Tabella 5.1 - Le sei principali voci di fermo impianto

Tabella 5.2 - Ciclo gramma operatore Alberto, inizio turno-inizio linea

Tabella 5.3 - Ciclo gramma operatore Denis, fine turno-inizio linea

Tabella 5.4 - Numero di passi e distanza percorsa per operatore

Tabella 6.1 - Attività AV/NAV Alberto, inizio turno-inizio linea

Tabella 6.2 - Attività AV/NAV Denis, fine turno-inizio linea

Tabella 6.3 - Elenco delle iniziative di miglioramento

Tabella 6.4 - Elenco delle iniziative di miglioramento con rispettivi dati card PDCA

Tabella 6.5 - Nuova procedura di avviamento, operatore Alberto

Tabella 6.6 - Nuova procedura di avviamento, operatore Aurelio

Tabella 6.7 - Nuova procedura di spegnimento, operatore Denis

Tabella 6.8 - Nuova procedura di spegnimento, operatore Fabio

Tabella 6.9 - Nuova procedura di avviamento, operatore Denis, con raccolta tempi

Tabella 6.10 - Nuova procedura di avviamento, operatore Fabio, con raccolta tempi

Tabella 6.11 - Nuova procedura di avviamento, operatore Alberto, con raccolta tempi

Tabella 6.12 - Nuova procedura di avviamento, operatore Aurelio, con raccolta tempi

Tabella 7.1 - Perimetro dei dati considerati

Tabella 7.2 - Elenco causali di fermo distinte per macrocategorie

Tabella 7.3 - Elenco dei difetti

Tabella C.1 - Tempi di set up

Tabella C.2 - Savings giornalieri

Tabella A.1 - Ciclo gramma operatore Aurelio, inizio turno-inizio linea

Tabella A.2 - Ciclo gramma operatore Fabio, fine turno-inizio linea

Tabella B.1 - Attività AV/NAV Aurelio, inizio turno-inizio linea

Tabella B.2 - Attività AV/NAV Fabio, fine turno-inizio linea

LISTA FIGURE

Figura 1.1 - Differenze fra la mentalità occidentale ed orientale

Figura 1.2 - Kaizen, Kaikaku e Kakushin

Figura 1.3 - Relazione fra il ciclo PDCA ed il Kaizen

Figura 1.4 - Evoluzione del rapporto di fornitura

Figura 2.1 - Diagramma schematico di un processo di tipo A

Figura 2.2 - Diagramma schematico di un processo di tipo V

Figura 2.3 - Configurazione tipica degli impianti nell'industria di processo

Figura 2.4 - Schema tipico del flusso dei materiali nell'industria di processo

Figura 2.5 - Primo esempio di raggruppamento in celle di lavoro logiche

Figura 2.6 - Secondo esempio di raggruppamento in celle di lavoro logiche

Figura 2.7 - Sequenza di produzione mixed-model

Figura 2.8 - Heijunka Box

Figura 2.9 - Esempio di Product Wheel

Figura 3.1 - Logo AzzurroDigitale

Figura 3.2 - Strategia del MIC-MIR

Figura 3.3 - Logo P3 Srl

Figura 3.4 - La presenza in Italia di P3

Figura 3.5 - La presenza globale di P3

Figura 3.6 - Layout reparto DUCTAL

Figura 3.7 - Laminatoio

Figura 3.8 - Area controllo qualità

Figura 3.9 - Nastro trasportatore

Figura 3.10 - Manipolatore e baia di scarico

Figura 3.11 - Vista della sala mescole

Figura 3.12 - Vista dei serbatoi 2 e 3

Figura 3.13 - Vista della collarina

Figura 3.14 - Peso per la maturazione

Figura 4.1 - Componenti nel calcolo dell'OEE

Figura 4.2 - Componenti di un cambio prodotto nell'industria di trasformazione

Figura 4.3 - Cambio prodotto con solo attività manuali

Figura 4.4 - Un cambio prodotto in cui il tempo è occupato solo da variazioni chimico-fisiche

Figura 4.5 - Un cambio prodotto in cui hanno luogo sia processi chimico-fisici sia attività manuali

Figura 4.6 - Passaggi principali del miglioramento SMED

Figura 5.1 - Diagramma di Pareto

Figura 5.2 - Estratto dal ciclo gramma Excel di Alberto, inizio turno-inizio linea

Figura 5.3 - Spaghetti chart, operatore Aurelio

Figura 5.4 - Spaghetti chart, operatore Fabio

Figura 5.5 - Analisi attività dell'operatore Alberto

Figura 5.6 - Analisi attività dell'operatore Denis

Figura 5.7 - Report di produzione di fine giornata

Figura 5.8 - Buono di prelievo

Figura 6.1 - Card PDCA

Figura 6.2 - Cartellone PDCA

Figura 6.3 - Sistema poka-yoke per il taglio del nylon

Figura 6.4 - Standard per il deposito dell'alluminio

Figura 6.5 - Disegno del carrello KIT head

Figura 6.6 - Primo ripiano carrello KIT head

Figura 6.7 - Strisce di carta per l'analisi dell'attività

Figura 7.1 - Schermata del pannello posizionato sulla bilancia carrellata

Figura 7.2 - Schermata di inizio e fine turno

Figura 7.3 - Schermata di inserimento codice SKU

Figura 7.4 - Schermata di imputazione causale di fermo

Figura 7.5 - Schermata di imputazione difetti

Figura 7.6 - Schermata di selezione del codice SKU

Figura 7.7 - Struttura del data lake

Figura 7.8 - Dashboard "Qualità in uscita"

Figura 7.9 - Dashboard "Produzione output"

Figura 7.10 - Dashboard "Causali quality"

Figura 7.11 - Dashboard "Consumi"

Figura 7.12 - Dashboard "Causali fermi macchina"

Figura 7.13 - Dashboard "Disponibilità"

Figura 7.14 - Dashboard "Avvio e spegnimento"

Figura 7.15 - Dashboard "Rivestimenti Al"

Figura 7.16 - Dashboard "Altri prelievi"

INTRODUZIONE

Questo elaborato ha origine dal legame instaurato fra AzzurroDigitale, società esperta in digital transformation, e P3 Srl, azienda leader nel settore dei sistemi di distribuzione centralizzata dell'aria.

Con l'obiettivo di comprendere quale fosse l'indice di efficienza OEE del reparto di produzione continua DUCTAL, P3 Srl supportata da AzzurroDigitale, ha condotto una campagna misure, svoltasi fra giugno e dicembre 2019. L'analisi ha messo in luce come l'impianto fosse particolarmente sottoutilizzato. L'indicatore maggiormente penalizzante era quello della disponibilità, molto inferiore rispetto al benchmark di una produzione in linea. Sempre questa indagine ha rilevato che le cause principali fossero solamente due: l'avviamento e lo spegnimento dell'impianto.

Sempre nello stesso periodo, P3 Srl stava muovendo i primi passi verso la conoscenza del Lean Thinking.

La voglia da parte del management di P3 di adottare tecniche lean e la possibilità di vedere dei risultati sul campo, ha dato vita al progetto SMED. L'obiettivo era quello di ridurre il tempo di avvio e spegnimento dell'impianto di produzione continua DUCTAL, al fine di liberare capacità produttiva.

La letteratura fornisce numerosissimi esempi e case studies relativi allo SMED, ma sono veramente pochi quelli applicati all'industria continua. Basti pensare che in *"A Revolution in Manufacturing: The SMED System"*¹, la "bibbia" dello SMED, sono presentati solo casi relativi alla produzione per assemblaggio. Nell'elaborato verrà citato numerose volte il libro *"Lean Thinking per le aziende di processo"*², essendo una delle prime opere che tratta di come la filosofia Lean possa essere anche applicata all'industria di processo.

¹ Shingo S., Dillon A., 1983, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Productivity Press, Cambridge

² King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI Milano

Lo scopo di questo elaborato è quello di fornire una dimostrazione di come la filosofia Lean, in generale e la metodologia SMED in particolare, possano essere introdotte in qualsiasi realtà. Naturalmente le modalità con cui queste vengono implementate devono essere adattate al contesto aziendale. Nel mio caso specifico, si è cercato di raggiungere un compromesso tra: il seguire rigorosamente gli step di applicazione SMED, un mio apporto personale e cercare di sfruttare la digital transformation, punto forte di AzzurroDigitale.

In merito all'approccio utilizzato, come detto precedentemente, sono stati utilizzati, da un lato classiche metodologie lean, quali interviste one-to-one o di gruppo, stratagemmi poka-yoke, 5S etc., dall'altro strumenti digitali, come tecnologie IoT, programmi di data visualization e data management. Inoltre, enfatizzando il concetto che la filosofia Lean dovrebbe essere sempre adattata alle situazioni, nel corso del progetto è stata elaborata una rivisitazione del ciclo PDCA, per lanciare e seguire l'andamento di piccole iniziative kaizen.

Di seguito una rapida presentazione dei capitoli che compongono l'elaborato, al fine di fornire una chiara guida per il lettore e contestualizzare lo studio.

Il primo capitolo fornisce un rapido excursus sulla storia del Lean thinking, con particolare focus sui cinque (più uno) principi e con brevi cenni ad alcuni principali strumenti. Trovano invece maggior spazio: la metodologia 5S, tutta la filosofia del Kaizen e l'approccio PDCA. Infine, ho voluto mettere in evidenza quali sono i più comuni ostacoli che impediscono una vincente attuazione della Lean.

Il secondo capitolo è un confronto approfondito sotto diversi punti di vista tra l'industria di prodotto e l'industria di processo. In particolare una contestualizzazione dei muda tipici della Lean nelle due diverse realtà. Il capitolo si conclude con una descrizione di due tecniche appositamente studiate per l'industria di processo: la produzione per celle virtuali e la product wheel.

Il terzo capitolo è dedicato alle presentazioni delle due aziende protagoniste dello studio: AzzurroDigitale e P3 Srl. Per la prima mi soffermerò in particolare sulla

strategia utilizzata per affrontare i progetti, per la seconda, invece, sulla descrizione delle linee di produzione e dei prodotti offerti.

Il quarto capitolo fornisce un'esposizione completa della metodologia SMED, sia quella più classica che leggiamo nel libro di Shigeo Shingo, sia la versione applicata all'industria di processo presentata nel libro di King "*Lean thinking per le aziende di processo*". Verranno presentati quelli che sono gli step principali che permettono l'applicazione dello SMED e come questi passaggi si adattano agli impianti di produzione continua. All'interno del capitolo è presente, inoltre, una breve parentesi sull'indicatore di efficienza OEE, su quelli che sono gli indici che lo compongono e le six big losses, tipiche dell'industria di processo.

La seconda parte dell'elaborato è interamente dedicata al case study di P3 Srl.

Nel quinto capitolo vengono spiegate le motivazioni che hanno spinto P3 ad intraprendere il percorso SMED ed a scegliere come oggetto di analisi lo spegnimento e l'avvio dell'impianto di produzione continua DUCTAL. Verrà illustrato quantitativamente e qualitativamente quello che è lo stato AS-IS, mediante diverse prospettive.

Nel sesto capitolo tratteremo nello specifico l'approccio utilizzato per il lancio e il monitoraggio delle iniziative di miglioramento, una variante al classico ciclo kaizen PDCA. Nel corpo del capitolo affronteremo alcune delle azioni migliorative implementate dagli operatori, soffermandoci su quello che è il cuore della metodologia SMED, ovvero la costruzione dei nuovi standard di avvio e spegnimento impianto.

Nell'ultimo capitolo tratteremo quello che, a mio avviso, è l'aspetto più innovativo, ovvero l'incontro fra digitalizzazione e Lean Thinking.

Infine, nelle conclusioni, troveremo una quantificazione dell'impatto e dei benefici che ha avuto il progetto SMED, utilizzando tre prospettive differenti: puramente economica, produttiva e, possiamo dire, umana. L'elaborato si conclude con delle mie personali considerazioni sull'esperienza vissuta nella sua globalità e come la relazione AzzurroDigitale-P3 Srl possa continuare in un futuro.

Capitolo 1

CONCETTI DI LEAN THINKING

L'obiettivo di questo capitolo è quello di fornire una overview generale della cultura Lean, andremo a trattare brevemente quelli che sono stati gli step principali che hanno permesso la divulgazione del pensiero snello; dopodiché alcuni concetti fondamentali, come i cinque (più uno) principi, i muri, mura e muda. Ci addentreremo più nel dettaglio nella spiegazione della metodologia 5S e dell'approccio Kaizen, caposaldo essenziale di tutto il modello Lean. Infine, vedremo quelli che sono i principali ostacoli che impediscono un'implementazione lineare del Lean thinking.

1.1 CENNI DI STORIA E CULTURA LEAN

È difficile collocare storicamente l'avvento della Lean production, quello che possiamo dire è che nasce nel secondo dopo Guerra in Giappone, dalla Toyota Motors Corporations. In realtà ancor prima di Toyota c'è stato Henry Ford, ideatore della catena di montaggio ed il primo ad aver introdotto i concetti di standardizzazione di prodotto e di processo. Toyota, in particolare con la figura di Taichii Ohno, da manager a vicepresidente dell'azienda, assimila i concetti tramandati dal competitor americano e li fa suoi. Taichii ebbe la coscienza di comprendere che il modello Ford non poteva essere applicato così' com'era al Giappone, era un sistema che consumava troppe risorse e spazi, cose che Toyota non poteva sicuramente permettersi. Il modello proposto, che poi diventerà quello

lean, si basava su una cultura che permettesse il controllo degli sprechi, bisognava usare parsimonia; da Ford viene ripreso il flusso continuo per ridurre le attese e i tempi morti, alla base di tutto vi è il concetto di miglioramento continuo che deve provenire da chiunque in azienda.

Per molti anni si è pensato che la cultura introdotta da Toyota non potesse essere replicabile in altri contesti, per una serie di motivi (Panizzolo³, 2018):

- Si pensava che i giapponesi avessero un vantaggio dovuto al costo di capitale e manodopera, facilmente accessibile e a costi sicuramente inferiori a quelli dei competitors americani.
- La produzione Toyota era caratterizzata da macchine più piccole e dai consumi più bassi.
- Toyota fin da sempre ha fatto un uso della tecnologia nelle fabbriche molto spinto.
- Le aziende giapponesi erano finanziate dallo stato, grazie a compagnie di finanziamento guidate dal Ministry of International Trade and Industry, tutto questo per cercare di risollevare il paese dopo la Seconda guerra mondiale.
- Si pensava che quel tipo di cultura potesse essere portata avanti solo dai giapponesi, da sempre conosciuti per il loro rigore ed attenzione.

Tutti quelli sopra elencati sono stati definiti come fattori “country specific”, per molti anni utilizzati come pretesti per giustificare l’impossibilità di poter applicare la Lean al di fuori del Giappone.

La vera svolta è stata quando nei primi anni 80 Toyota apre i propri stabilimenti a visitatori occidentali, svelando di fatto i segreti che si celavano dietro alla Lean. Vennero accolti numerosi accademici, manager e politici e da queste visite nacquero dei libri fondamentali per il racconto di questa nuova strategia di produzione, tra questi citiamo “Japanese manufacturing technique” di Richard J. Schonberger e “World class Manufacturing” sempre del medesimo autore.

³ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

Nel 1985 è stato compiuto uno studio promosso dal governo americano che ha finalmente sfatato quei miti di cui abbiamo discusso precedentemente. L'obiettivo dell'analisi è stato quello di confrontare qualitativamente tre realtà differenti: uno stabilimento produttivo della General Motors, uno di Toyota e un NUMMI, New United Motors Manufacturing. Un NUMMI, chiamato anche transplant, è uno stabilimento produttivo posizionato in suolo americano, con manodopera USA, ma management giapponese. I risultati dopo due anni di sperimentazione sono quelli mostrati in tabella 1.1. I numeri hanno suscitato particolare sorpresa, infatti, ci si aspettava che Toyota avrebbe distaccato nettamente gli altri due riferimenti, invece, i traguardi raggiunti dal transplant sono stati assolutamente positivi, non performanti come il modello giapponese, ma comunque superiori alle aspettative. Per esempio, se il tempo dedicato per l'assemblaggio di una macchina negli stabilimenti della General Motors era pari a 32 ore, ed in Toyota a 16 ore, i NUMMI hanno raggiunto un takt time di 19 ore, molto vicino al target giapponese. Ancor più impressionante è il tempo medio di giacenza in magazzino per singola parte; 2 settimane per GM, solo 2 ore per Toyota ed appena 2 giorni per il transplant.

Lo studio è stato la dimostrazione finale che il sistema di Lean production potesse essere esportato al di fuori del Giappone e che i country specific erano privi di fondamento. Ciò che contava era l'approccio, il mindset utilizzato, applicabile ovunque.

Il termine Lean compare per la prima volta solo nel 1988, in un articolo di Krafcik, fautore dell'esperimento dei NUMMI. (Krafcik⁴, 1988). Altri due testi fondamentali che hanno permesso la divulgazione del pensiero snello, sono: "The machine that changed the world" e "Lean thinking", dei medesimi autori: Womak e Jones. Il primo ha definito una vera e propria svolta nel mondo industriale; per la prima volta si intuisce che il modello fordista è ormai superato. Il secondo sancisce che la Lean può essere applicata anche in altri contesti, oltre alla produzione.

⁴ Krafcik J., 1988, *Triumph of the Lean Production System*, Sloan Management Review

Tabella 1.1 – Principali differenza fra General Motors, Toyota e NUMMI (Panizzolo⁵, 2018)

	General Motors	Toyota	NUMMI
Ore di assemblaggio per macchina	32	16	19
N° di difetti di assemblaggio ogni 100 macchine	130	45	45
Spazio dedicato all'assemblaggio per macchina	0,75	0,45	0,65
Tempo medio di giacenza per parte	2 settimane	2 ore	2 giorni
Spazio utilizzato per i rework	15%	-	7%
Tasso di assenteismo	15%	-	1,5%

1.2 I 5 + 1 PRINCIPI LEAN

“Lean Thinking is “lean” because it provides a way to do more and more with less and less - less human effort, less equipment, less time, and less space - while coming closer and closer to providing customers with exactly what they want” (Womack e Jones⁶, 1996). Da questo estratto si può comprendere come il libro “Lean Thinking” di Womack e Jones sia stato un tassello fondamentale nell’evoluzione della Lean. Non si tratta più di un insieme di strumenti per la produzione, ma di una vera e propria filosofia valida per l’intera azienda.

Sempre nello stesso libro sono elencati quelli che da lì in avanti diventeranno i capisaldi del pensiero snello: i cinque principi della Lean; in questa tesi esporrò anche un sesto principio, ideato e adottato dalle più grandi società di consulenza lean.

È da sottolineare come i cinque principi di seguito esposti non sono da considerarsi come in successione, in cui una volta completati tutti e cinque (o sei) l’applicazione è conclusasi, ma anzi, devono essere interpretati come un ciclo senza fine, terminato l’ultimo step bisogna nuovamente mettere tutto in discussione e

⁵ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

⁶ Womack J.P., Jones D.T., Roos D., 1988, *The Machine That Changed the World*, Macmillan, New York

dare vita ad un altro processo, seguendo la mentalità del miglioramento continuo.

Principio 1: Definire il valore.

Il primo step è quello di comprendere cosa il cliente vuole, cosa sta cercando, per cosa è disposto a pagare. È quindi l'utente, il consumer stesso, che definisce il valore. Molto spesso la maggior parte delle aziende non coinvolgono i propri clienti nelle fasi di definizione del concept e caratteristiche del prodotto, ritenendo di sapere cosa vogliono, questo non è corretto, in quanto si utilizza una prospettiva distorta, puntando esclusivamente su quello che è ritenuto importante per l'azienda e non per il cliente. Una metodologia che permette di effettivamente catturare la VOC, Voice of Customer, è la QFD, Quality Function Deployment. Strumento coerente con il primo principio che, appunto, permette di rintracciare i bisogni e le esigenze del cliente e trasformarli in input sia per la progettazione che per la produzione.

Principio 2: Identificare il flusso di valore.

Una volta compreso cos'è il valore è bene andare a identificare il flusso che crea questo valore, ovvero l'insieme delle risorse che se organizzate correttamente riescono ad erogarlo. I flussi principali in azienda sono essenzialmente due: quello produttivo, quindi il flusso fisico dei materiali dall'ingresso all'uscita e quello di progettazione, dall'idea all'effettivo lancio del prodotto sul mercato. Sempre nel libro di Womack e Jones le attività di un flusso vengono distinte in tre classi:

- VA: sono attività che creano valore all'interno di un processo, solitamente la maggior parte delle operazioni di produzione, in quanto aggiungono valore per il cliente. Nelle aziende non lean, le VA rappresentano un 30% del totale.
- NVA-Necessarie: attività che non creano valore, ma necessarie o non eliminabili nel breve periodo. Non possono essere eliminate in primo momento, ma non è detto che in un futuro non siano oggetto di analisi.

- NVA: attività che non creano valore e non sono necessarie, devono essere eliminate in quanto considerate spreco, sono sicuramente le prime ad essere aggredite nei progetti di miglioramento.

Il principale lean tool utilizzato nel secondo principio è la VSM, Value Stream Map. La VSM permette di comprendere e mappare lo stato attuale di un processo e pianificare come potrebbe essere.

Principio 3: Fare scorrere il flusso

Far scorrere il flusso significa impedire che ci siano fermi di materiali, persone e documenti, quindi eliminare ogni tipo di Muri, Mura e Muda, esposti nel capitolo 1.3. L'obiettivo è quello di eliminare completamente la produzione per lotti ed arrivare ad una produzione one-piece-flow, in cui i pezzi scorrono ad uno ad uno, senza dover aspettare il proprio lotto di appartenenza. Altro goal del terzo principio è il livellamento della produzione sia in termini di volumi di produzione, sia in termini di varietà, arrivare al concetto "*Every part, every x*" (Panizzolo⁷, 2018), in cui x sta per un certo arco temporale. Di fatto in questo step si mettono in atto tutta una serie di metodologie lean che permettono di raggiungere quel To BE disegnato nella Value Stream Map, tra queste metodologie citiamo lo SMED, l'Heijunka e la Group technology.

Principio 4: Implementare un sistema pull.

Un sistema pull è quando il flusso, a questo punto privo di ostacoli, non è più spinto da valle verso monte, ma è tirato proprio dal downstream, dalle effettive esigenze dei clienti. Potrebbe sembrare che un'azienda che lavora in ATO, Assembly-to-Order, naturalmente utilizzi una logica pull, senza per forza essere lean, ed invece un'organizzazione MTS, Make-to-Stock, sia impossibilitata ad implementare il pull, in realtà non è così. Bisogna scindere i due concetti di Planning e Movement system. Il primo non è una decisione autonoma dell'azienda, ma è qualcosa di imposto dal mercato, come si reagisce a questo. Mentre il

⁷ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

Movement system è una scelta propria dell'azienda e riguarda come i materiali circolano all'interno di essa, indipendentemente se alla fine del flusso vi è direttamente il cliente oppure un magazzino di prodotti finiti. Altro concetto fondamentale che rientra in questo principio è il just-in-time, ovvero tutto deve essere prodotto, inviato, consegnato, appena in tempo, quando c'è l'effettiva esigenza, alla giusta quantità, nel giusto posto, al giusto tempo, con il packaging corretto, come era stato definito precedentemente. Per permettere tutto quello che è stato appena descritto lo strumento principale da applicare è il Kanban. Il sistema Kanban prevede l'introduzione di tipicamente due cartellini, uno di produzione ed uno di movimentazione, questi ripercorrendo al contrario la supply chain permettono di innescare logiche di produzione a partire dall'esigenza delle fasi immediatamente a valle e così via. Naturalmente l'ideale sarebbe che questo sistema venga esteso anche ai propri fornitori e clienti, in modo che tutti gli attori coinvolti siano a conoscenza dell'effettivo sell in. Oltre al Kanban sono presenti anche altri tools, come le 5S, di cui discuteremo più avanti, ed il TPM, Total Quality Maintenance, citato nel capitolo 4.

Principio 5: Ricerca della perfezione.

Di questo principio ne parleremo in maniera più approfondita più avanti, nel capitolo 1.5. Sinteticamente, con ricerca costante e continua della perfezione intendiamo un perseguimento al miglioramento incrementale a piccoli passi, compiuti quotidianamente. Si parte dal presupposto che tutto quello che si è fatto può essere migliorato continuamente.

Principio 6: Lean supply chain⁸

Questo principio, come detto precedentemente non rientra nella classica letteratura giapponese, ma si è costruito man mano grazie all'esperienza delle grandi società di consulenza lean. Oggigiorno un'azienda non può concentrarsi esclusivamente al proprio interno, bisogna cercare di coinvolgere il più possibile tutti gli attori coinvolti nella value chain, che non è costituita dalla singola azienda, ma è l'insieme dei processi che vanno dal fornitore, a chi si occupa del trasporto,

⁸ <https://www.bcssoa.it/>

ai rivenditori ed infine i clienti. Se si fa lean, ma i propri interlocutori a valle ed a monte non la applicano, non si può pensare di beneficiare di tutti i vantaggi che questa metodologia può offrire, è necessario trasmettere i principi ed i valori a tutti i partecipanti della propria supply chain, anche perché sappiamo bene che la qualità finale percepita dal cliente corrisponderà sempre a quella dell'anello più debole.

1.3 MURI, MURA E MUDA

Nella cultura Lean si enfatizza molto il concetto di spreco e di cercare di ridurlo il più possibile. In realtà sarebbe più corretto distinguere quello che comunemente chiamiamo spreco in tre concetti differenti. In questo ci aiuta molto la lingua giapponese, possiamo, quindi identificare tre sfaccettature diverse:

- **MURI**, legato alla variabilità.

Le continue oscillazioni nel carico di lavoro e nei parametri di processo non permettono di gestire in maniera standard il processo stesso, e determinano quindi continui sprechi di adattamento e mancato bilanciamento.

- **MURA**, legato al sovraccarico.

L'utilizzo più che intensivo delle risorse, oltre il limite naturale della loro produttività «standard», genera uno stress che difficilmente è sostenibile nel tempo ed è fonte di errori e difettosità.

- **MUDA**, legato più strettamente allo spreco.

Difettosità, rilavorazioni, scorte, trasporti, movimentazioni, attese, sovrapproduzione, sono tutte inefficienze tipiche di un sistema che non risponde a quanto chiede in realtà il cliente.

In particolare, dei muda ne parleremo in maniera più approfondita nel capitolo 3.

1.4 LE 5S

Le 5S le abbiamo inserite fra gli strumenti che permettono di implementare un sistema pull per far scorrere il valore. Sono una serie di metodologie che

permettono l'organizzazione del posto di lavoro tramite l'implementazione, il mantenimento e il miglioramento di Separazione, Ordine e Pulizia. Rappresentano la base della Visual Factory, un sistema efficace di gestione a vista del luogo di lavoro, grazie al quale le non conformità o le situazioni rischiose sono facilmente visibili a tutti, le informazioni scorrono in maniera più fluida e le prestazioni sono ben evidenti. In generale, se pur possono sembrare banali, le 5S permettono di conferire trasparenza ed immediatezza in tutti i sensi. Inoltre, permettono di generare un bel colpo d'occhio per un cliente in visita; è già la fabbrica che vende l'azienda. Molto brevemente le vediamo ad una ad una.

- **Separare:** distinguere ciò che è necessario dal superfluo. Con superfluo si intende tutto quello che può essere eliminato o ricollocato. Per studiare la frequenza d'uso e la possibilità di ricollocamento o meno si utilizza la metodologia visual dei cartellini rossi (Marcon e Panizzolo⁹, 2018). È un cartellino in carta di colore rosso che viene apposto sulle attrezzature e macchine e permette di identificare facilmente ciò che dovrà essere eliminato o trovare nuova sede. Per rendere il tutto ancor più evidente, tutti i cartellini rossi vengono poi trasferiti in un'area definita come "zona rossa", questo per dar ancor più prova di quanto tutte le cose che di fatto sono inutilizzate sono ingombranti e occupano molto spazio. È fondamentale individuare dei KPI che permettano di monitorare i miglioramenti nel tempo, tra questi ci possono essere: il numero di cartellini emessi su quelli risolti, il numero di oggetti riposizionati su quelli eliminati, oppure ancora i mq risparmiati.
- **Sistemare:** dare a ciascuna attrezzatura una precisa collocazione, in modo che sia facilmente riconoscibile, prelevabile e riposizionabile. A seconda della frequenza di utilizzo, studiata precedentemente, gli oggetti e gli strumenti vengono collocati più o meno in prossimità dell'operatore che deve utilizzarli. In questo modo si elimina quasi del tutto la necessità di ricercare strumenti e materiali, l'ambiente di lavoro diventa più piacevole, pulito ed ispezionabile. Il sistemare gli oggetti diventa ancor più fondamentale in quei contesti in cui si vuole raggiungere un takt time breve o si vuole ridurre i

⁹ Marcon A., 2018, *La metodologia 5S, il caso AZA Spa*, lezione nell'ambito del corso Gestione snella dei processi, docente prof. Panizzolo, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

tempi di set up. Dal punto di vista più operativo si può utilizzare la segnaletica orizzontale, ovvero disegnare sul pavimento delle linee colorate per le zone di sosta, vie di fuga e linee di flusso. Oppure realizzare delle sagomature in modo da posizionare più facilmente gli strumenti. Fondamentale è che la scelta delle nuove locazioni sia fatta direttamente da coloro che operano quotidianamente con quegli oggetti. Anche in questo caso si devono evidenziare dei KPI, quali riduzione del tempo di ricerca, numero di oggetti ricollocati, per dimostrare l'avanzamento delle 5S.

- Splendere: sicuramente la traduzione in italiano non rende giustizia alla terza S, infatti con splendere non si intende solo il fatto di tenere pulita la postazione, ma mantenere una costante dedizione all'ispezione, un controllo continuo. Pulendo si riescono a scoprire anomalie. Lo splendere è sicuramente strettamente collegato al TPM, Total Productive Maintenance, in cui alla manutenzione degli impianti sono coinvolti e responsabilizzati anche gli stessi operatori. Attraverso una pulizia quotidiana e scandita da precisi scheduling è possibile, non solo mantenere l'ambiente il più performante possibile, ma pure prevenire rischi. Le aree di sporco dovrebbero essere sempre valutate tramite tre parametri: accessibilità, ispezionabilità e manutenibilità.

Se le prime tre S permettono di raggiungere l'obiettivo, è solo con le ultime due che questo obiettivo può essere mantenuto nel tempo e può essere creato un metodo.

- Standardizzare: vuol dire assicurare che ispezione, ordine e pulizia diventino di routine, è una never-ending activity. Come vedremo più avanti definire uno standard vuol dire congelare momentaneamente la soluzione fin a quel momento raggiunta, cambiare uno standard è sempre sintomo di miglioramento, come diceva Taichi Ohno *“uno standard che non è cambiato per un mese è un vecchio standard”*. Normalizzare la 1S vuol dire definire la frequenza con cui lanciare le campagne di cartellino rosso, che dovrebbero essere una/due volte all'anno. Per la 3S vuol dire scrivere dei calendari di pulizia oppure delle one lesson page con tutte le informazioni relative a cosa deve essere pulito e con che strumenti. Un tool molto semplice è la checklist,

elenchi di domande che permettono di essere da supporto al controllo, evitare errori banali e non dimenticare niente, naturalmente queste devono essere aggiornate nel momento in cui lo standard cambia.

- **Sostenere:** il sostenimento è sicuramente lo step più difficile, si può scindere in quattro attività fondamentali, come il monitoraggio degli standard, lanciare ogni settimana una campagna audit che vada a verificare il rispetto di tutto ciò che è stato normalizzato. Altro passaggio importante è la formazione e l'addestramento, questo per garantire il continuo miglioramento delle capacità degli operatori e la possibilità di avere feedback continui; da non sottovalutare la forza di una chiara e trasparente comunicazione, che sia in grado di responsabilizzare e motivare le persone, infine programmare i momenti di incontro, in modo da condividere con tutti i risultati degli sforzi.

1.5 KAIZEN

In giapponese esistono due parole Monozokuri e Hitozokuri, la prima corrisponde alla capacità di fabbricare le cose, riportandolo al contesto industriale, è la conoscenza e l'applicazione di metodologie e tecniche lean. Probabilmente noi occidentali ci fermeremo qua, con il raggiungimento dell'obiettivo sperato. Invece la filosofia giapponese va più in profondità. Hitozokuri è, invece, la capacità di formare le persone; il training è un aspetto tanto importante, quanto l'utilizzo degli strumenti lean.

Per rimarcare ancor più la differenza fra la mentalità occidentale e quella giapponese-lean analizziamo due grafici, a mio avviso molto esplicativi (figura 1.1).



Figura 1.1 – Differenze fra la mentalità occidentale ed orientale (Panizzolo¹⁰, 2018)

¹⁰ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

Sull'asse x poniamo l'evoluzione temporale e sull'asse y il miglioramento. Nel grafico di sinistra, quello relativo all'approccio occidentale, vediamo come per raggiungere un miglioramento vengono impiegate grandi risorse, sia di persone, di denaro e tempo; vengono fatti dei passi ed investimenti irreversibili, da cui non si può più tornare indietro se qualcosa va storto. Se conquistato, il gradino del miglioramento è difficilmente sostenibile nel tempo, la curva quindi tenderà a calare, vanificando i risultati raggiunti. Differentemente, nel grafico di destra il miglioramento è raggiunto con piccoli passettini quotidiani, che comportano una pianificazione minore, minor effort e soprattutto denaro. Il successo è garantito in quanto il coinvolgimento è bottom-up.

Il Kaizen è definito come *“insieme di piccoli passi continui e quotidiani che permettono di avvicinarsi alla perfezione”* (Panizzolo¹¹, 2018). Ka in giapponese vuol dire cambiamento, Zen bene, è un cambiamento che porta a dei benefici. In realtà il Kaizen non corrisponde perfettamente al miglioramento continuo, come vediamo in figura 1.2. Il Kaizen tipicamente si colloca in un orizzonte temporale di medio-breve termine, entro l'anno, in cui si sostengono standard precedentemente definiti, si portano avanti dei miglioramenti incrementali di prodotto e processo. Successivamente al Kaizen, troviamo il Kaikaku, che invece si colloca su un intervallo temporale più lungo, tra l'anno ed i tre anni, i miglioramenti ed i corrispettivi standard sono definiti come breakthrough, che spezzano la mentalità corrente e si pongono come innovati nel mercato. Infine, troviamo il Kakushin, collocato oltre i cinque anni, accompagna le disruptive innovations, che stravolgono completamente le regole del gioco, un esempio è stata l'avvento nel mercato delle auto ibride. Se l'innovazione si colloca fra il Kaikaku e il Kakushin, il continuous improvement si può collocare fra il Kaizen e il Kaikaku.

¹¹ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

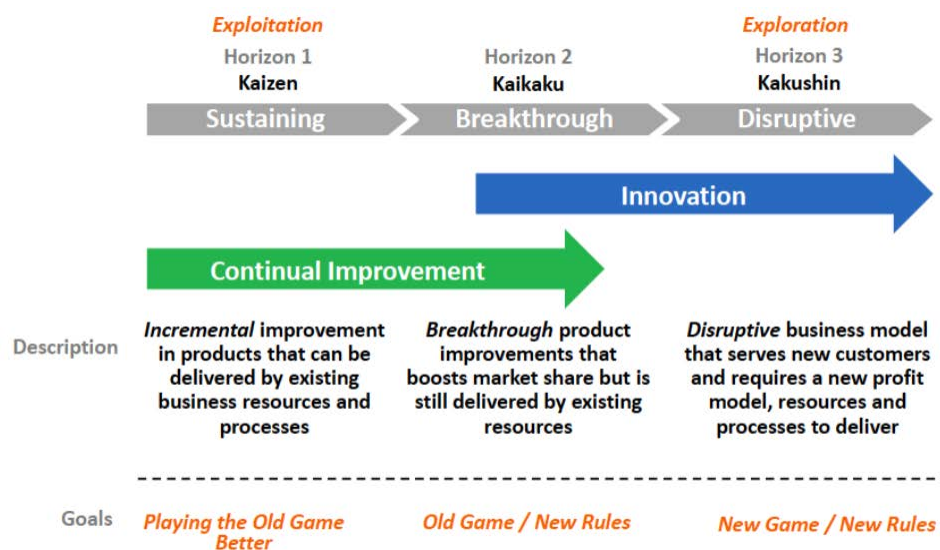


Figura 1.2 – Kaizen, Kaikaku e Kakushin (Panizzolo¹², 2018)

Passando dal piano puramente “filosofico” a quello più operativo. La strategia di applicazione del miglioramento continuo, che continueremo comunque a chiamare Kaizen, è il ciclo PDCA. Questa non è made in Japan, ma è stata ideata da Deming, consulente e manager americano, ed ampiamente utilizzata in Toyota. Vediamo ora i singoli passaggi di applicazione del PDCA:

- Scan: questo step in realtà non rientra propriamente nel ciclo PDCA, ma comunque permette di costruire delle fondamenta solide per l’implementazione. Con Scan intendiamo lo sviluppo da parte del management di strategie di lungo termine, sia in riferimento al prodotto e servizio offerto, sia rispetto all’ambiente competitivo.
- Plan: in questo passaggio si traducono le strategie di lungo orizzonte in, prima, strategie di breve-medio termine, e successivamente, in progetti ed obiettivi per l’anno successivo. Lo strumento di riferimento è la X matrix.
- Do: l’attività Do corrisponde all’assegnamento dei singoli progetti alle risorse e dare una giusta guida per poter condurre le iniziative di miglioramento.

¹² Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

- Check: è un momento in cui si verifica che l'attività di improvement abbia portato ai risultati previsti o sperati. In caso di esito negativo si avviano delle azioni di revisione e correzione.
- Act: nel momento in cui si convalida la soluzione si costruisce uno standard in modo da facilitarne il mantenimento nel tempo. Da sottolineare come lo standard è solo la best solution trovata fino a quel momento, è una raccolta delle conoscenze elaborate, ma non è detto che rimanga tale per sempre, anzi bisognerebbe in maniera critica rivalutare con frequenza gli standard ed aggiornarli.

Come nel caso dei cinque principi lean, anche gli step del PDCA sono posizionati in maniera circolare e permettono di compiere quei passettini che dirigono il miglioramento continuo, come riportato in figura 1.3.

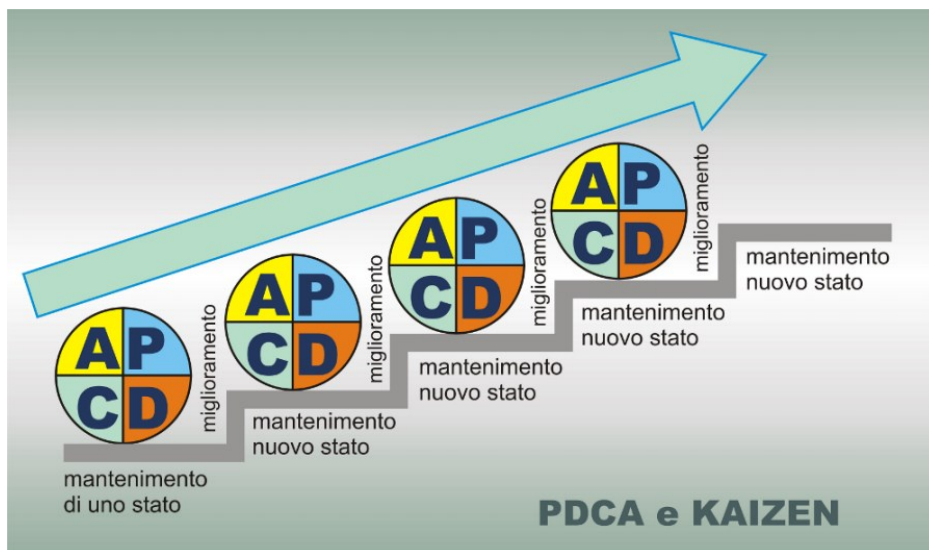


Figura 1.3 – Relazione fra il ciclo PDCA ed il Kaizen (Panizzolo¹³, 2018)

Dal punto di vista ancor più operativo, ci domandiamo come è possibile gestire il Kaizen nella quotidianità, nel daily management. La risposta è il Flash meeting, si tratta di un incontro giornaliero stand up di fianco alla linea finalizzato ad affrontare i problemi del giorno prima in un momento definito ed in un tempo definito, solitamente dura un quarto d'ora prima dell'inizio del turno. I partecipanti sono figure provenienti da diverse aree: produzione, manutenzione, qualità,

¹³ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

se necessario anche logistica ed acquisti. Fra le persone coinvolte si identifica un coordinatore, ad esempio il team leader di reparto, che sarà da moderatore e garante della corretta applicazione del metodo.

1.6 DIFFICOLTA' NELL'IMPLETAZIONE DELLA LEAN

Come si dice “non è tutto oro ciò che luccica”, non sempre i progetti lean sono di successo, possono essere anche fallimentari; sono state rintracciate tre grandi causali che potrebbero impedire di raggiungere gli obiettivi sperati.

Come per tutte le innovazioni, sono necessari dei cambiamenti culturali, non solamente internamente all'azienda stessa, ma anche in merito alle relazioni che l'organizzazione ha con i propri clienti e fornitori, in particolare con quest'ultimi. Tradizionalmente il fornitore è visto come una sorta di antagonista, se un'azienda trovasse un provider più economico non avrebbe problemi a cambiarlo, questo perché i rapporti sono esclusivamente economici, non basati sulla fiducia reciproca, in cui vi è un mutuo scambio di informazioni. La Lean richiede basse scorte e tempistiche molto strette, quindi è necessario rivedere le proprie relazioni di fornitura.

Come mostrato in figura 1.4, attraverso l'introduzione della metodologia just-in-time si dovrebbe passare da un rapporto tradizionale, ad uno jit. L'ultimo step che permetterebbe di arrivare ad una vera relazione lean è tramite un'integrazione tecnologica, come l'estensione del sistema kanban anche ai fornitori, oppure l'utilizzo di un VMI, Vendor Management Inventory, un software grazie al quale il fornitore ha visione del livello di scorte a magazzino del cliente ed in maniera automatica le rigenera, se necessario.

L'introduzione del just-in-time sotto intende che il fornitore deve sempre garantire un livello di flessibilità tale da poter consegnare un numero di lotti differenti a seconda delle necessità del cliente. Di rilevanza il fatto che i suppliers Toyota dovessero essere tutti entro i 300km dagli stabilimenti (Panizzolo¹⁴, 2018).

¹⁴ Ibidem

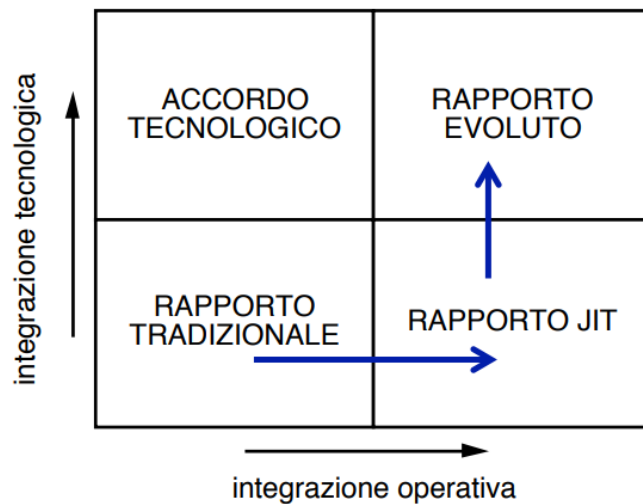


Figura 1.4 – Evoluzione del rapporto di fornitura (Panizzolo¹⁵, 2018)

Un altro aspetto che rientra in un rapporto di fornitura lean è l'utilizzo del free pass fornitori. Infatti, deve essere il fornitore stesso a garantire per la qualità del prodotto, il cliente non dovrebbe dedicare tempo in accettazione per controllare la merce in ingresso.

Soprattutto negli ultimi anni stiamo assistendo ad un aumento della complessità dei componenti, per un'azienda diventa strategico creare delle partnership di co-design con i fornitori, che diventano anche fonte di informazione e conoscenza. Nasce così la figura di guest engineer che entra nel team di sviluppo del provider per dare il proprio contributo. Alla base di tutto questo naturalmente è necessario che fra le due parti ci sia una relazione profonda e duratura basata sulla fiducia. È difficile instaurare questo tipo di legame quando vi è un disequilibrio fra le due parti, ovvero quando uno dei due è o molto "grosso" o molto "piccolo".

Come detto all'inizio il cambiamento più rilevante deve essere quello che avviene internamente. La cultura Lean è human-centered, pone al centro dell'attenzione il cliente come individuo, ma anche gli stessi lavoratori che contribuiscono a generare valore. Sicuramente ciò comporta un cambiamento culturale, in particolare agli alti vertici, nella testa del management. Molto spesso si pensa che l'utilizzo della Lean abbia come principale obiettivo quello di licenziare

¹⁵ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

risorse, ma non è assolutamente così. Per questo servono delle sessioni di coinvolgimento del tipo bottom-up, in modo da aumentare l'engagement, il commitment e far comprendere a tutti gli obiettivi dei progetti lean. Magari si può pensare sistemi di valutazione a premi, in modo da incoraggiare la partecipazione, oppure avviare dei team di lavoro misti con persone più scettiche e quelle che invece sembrano più coinvolte. I primi a dare il buon esempio devono essere, appunto, il management, partecipando attivamente ai progetti e seguendo i flash meeting.

La Lean è nata in un ambiente industriale caratterizzato da alti volumi e ristretta varietà. Un contesto in cui è difficilmente applicabile, ma non impossibile, è in presenza di bassi volumi unitari ed alta varietà. Questo è ancora più evidente se prendiamo come esempio il sistema Kanban, che non può essere applicato a tutti i codici: devono essere esclusi quelli che hanno una frequenza di consumo bassa ed una variabilità di consumo invece alta, difficile da prevedere.

Capitolo 2

IL LEAN THINKING NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO

L'obiettivo di questo capitolo è quello di metter in luce le principali differenze esistenti tra l'industria di prodotto e quella di processo, in particolare utilizzando l'ottica dei 7+1 muda proposti dalla cultura Lean. Nella seconda parte del capitolo andrò ad approfondire due strumenti non presenti nella letteratura tradizionale del Lean thinking, ma che sono stati studiati appositamente per i processi di trasformazione.

2.1 CARATTERISTICHE DISTINTIVE NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO

In generale i processi di produzione possono essere distinti in due grandi famiglie. Da una parte abbiamo i processi di assemblaggio, che consistono nella realizzazione di singole parti o componenti che vengono assemblati fra di loro fino ad ottenere il prodotto finito. Possiamo citare numerosissimi esempi, come automobili, aerei, televisioni, lavatrici etc. Dall'altra parte abbiamo i processi di trasformazione, che, invece, consistono per lo più in reazioni fisiche e chimiche,

estrusioni, laminazioni, miscele, tagli e cotture. Esempi di prodotti finiti dell'industria di processo sono vernici, bobine di alluminio, pellicole di materiale plastico, fibre, vetro, cibi, bibite etc.

Vediamo quelli che sono gli otto aspetti distintivi dell'industria di processo, che la distingue rispetto alla produzione discreta (King¹⁶, 2017)

- **Le tre V: volume, varietà, variabilità**

L'industria di assemblaggio solitamente è caratterizzata da alti volumi e ridotta varietà. L'industria di processo si trova a dover fronteggiare sia dei volumi molto grandi, sia una varietà diversificata. Prendiamo in considerazione per esempio una fabbrica che produce fibre sintetiche, questa si trova a dover produrre tonnellate di fibre l'anno, distinte in centinaia di SKU¹⁷. Da tenere in considerazione anche la terza V, la variabilità, ovvero come può fluttuare l'andamento della domanda a causa del mercato, più la domanda è variabile ed imprevedibile, più naturalmente è difficile fare una programmazione della produzione con accuratezza.

- **Intensità di capitale ed intensità di manodopera**

Un'altra grande differenza fra i processi di assemblaggio ed i processi di trasformazione è l'asset principale di riferimento. Infatti, i primi sono tradizionalmente labor intensive, ad alta intensità di manodopera, mentre i secondi, sono definiti come capital intensive, ad alta intensità di capitale. Questa differenza sostanziale fra le due tipologie di fabbrica porta anche ad utilizzare strumenti tipici della Lean, come la Value Stream Map, diversamente. Se infatti, nell'industria di prodotto ci si focalizza sul numero di operatori, il cycle time¹⁸, andando a ricercare gli sprechi legati alle stesse persone, nell'industria di processo diventano indicatori ancora più importanti l'OEE, il numero di SKU etc.

- **Il throughput è limitato dagli impianti e non dalla manodopera**

¹⁶ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 19-30.

¹⁷ Stock Keeping Unit, il numero di SKU è il numero di tipi specifici di prodotti che lasciano il processo. Si tratta di un numero che tiene conto di tutte le caratteristiche distintive che un prodotto può avere.

¹⁸ Il cycle time è definito come il tempo che intercorre fra un rilascio e l'altro di parti o lotti di materiali, può essere espresso o con unità di misura di tempo, oppure di velocità.

Un ulteriore fattore di distinzione negli stabilimenti di trasformazione è che molto spesso sono gli impianti stessi e non la manodopera a limitare il throughput. Se nelle aziende di prodotto per aumentare il throughput “basta” aumentare il numero di macchine o il numero di operatori se non aggiungere un turno di lavoro, questo nella maggior parte dei casi non è possibile nell’industria di processo. Infatti, molto spesso gli stabilimenti di trasformazione sono già operativi 24 ore su 24, 7 giorni su 7, quindi non è possibile aggiungere un turno per riuscire a contrastare un aumento della domanda. Il throughput è quindi sempre limitato dalla capacità dell’impianto di produzione.

- **I macchinari sono grandi e difficili da spostare**

La grandezza degli impianti ed il fatto che il layout sia difficilmente modificabile, può sembrare una banalità, ma in realtà è un fattore che fortemente influenza l’applicazione della Lean all’industria di trasformazione. Per molto tempo si è pensato che la produzione a celle fosse impossibile da applicare agli stabilimenti di processo, in realtà le celle virtuali sono una delle principali metodologie Lean usate.

- **I processi sono difficili da interrompere e riavviare**

Gli impianti di trasformazione hanno molto spesso costi di attivazione e di arresto molto elevati, per esempio le vasche per i processi di polimerizzazione dei prodotti chimici possono restare in funzione per diversi giorni e non è possibile interrompere il ciclo di produzione. Tutto questo porta ad avere campagne di produzione molto lunghe dello stesso prodotto, con il rischio di avere delle sovrapproduzioni, con alti livelli di scorte.

- **I problemi di cambio prodotto sono complessi**

Se nei processi per prodotto i set up richiedono talvolta dei semplici cambi di attrezzi, regolazioni o calibrazioni delle macchine, molto più complessi sono i cambi prodotto nel mondo dell’industria di trasformazione. Citando l’esempio di uno stabilimento che produce cereali, ogni volta che si fa un cambio di alimento, bisogna anche pulire in maniera accurata le vasche di lavorazioni, per eliminare qualsiasi traccia di allergeni. Proprio per queste ragioni si tende ad avere lunghe campagne che realizzano lo stesso prodotto.

- **Scorte di prodotto finito e di semilavorato**

Similmente all'industria di assemblaggio, anche nell'industria di trasformazione, una cattiva gestione del flusso può portare non solo ad un aumento dei WIP (Work in Progress), ma anche dei livelli del prodotto finito.

- **WIP nascosto**

Se negli stabilimenti di prodotto i semilavorati sono ben visibili, in ceste, scaffali, contenitori, negli stabilimenti di trasformazione questi WIP sono nascosti, o meglio possono trovarsi anche molto distanti rispetto a dove avviene la produzione vera e propria.

Una delle principali differenze fra industria di prodotto e industria di processo è il flusso dei materiali. In un processo di assemblaggio la materia prima è particolarmente numerosa, può essere composta da centinaia di elementi, se non migliaia, però a mano a mano che si prosegue con il flusso produttivo e le diverse parti vengono assemblate in sotto unità, il numero delle parti in circolazione diminuisce sensibilmente, fino ad arrivare al singolo prodotto finito. Ciò che è stato appena descritto può trovare rappresentazione della figura 2.1, che illustra un processo di tipo "A", a mano a mano che si prosegue verso l'alto, si riducono il numero di SKU in circolazione, si parte con ciò che viene definito parte o componente, per poi passare a sotto-unità, unità, sotto-sistemi, sistemi, fino ad arrivare al PF. Il processo è quindi convergente.

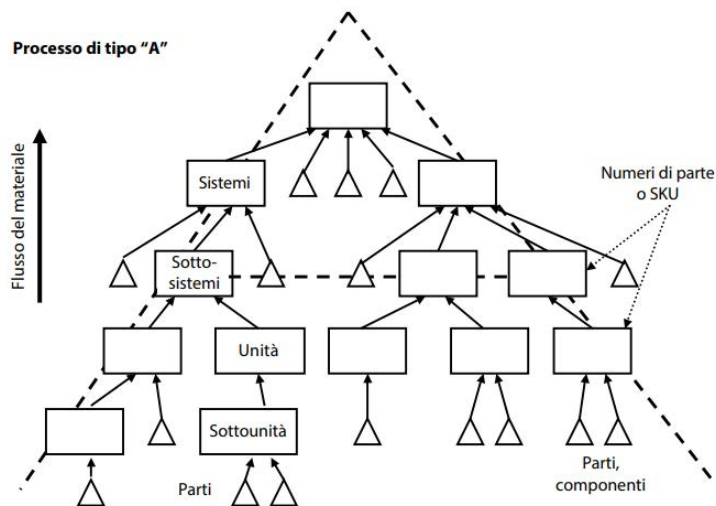


Figura 2.1 - Diagramma schematico di un processo di tipo A (King¹⁹, 2017)

¹⁹ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 28

Differentemente, la figura 2.2 mostra il processo “V” che possiamo definire divergente, ed è esattamente il flusso tipico dell’industria di trasformazione. Il flusso di produzione è sempre dal basso verso l’alto, ma in questo caso le MP sono poche in termini di varietà. Queste possono essere poi mescolate, sottoposte a reazioni chimiche, stampate, estruse sotto forma di laminati, fibre, pelli etc. Ad ogni fase del processo produttivo la varietà di semilavorati tende ad aumentare sempre di più, così come il numero di SKU in circolazione. Tutto questo per dire che da pochissime materie prime si creano centinaia di prodotti finiti differenti.

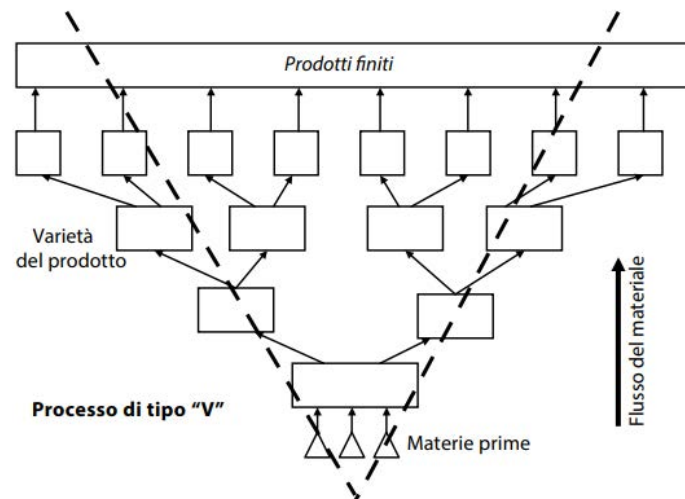


Figura 2.2 - Diagramma schematico di un processo di tipo V (King²⁰, 2017)

La tabella 2.1 sottostante mostra in maniera sintetica quali sono le principali differenze fra l’industria di prodotto e l’industria di processo, ed in particolare mette in luce le diverse modalità con cui il Lean Thinking potrebbe essere applicato.

Tabella 2.1 - Principali differenze tra l’industria di prodotto e di processo (King²¹, 2017)

INDUSTRIA	INDUSTRIA DI PRODOTTO	INDUSTRIA DI PROCESSO
Modello del flusso di processo	<ul style="list-style-type: none"> • Processi “A” • Convergenza della varietà • Molte materie prime 	<ul style="list-style-type: none"> • Processi “V” • Divergenza nella varietà dei materiali

²⁰ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 28

²¹ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 34-35

	<ul style="list-style-type: none"> • Scarsa differenziazione finale 	<ul style="list-style-type: none"> • Poche materie prime • Alta differenziazione finale
Focus primario	<ul style="list-style-type: none"> • Sprechi • Sovrapproduzione • Difetti 	<ul style="list-style-type: none"> • Sprechi, cycle time • Sovrapproduzione • Perdite di rendimento
Driver economici primari	<ul style="list-style-type: none"> • Produttività della manodopera • Riduzione delle scorte 	<ul style="list-style-type: none"> • Produttività degli asset • Riduzione delle scorte • Aumento del throughput • Riduzione delle perdite di rendimento
Fattore limitante principale della produttività	<ul style="list-style-type: none"> • Manodopera 	<ul style="list-style-type: none"> • Macchinari
Logica dei lotti influenzata da	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo di attrezzaggio della macchina • Dimensione del lotto di trasporto 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensione del lotto dipendente dalla dimensione delle vasche e della lunghezza della bobina, etc. • Dimensione della campagna dipendente dal tempo di cambio prodotto e dal lotto economico
Problemi di attrezzaggio	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo per sostituire e resettare gli attrezzi 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo per ripulire le vasche di processo • Tempo per resettare e stabilizzare le temperature • Tempo per equilibrare le pressioni • Tempo per far tornare le proprietà nei parametri stabiliti dopo il riavvio
Driver per la produzione per celle	<ul style="list-style-type: none"> • One-piece-flow • Miglior utilizzo della manodopera • Visibilità del flusso • Gestione del flusso • Riduzione del WIP 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambi più semplici • Migliore utilizzo degli asset • Gestione del flusso • Miglioramento dei rendimenti • Riduzione dei WIP • Facilitare il pull

Implementazione della produzione a celle	<ul style="list-style-type: none"> • Group technology • Celle di lavoro fisiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Group technology • Celle virtuali
Tecniche per il livellamento della produzione	<ul style="list-style-type: none"> • Controllare la domanda del mercato • Produzione a modello misto • Heijunka 	<ul style="list-style-type: none"> • Product wheel (ottimizzazione delle sequenze e della lunghezza dei lotti) • Heijunka

2.2 I 7 SPRECHI NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO

Lo spreco o muda, se seguiamo il linguaggio giapponese, è tutto ciò che impedisce di generare valore per il cliente, limita lo scorrere del flusso che crea questo valore e naturalmente consuma risorse, sia che esse siano persone, tempo, materiali, spazio o conoscenza. I famosi 7 muda che ci propone Ohno, così come gli stessi strumenti e principi Lean, sono nati grazie alle esperienze compiute nell'industria di assemblaggio. Naturalmente, questi stessi sprechi si manifestano anche nell'industria di processo, però è necessario fare un'analisi più approfondita, in quanto possono presentarsi sotto forme differenti e, soprattutto, necessitano di approcci diversi, rispetto a quelli forniti in letteratura per essere affrontati.

Andremo ora ad analizzare uno alla volta i 7 sprechi, cercando di utilizzare la prospettiva dell'industria di trasformazione (King²², 2017).

2.2.1 SPRECO PER SOVRAPPRODUZIONE

Potremo definire lo spreco per sovrapproduzione un po' come la madre di tutti gli altri muda e corrisponde alla produzione di materiali, semilavorati, prodotti finiti in più o con tempistiche diverse rispetto a quello che il mercato effettivamente richiede, in parole semplici non viene effettivamente rispettata la domanda. La sovrapproduzione non coinvolge esclusivamente il prodotto finito, ma comprende qualsiasi fase di un processo in cui si sta producendo di più di quanto la fase immediatamente successiva richiede. Una delle principali cause

²² King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 37-53

che portano ad una sovrapproduzione, comune sia nell'industria di trasformazione che di processo, è il fatto che si prendono decisioni sulla pianificazione della produzione sulla base di previsioni di vendita, non sulla domanda basata sui reali fabbisogni dei clienti, questo può portare a produrre materiale di cui non sia ha un bisogno immediato e quindi si è costretti ad immagazzinare. La sovrapproduzione può essere anche il risultato del dimensionamento del lotto o della campagna di produzione. Con lotto di produzione intendiamo una determinata quantità di prodotto che viene elaborato nel processo come singola unità produttiva. Un lotto può essere una singola bobina di carta oppure una certa quantità di impasto, un fusto di materiale chimico oppure può corrispondere anche alla capacità delle vasche di cottura nell'industria del food. Invece, con lunghezza o grandezza di una campagna di produzione si intende il numero di lotti di una stessa varietà di prodotto che devono essere prodotti prima di passare ad un'altra varietà. La dimensione della campagna è fortemente influenzata dalla difficoltà sia tecnologica che di tempo per passare ad un diverso tipo di produzione.

Si capisce, quindi, che molto spesso il dimensionamento del lotto è vincolato dai macchinari, forni e vasche che vengono utilizzati, così come la lunghezza della campagna è vincolata dall'onerosità del set up. Se i cambi prodotti sono lunghi e costosi, la tendenza sarà quella di avere campagne lunghe, con numerosi lotti elaborati, che però porta necessariamente a non rispettare l'effettiva domanda di mercato e genera sovrapproduzione con problematiche anche legate all'immagazzinamento, come vedremo in seguito.

Un'altra causa che può portare alla sovrapproduzione, questa volta caratteristica unicamente dell'industria di trasformazione, è legata alla capacità del processo. In questo particolare caso, la capacità è intesa come misura della mancanza di variazioni di un prodotto. Infatti, nella produzione per trasformazione, non sempre i processi sono molto e costantemente "capaci", ovvero sono in grado di produrre regolarmente rispettando le specifiche, quindi finché una produzione va bene, c'è la tendenza a continuarla, piuttosto che interromperla e passare ad un altro prodotto con il rischio di avere delle scarse prestazioni. Naturalmente, questo fatto di continuare una produzione esageratamente porta a sovrapproduzione.

Per poter risolvere le problematiche relative a questo spreco sicuramente la Value Stream Map è uno strumento fondamentale per incominciare a mettere in luce gli step produttivi più critici. L'applicazione di una metodologia pull, con l'introduzione di un sistema Kanban insieme allo SMED, per flessibilizzare i cambi di produzione, porterebbe a seguire maggiormente l'effettiva richiesta proveniente dal mercato.

2.2.2 SPRECO DI TEMPO D'ATTESA

Lo spreco di tempo d'attesa, nella concezione tradizionale, si verifica quando l'operatore è costretto ad aspettare l'arrivo di una parte o di un lotto, in quanto si deve ancora concludere il processo nella fase immediatamente precedente. Oppure, può essere considerato come il tempo dedicato a monitorare le prestazioni dell'impianto e la qualità dell'output. Nell'industria di processo lo spreco dovuto all'attesa, o più in generale la perdita di tempo, è ancor più pressante rispetto che nell'industria di prodotto. Poiché molte fabbriche di trasformazione hanno asset limitati, anche un'interruzione breve può portare a perdite di produzione che poi sono molto difficili da recuperare.

Nel modello tradizionale, sicuramente non lean, un modo per risolvere queste attese è l'introduzione di buffer interoperazionali, ovvero magazzini intermedi che permettono di disaccoppiare le attività. L'utilizzo di questi buffer permette di limitare l'effetto di due fenomeni: il blocking e lo starving (Calzavara²³, 2018). Nel primo caso se uno stadio a valle si ferma, comunque tutti quelli precedenti possono continuare a produrre ed i nuovi pezzi confluiranno nei magazzini intermedi. Nel secondo caso, se una fase a monte per qualsiasi motivo smettesse di operare, comunque tutte le fasi a valle possono continuare a lavorare prelevando dal buffer. L'utilizzo di questi buffer interoperazionali deve essere valutato di volta in volta, in quanto all'aumentare della capacità del buffer aumentano anche i corrispettivi costi di gestione, manutenzione e spazio. Riprendendo la mentalità lean, l'utilizzo del disaccoppiamento in generale ha anche un

²³ Calzavara M., 2018, Dispense del corso di Impianti meccanici, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

prezzo in termini di alte scorte ed allungamento dei tempi di lavorazione. Inoltre, nel caso lungo la linea di produzione si verificasse un problema, questo non è visibile immediatamente alle altre parti del sistema, essendo “coperto” dai buffer (Slack, Bandon-Jones, Johnston, Danese, Romano e Vinelli²⁴, 2013). L’approccio che propone la Lean per risolvere questo muda, è il just-in-time, tutto deve essere prodotto giusto in tempo, in modo che il flusso di materiali scorra senza attese e magazzini intermedi. In questo modo se in una fase ci dovesse essere un problema, tutte le altre fasi se ne accorgono immediatamente e la problematica non viene nascosta o, ancor peggio, portata avanti lungo il processo.

Fondamentale per arrivare ad una produzione just-in-time ed eliminare lo spreco di attesa, è il bilanciamento delle linee, ovvero ricollocare il lavoro in modo tale che il tempo di lavorazione ad ogni passaggio sia uguale e che ci sia bilanciamento fra il tempo che l’operatore ha a disposizione con l’operazione da svolgere. Altra soluzione proposta da Ohno è il cercare di automatizzare il più possibile l’impianto, in modo che le macchine stesse siano abbastanza intelligenti da controllare le anomalie.

2.2.3 SPRECO DI TRASPORTO

Nella concezione Lean ogni forma di trasporto, di movimentazioni di materiali e parti sono considerate come attività a non valore aggiunto e per questo devono essere assolutamente ridotte, se non eliminate. Le cause di questo muda sono comuni sia all’industria di prodotto che di trasformazione, solo che quest’ultima ne risente maggiormente. Infatti, la Lean propone come soluzioni l’avvicinamento dei macchinari, la creazione di celle di lavoro oppure l’utilizzo di sistemi di trasporto automatici come nastri e rulliere. Queste soluzioni sono troppo complesse e costose per poter essere applicate ad impianti di produzione continua, in quanto, come abbiamo già visto, i macchinari sono ingombranti e difficilmente

²⁴ Slack N., Brandon-Jones A., Johnston R., Betts A., Vinelli A., Romano P., Danese P., 2013, *Gestione Delle Operations E Dei Processi*, Pearson, Milano

spostabili a piacimento. La soluzione che si propone sarà quindi quella dell'utilizzo di celle virtuali, ne discuteremo nel capitolo 2.3.1.

Un altro aspetto da considerare, legato sempre allo spreco relativo al trasporto, è l'immagazzinamento dei semilavorati. Nell'industria di processo i SL possono essere molto voluminosi e pesanti, pensiamo per esempio a lamina d'acciaio o coil di materiale plastico, e quindi non sicuramente stoccati nelle zone adiacenti all'impianto produttivo. Infatti, nella maggior parte dei casi, questi vengono posizionati in magazzini che possono trovarsi distanti dagli spazi operativi.

2.2.4 SPRECO DI MOVIMENTO

Se lo spreco di trasporto fa riferimento allo spostamento di materiali, parti e prodotti, il muda di movimento è invece legato alle movimentazioni compiute dalle persone per svolgere i propri compiti. Gli impianti di trasformazione sono tipicamente molto estesi o molto lunghi, basti pensare ai processi chimici ed alle vasche di lavorazione che possono occupare migliaia di metri quadrati, oppure ai forni per la cottura della pasta lunghi fino a centinaia di metri. Gli operatori sprecano molto tempo camminando da un'estremità all'altra dell'impianto, nel caso che affronteremo, gli operatori possono arrivare al giorno a compiere fino a 20 km. Lo spreco di movimento, soprattutto nell'industria di processo, non è particolarmente oggetto di studio ed attenzione, e per questo viene molto spesso trascurato.

2.2.5 SPRECO DI GIACENZE-SCORTE

Uno degli obiettivi del Lean Thinking è quello di arrivare ad avere scorte pari a zero, o almeno il giusto per poter soddisfare immediatamente, o meglio just-in-time, le richieste del cliente. Le giacenze sono valore fermo, che non può essere sfruttato, richiedono spazio, personale ed attrezzatura dedicata. Oltretutto comportano anche numerosi costi, come il costo di immobilizzazione del capitale, che solitamente si aggira intorno al 3-7% del tasso medio di indebitamento di

un'azienda (Panizzolo²⁵, 2018). Possono rappresentare anche un costo opportunità, ovvero quel valore, quelle superfici, quelle persone potrebbero essere occupate in altro modo. Le scorte portano anche ad un alto rischio di obsolescenza, rischio di furti, di rotture e quindi la necessità di farsi carico di costi assicurativi. D'altro canto, è uno spreco avere una scorta talmente ridotta da non riuscire a fronteggiare un imprevisto. È necessario, quindi, trovare un giusto equilibrio. Nel mondo dell'industria di trasformazione, come prima cosa, dovremo domandarci quali sono le cause che portano ad un accumulo di scorte, sia che esse siano di materia prima, semilavorati o prodotti finiti. Andiamo quindi a trattare quali sono le 4 principali cause dello spreco di giacenze dei processi continui:

- Differenze di capacità: sincronizzazione della velocità.

A differenza dei macchinari che potremo trovare nell'industria di prodotto, macchine dedicate a processare un particolare prodotto o una famiglia di prodotti, questo è più difficile nell'industria di processo. Infatti, uno stesso impianto è progettato per gestire molteplici trasformazioni, con magari throughput, cycle time differenti, e si rende necessario l'utilizzo di magazzini intermedi per la gestione di questi eventi. Prendiamo l'esempio della produzione di cereali per la colazione, le operazioni di estrusione, taglio e cottura vengono eseguite a velocità diverse rispetto all'imballaggio, quindi i cereali dovranno essere stoccati in silos per aspettare che una macchina per il packaging si liberi.

- Protezione dei colli di bottiglia.

Come abbiamo già visto precedentemente, nel capitolo 2.1. nell'industria di trasformazione il vincolo principale non sono le persone, ma gli impianti, che rappresentano i colli di bottiglia. Se nei processi non continui per risolvere un collo di bottiglia molto spesso basta aumentare la manodopera, in questo caso aggiungere un macchinario è una soluzione fin troppo svantaggiosa in termini economici. Ecco che per cercare di ridurre l'influenza dell'impianto come collo di bottiglia, per mantenere un throughput più alto possibile, si tende ad aumentare il livello delle scorte.

²⁵ Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

- Dimensione delle campagne.
La lunghezza delle campagne è stato oggetto di discussione anche nello spreco di sovrapproduzione. Il fatto di portare avanti campagne molto estese naturalmente porta a generare numerosi semilavorati e WIP.
- Differenziazione dei prodotti inappropriata.
Abbiamo visto che i processi di trasformazione possono essere rappresentati come una V, in cui ad ogni step produttivo assistiamo ad una differenziazione di prodotto. Delle scelte sbagliate di differenziazione, guidate da pianificazioni della produzione di tipo push e non pull, portano ad un accumulo di semilavorati di cui al momento non vi è richiesta.

2.2.6 SPRECO DOVUTO AL PROCESSO STESSO²⁶

All'interno di questo muda troviamo tutti quei processi che aggiungono al prodotto più valore di quanto effettivamente richiesto dal cliente, come l'aggiunta di caratteristiche che al cliente non occorrono, questo capita soprattutto nel mondo consumer. La causa di questo spreco è dovuta al fatto che non ci sia stata un'efficiente analisi della VOC, la voice of customer, che permette di comprendere verso cosa il cliente o il mercato è interessato ed è disposto a pagare (Filippini e Biazzo²⁷, 2019). Lo spreco relativo al processo stesso raccoglie anche tutte quelle attività che devono essere effettuate per poter identificare difetti o prodotto che non corrispondono alle specifiche, quali, ispezioni, test, analisi di laboratorio. Ci sono anche quelle fasi che permettono, invece, di correggere tali difetti: rilavorazioni e rimescolamenti.

L'industria di processo risente in particolar modo delle due ultime classi di sprechi, infatti, in molti casi certe caratteristiche dei prodotti, come la densità, la tenacità e la viscosità, sono difficilmente misurabili e necessitano inevitabilmente di test o attività di verifica che ne accertino gli effettivi valori. Nel caso un materiale sia fuori standard questo può essere rilavorato, ma con tutti i costi

²⁶ <https://www.makeitlean.it/blog/lean-production-7-sprechi>

²⁷ Filippini R. e Biazzo S., 2019, *Dispense del corso di Gestione sviluppo prodotto*, anno accademico 2019/2020, Università di Padova

che ne consegue, così come lo smaltimento, che nella maggior parte dei casi è esternalizzato e quindi sono da considerarsi anche i costi di trasporto.

2.2.7 SPRECHI DI DIFETTI E PRODUZIONE DI PARTI DIFETTOSE

Possiamo riassumere lo spreco di difetti e rilavorazioni come “il non riuscito al primo colpo”. La differenza sostanziale tra produzione per assemblaggio e continua è che nella seconda i difetti possono essere transitori, possono presentarsi e sparire con le variazioni di temperatura, pressione, velocità, tensione ed altri parametri controllati in un processo. Questa variabilità dei difetti ne consegue che siano più difficili da individuare ed è necessario fare delle campionature di verifica più frequenti. Non è detto però che una volta riscontrato un difetto questo si manifesti nuovamente, può capitare che la stessa produzione successiva rientri nelle specifiche richieste. Inoltre, i risultati dei test richiedono a volte lunghi tempi d’attesa, e nell’arco di questo tempo la lavorazione potrebbe essere bloccata.

Sicuramente una ricerca che vada ad indagare attraverso la metodologia del DOE, Design of Experiments, può essere un primo step che permetterebbe di rintracciare le relazioni fra diversi fattori controllabili e non e i loro possibili effetti sul prodotto/processo.

2.2.8 SPRECO DI POTENZIALE UMANO

Molto spesso viene trascurato quello che per molti è definito come l’ottavo spreco, quello della creatività, dell’ingegno umano. Nelle maggior parte delle aziende, sia di prodotto, che di processo, i lavoratori vengono apprezzati e valutati esclusivamente per le loro abilità di completare le operazioni che vengono loro assegnate. Bisognerebbe andare oltre questa concezione e valorizzare ancor più quei individui che con le loro idee cercano di migliorare il proprio lavoro quotidiano e quello dei propri colleghi. Alla base della cultura Lean vi è il coinvolgimento delle persone, tutti i lavoratori dovrebbero essere inclusi nei progetti di miglioramento, in quanto sono loro i primi conoscitori dei processi, coloro

che negli anni hanno maturato un'esperienza tale da poter individuare facilmente gli sprechi ed altrettanti azioni migliorative.

Nella tabella 2.2 sono riportati in maniera schematica le cause dei 7 muda ponendo l'accento sulle differenze tra l'industria di prodotto e processo.

*Tabella 2.2 - Cause degli sprechi differenti tra industria di prodotto e processo
(King²⁸, 2017)*

CATEGORIA DI SPRECO	INDUSTRIA DI PRODOTTO	INDUSTRIA DI PROCESSO
Sovraproduzione	<ul style="list-style-type: none"> Misure di produttività inadeguate Esecuzioni lunghe dovute a lunghi set up Pianificazione basata sulle previsioni 	<ul style="list-style-type: none"> Mentalità dei grandi lotti Macchinari progettati ai fini dell'economia di scala Misure di produttività inadeguate Lunghe campagne dovute a cambi prodotto costosi Lunghe campagne dovute a processi poco capaci Pianificazione basata sulle previsioni
Attesa	<ul style="list-style-type: none"> Bilanciamento inadeguato della linea Ritardo nell'arrivo delle parti Scarsità temporanea di rifornimenti 	<ul style="list-style-type: none"> Necessità di risposta molto veloce ai problemi nei processi Molti problemi all'inizio ed al termine del lotto, ma pochi durante la produzione del lotto
Trasporto	<ul style="list-style-type: none"> Disposizione inadeguata della struttura della fabbrica 	<ul style="list-style-type: none"> Macchinari sparsi non posizionati vicini Grossi magazzini WIP collocati remotamente
Movimento	<ul style="list-style-type: none"> Disposizione inadeguata della struttura della fabbrica Progettazione inefficiente delle stazioni di lavoro 	<ul style="list-style-type: none"> Macchinari grossi distribuiti su vaste aree Stanze di controllo centralizzate posizionate remotamente

²⁸ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 53-54

	<ul style="list-style-type: none"> • Ricerca degli attrezzi 	<ul style="list-style-type: none"> • Ricerca degli attrezzi
Giacenze - scorte	<ul style="list-style-type: none"> • Sovrapproduzione • Buffer contro i difetti di produzione • Flusso delle parti non sincronizzate 	<ul style="list-style-type: none"> • Sovrapproduzione • Differenze di dimensione dei lotti di produzione • Differenze nelle velocità produttive degli impianti • Flusso dei materiali non sincronizzato • Campagne lunghe • Protezione dei colli di bottiglia • Buffer contro i problemi nei processi • Buffer contro la variabilità della domanda
Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Specifiche inutilmente stringenti • Requisiti troppo specifici • Produzione di materiali difettosi 	<ul style="list-style-type: none"> • Produzione di materiali difettosi • Test di materiali difettosi • Rilavorazione di materiali difettosi • Preparazione per il riciclaggio di materiali difettosi
Parti difettose	<ul style="list-style-type: none"> • Attrezzi logorati • Set up sbagliati • Specifiche incomplete • Mancanza di standard di lavorazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Irregolarità nelle materie prime • Processi estremamente sensibili • Parametri di processo difficili da controllare • Mancanza di standard di lavorazione
Potenziale umano	<ul style="list-style-type: none"> • Cultura del non coinvolgimento • Stereotipi sulle capacità dei lavoratori • Forza lavoro scettica 	

2.3 STRUMENTI LEAN APPLICATI ALL'INDUSTRIA DI PROCESSO

Lo stesso Taiichi Ohno, nel libro “Toyota Production System – Beyond Large Scale Production”, afferma: “A dire la verità anche in Toyota è molto difficile

inserirne i processi di pressatura, stampaggio delle resine, fusione e forgiatura in un flusso produttivo totale ottimizzato come i flussi nei processi di assemblaggio o di lavorazione a macchina” (Ohno²⁹, 1988) Da queste parole sembrerebbe che i processi tipici dell’industria di trasformazione siano difficili da snellire e rendere lean, in realtà molto spesso si tratta semplicemente di adattare uno strumento ad un contesto differente. In alcuni casi bastano delle piccole modifiche alle metodologie che la cultura Lean ci offre, in altri casi, invece, sono stati studiati degli strumenti ad hoc per l’industria di trasformazione. Andremo ora ad analizzare due metodologie che sono state pensate appositamente per i processi continui: le celle di produzione virtuali e la product wheel, una rivisitazione del classico Heijunka.

2.3.1 LA PRODUZIONE A CELLA NELL’INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE: LE CELLE VIRTUALI

Il tipico layout che si poteva trovare in un’azienda di assemblaggio, prima dell’avvento della Lean era un layout definito funzionale o di processo, in cui tutte le macchine simili, adibite ad una particolare lavorazione, sono raggruppate in dei reparti.

I vantaggi dall’utilizzo di una produzione per reparti è che si riesce a sfruttare la conoscenza e l’esperienza di personale altamente specializzato in quel determinato reparto. Dall’altro lato il materiale in lavorazione necessita di essere trasportato da un reparto all’altro, per ridurre le movimentazioni si aumenta la grandezza dei lotti produttivi, ma in questo modo i WIP tendono a crescere. In sintesi, è impossibile implementare un flusso scorrevole, privo di attese e sprechi (Calzavara³⁰, 2018).

Per superare queste difficoltà Toyota trasformò il tipico layout di processo in un layout a celle, che si pone in maniera intermedia fra i reparti e la produzione in

²⁹ Ohno T., 1988, *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon

³⁰ Calzavara M., 2018, *Dispense del corso di Impianti meccanici*, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

linea. All'interno delle celle, chiamate anche micro-fabbriche, viene processata una famiglia di prodotti. Con famiglia intendiamo un insieme di prodotti che presentano delle caratteristiche simili, come il ciclo tecnologico, la sequenza delle fasi produttive, i macchinari che servono per elaborarli. Per standardizzare la varietà e creare le famiglie di prodotto si utilizza la metodologia chiamata Group Technology, così definita dall' APICS Dictionary: "una filosofia di ingegneria e di produzione che identifica la similitudine fra parti e ne stabilisce la produzione efficiente. Garantisce un rapido recupero dei design esistenti e facilita il layout a celle" (Blackstone e Spencer³¹, 1992). Sono numerosissimi i vantaggi derivanti dall'applicazione di una produzione per celle, innanzitutto la possibilità di avere lotto produttivi più piccoli, fino ad arrivare al famoso one-piece-flow; la riduzione dei WIP, lead time più corti, possibilità di applicare sistemi di approvvigionamento di tipo pull, il fatto che un singolo operatore sia in grado di gestire più macchine contemporaneamente, minori spostamenti di materiali, un flusso più visibile e scorrevole, maggior controllo sulla qualità, ottimizzazione degli spazi ed infine, riduzione del numero e dei tempi di set up (Calzavara³², 2018).

Nonostante i numerosi vantaggi citati precedentemente, l'utilizzo delle celle di produzione non ha mai trovato spazio nell'industria di trasformazione. Questo è dovuto principalmente al fatto che le macchine utilizzate sono grandi ed ingombranti, con un peso che può arrivare anche a decine di tonnellate, quindi anche un semplice spostamento può essere fin troppo oneroso.

Come mostrato in figura 2.3, le configurazioni utilizzate negli impianti di processo sono tipicamente molto semplici, solitamente ci sono pochi passaggi di trasformazione che vengono eseguiti su macchinari molto simili tra di loro, disposti in parallelo, o comunque per reparto. Il materiale può essere quindi lavorato da una macchina qualsiasi dello stesso reparto.

³¹ Blackstone M. e Spencer J., 1992, *APICS Dictionary*, APICS

³² Calzavara M., 2018, *Dispense del corso di Impianti meccanici*, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

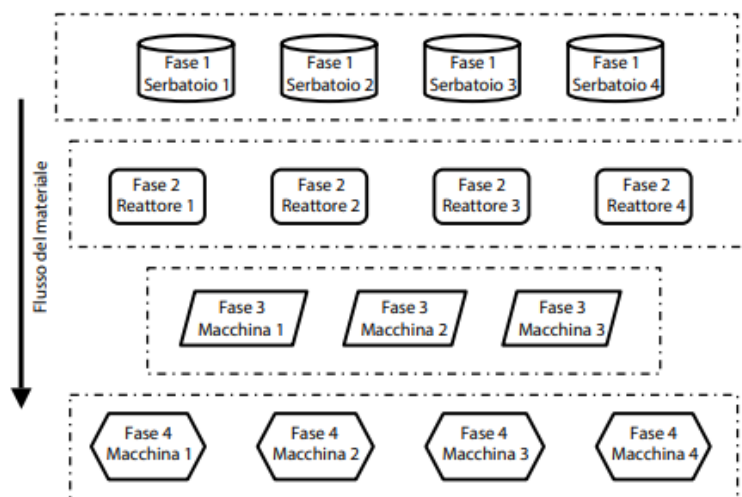


Figura 2.3 - Configurazione tipica degli impianti nell'industria di processo (King³³, 2017)

L'alta varietà di prodotti finiti tipica delle trasformazioni di processo porterebbe a pensare che utilizzare tante piccole macchine permetterebbe una maggior flessibilità di mix di produzione. In realtà sappiamo che questo tipo di impianti sono particolarmente costosi, e per sfruttare il più possibile le economie di scala, i vari serbatoi, vasche e macchine sono molto grandi, in modo da avere un throughput massimizzato.

Considerando un altro aspetto, il layout tipico dell'industria di trasformazione permette una grande flessibilità per quanto riguarda il flusso dei materiali. Infatti, essendo i macchinari per uno stesso reparto pressoché uguali, ed essendo in grado di lavorare ogni genere di semilavorato, se un lotto di materiale esce dalla prima fase ed una delle macchine della fase successiva è ferma, comunque ce ne sono altre tre a disposizione. Il risultato sono flussi di materiale simili a quelli riportati in figura 2.4.

Se da un lato questa configurazione permette di sfruttare una flessibilità intrinseca, dall'altro, come facilmente intuibile dall'immagine, ci troviamo a fare i conti con numerosi muda. Non sempre il flusso tra uno stadio e l'altro è fluido e sincronizzato, si possono generare molti WIP, il materiale prima di passare alla lavorazione successiva viene immagazzinato, con l'aumento del rischio di

³³ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 188

obsolescenza e deterioramento, andando quindi ad impattare anche sulla qualità del prodotto finito. In particolare, nella figura 2.4, pur rappresentando un processo abbastanza semplice con solo 4 fasi, ci sono ben 192 ($4 \times 4 \times 3 \times 4$) percorsi differenti, ovvero 192 modi diversi per aggiungere variabilità al processo. Gestire dei flussi così contorti diventa una sfida, così come analizzare le cause che potrebbero portare alle difettosità, viste le numerose variabili.

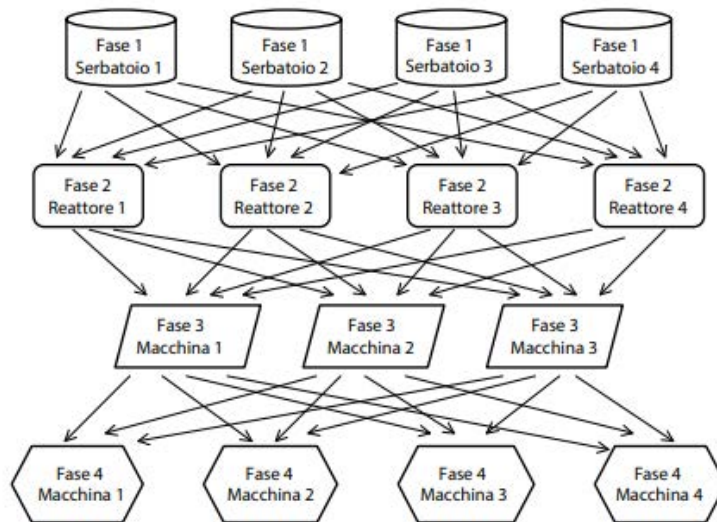


Figura 2.4 - Schema tipico del flusso dei materiali nell'industria di processo (King³⁴, 2017)

Fino ad ora abbiamo visto quali sono i benefici generali dati dall'utilizzo di una produzione a celle, i vincoli presenti nell'industria di trasformazione ed infine quella che è la configurazione funzionale classica presente e le relative problematiche. Come è possibile, quindi, l'implementazione di quelle che sono state definite come micro-fabbriche, nei processi continui? La risposta sono le celle di lavoro virtuali, che permettono di beneficiare dei vantaggi descritti all'inizio del capitolo senza per forza spostare fisicamente i macchinari. Per attuare questo non bisogna più pensare con la logica delle funzioni, ma con la logica del flusso. I passaggi da seguire sono molto simili a quelli dell'industria di assemblaggio, come primo step seguendo la metodologia della Group Technology, bisogna raggruppare sotto un'unica famiglia tutti quei materiali che richiedono delle condizioni di lavoro simili, poi si va ad identificare gli impianti necessari per la

³⁴ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 191

produzione di quella particolare famiglia. Ed è a questo punto che troviamo l'innovazione, infatti, non si creeranno celle di lavoro spostando le vasche ed i serbatoi, ma si costruiranno delle celle virtuali o logiche definendone gli schemi di flusso

accettabili.

Le figure 2.5 e 2.6 sottostanti sono due esempi di raggruppamento in celle di lavoro virtuali

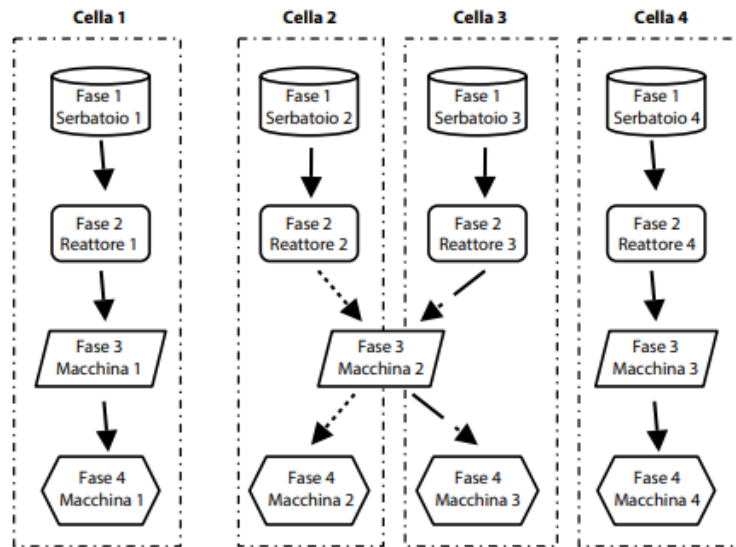


Figura 2.5 - Primo esempio di raggruppamento in celle di lavoro logiche (King³⁵, 2017)

Una cosa da sottolineare è che i macchinari che appartengono ad una stessa cella molto spesso possono trovarsi anche geograficamente distanti, all'interno dello stesso capannone. Uno dei motivi principali è che la maggior parte degli impianti di trasformazione sono molto vecchi e nel corso del tempo sono cresciuti, ma senza tener conto di una logica di flusso e spostamento dei materiali, semplicemente le macchine sono state posizionate dove c'era posto. Man mano che gli stabilimenti evolvono, la configurazione degli impianti diventa sempre più sparsa ed illogica. Tutto questo per spiegare che le linee di flusso illustrate nelle figure 2.5 e 2.6 sembrano molto semplici e lineari su carta, ma nella realtà gli schemi risultano molto meno ovvi.

³⁵ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 193

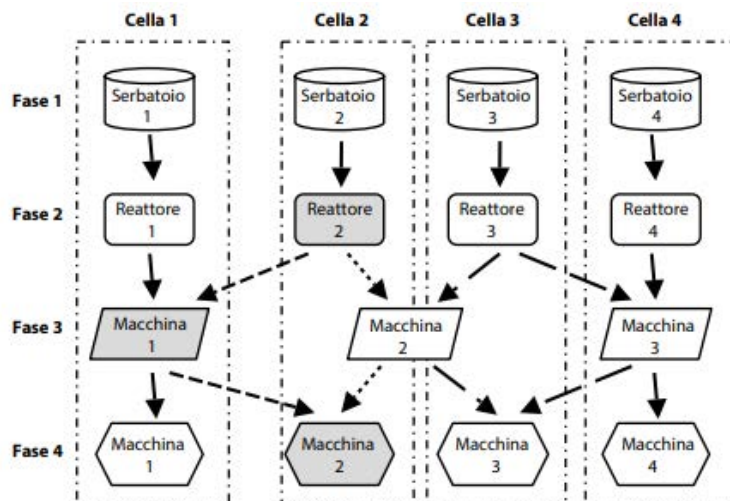


Figura 2.6 - Secondo esempio di raggruppamento in celle di lavoro logiche (King³⁶, 2017)

Nella figura 2.5 vediamo come, molto spesso, a causa del numero dei macchinari, non è possibile dedicare esclusivamente ad ogni cella di lavoro un macchinario che permetta di completare l'intero flusso, è necessario scendere a dei compromessi. Come possiamo vedere in figura 2.5, la Macchina 2 della Fase 3 è in condivisione tra la Cella 2 e la Cella 3. Se questa macchina non dovesse riuscire a soddisfare la capacità richiesta da entrambe le celle, una soluzione alternativa potrebbe essere quella illustrata in figura 2.6, in cui una parte della produzione della Cella 2 confluisce in Fase 3 nella Cella 1, così come una porzione del materiale della Cella 3 confluisce nella Cella 4, per poi in Fase 4 entrambi ritornare alle loro celle originali.

Se nella configurazione tradizionale per funzione avevamo 192 possibili percorsi di flusso di materiale, con l'introduzione delle celle virtuali i flussi di materiali sono diminuiti a 4, nel caso della figura 2.5, ed a 6 nel caso della figura 2.6, con una conseguente riduzione nella variabilità di produzione.

2.3.2 PRODUCT WHEEL: PIANIFICAZIONE, SEQUENZIAMENTO E LIVELLAMENTO DELLA PRODUZIONE

³⁶ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 194

Uno dei principi fondamentali del Lean Thinking è far sì che il flusso che genera valore per il cliente scorra in maniera continua, ad una velocità costante senza attese e sovrapproduzione. Lo strumento proposto dalla Lean per rendere continuo il flusso produttivo è Heijunka. In “The Toyota Way” si afferma che:” *L’Heijunka è il livellamento della produzione, sia in termini di volume che di product mix. Non si costruiscono i prodotti in base all’afflusso effettivo degli ordini dei clienti, che può oscillare molto, ma si prende il volume degli ordini di un periodo e lo si ripartisce in modo che ogni giorno si produca la stessa quantità e lo stesso mix*” (Liker³⁷, 2003). Per quanto riguarda il livellamento del mix di produzione la tecnica utilizzata è la pianificazione mixed-model, prendiamo l’esempio riportato in figura 2.7. Se abbiamo una produzione che è costituita al 60% dal pezzo A, 20% da B e 20% da C, la sequenza di produzione suggerita da questa metodologia prevede che il ritmo di produzione sia di due pezzi di A, seguiti da un B, ancora un A ed infine un pezzo di C, sequenza che poi deve essere ripetuta.

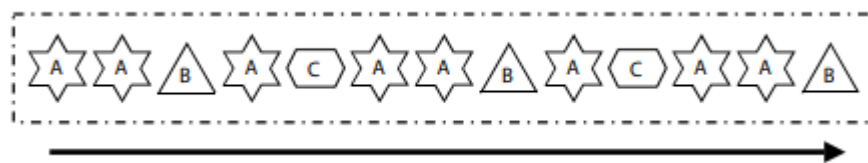


Figura 2.7 - Sequenza di produzione mixed-model (King³⁸, 2017)

Invece, per quanto riguarda il livellamento in termini di volumi di produzione, lo strumento utilizzato è Heijunka Box, studiamone il funzionamento. Nel momento in cui si riceve un ordine di produzione del pezzo A, in corrispondenza della riga “Prodotto A” vengono inserite quante schede quanti pezzi di A sono richiesti, lo stesso per gli altri prodotti. La programmazione delle schede, e quindi l’inserimento in una determinata colonna, dipendono dal mixed-model che è stato definito precedentemente. Le schede vengono tolte dalla scatola all’ora indicata, questa azione dà l’inizio alla produzione di quel particolare pezzo. L’obiettivo del livellamento di volume viene raggiunto grazie alla struttura temporale delle colonne con le indicazioni di ore, come illustrato in figura

³⁷ Liker J, 2003, *The Toyota way*, HOEPLI

³⁸ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 211

2.8, ma l'indicazione temporale può essere anche di giorni o settimane, a seconda del tipo di processo. Mentre lo scopo di livellamento di mix è dato dalle righe del box.

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Prodotto A									
Prodotto B									
Prodotto C									
Prodotto D									
Prodotto E									
Prodotto F									
Prodotto G									
Prodotto H									
Prodotto I									
Prodotto J									
Prodotto K									
Prodotto L									

Figura 2.8 - Heijunka Box (King³⁹, 2017)

I benefici derivanti dall'utilizzo delle tecniche di livellamento sono molto vari, innanzitutto il fatto che si riesca a seguire costantemente la domanda media dei clienti, la produzione non è più push, ma pull, tirata effettivamente dalle esigenze di mercato, infatti si realizza un determinato pezzo solo se c'è la card all'interno del box. Inoltre, si assiste ad una forte riduzione sia dei WIP che dei livelli di scorte, questa grazie ad una pianificazione e produzione mixed model.

Se nell'industria di assemblaggio può essere semplice l'applicazione delle metodologie Heijunka, non si può dire lo stesso per l'industria di trasformazione. Infatti, quest'ultima deve fronteggiare una variazione della domanda che si spalma su un orizzonte temporale molto lungo, anche di un intero anno, ed è difficile riuscire a livellare la produzione e contemporaneamente far fronte alle fluttuazioni della domanda. Inoltre, l'industria di prodotto, per mantenere il livellamento, può utilizzare l'arma degli straordinari, nel caso si verificano picchi della domanda, invece gli stabilimenti di processo nella maggior parte dei casi sono già attivi 24 ore su 24, 365 giorni l'anno. Ulteriore considerazione da fare è il fatto che difficilmente si può applicare una produzione mixed-model così spinta nei processi di trasformazione, in molti casi un set up può durare anche

³⁹ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 211

diverse ore, e abbiamo già visto come in questi casi si preferiscano campagne più lunghe.

La soluzione che viene proposta per l'industria di processo prende il nome di Product Wheel e si pone lo scopo non solo di riuscire ad effettuare un livellamento di volume e mix di produzione, rispettando i limiti contingenti, ma anche di proporre una sequenza ottimale di produzione in modo da ridurre i tempi di cambio prodotto. Un ciclo della wheel rappresenta il periodo temporale nel quale viene prodotta la quantità mixed-model di ogni prodotto (King e King⁴⁰, 2013).

La figura 2.9 mostra un esempio di product Wheel, la ruota è divisa in undici settori, ogni settore rappresenta il takt time in cui viene realizzato quel particolare prodotto. La Lean ci dice che bisogna progettare la ruota in modo da avere un cycle time più corto possibile. Sempre comparando questo strumento con il più classico Heijunka box, un singolo ciclo della ruota può essere associato ad una colonna della scatola.

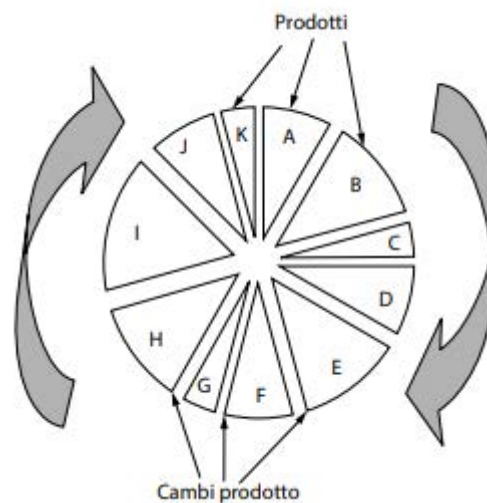


Figura 2.9 - Esempio di Product Wheel (King⁴¹, 2017)

Per comprendere al meglio come la Product Wheel funzioni osserviamo quali sono i principali step da seguire per l'implementazione:

⁴⁰ King P. e King J., 2013, *The product wheel handbook*, CRC Press, Taylor & Francis Group

⁴¹ King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, pp. 214

- Determinare quali fasi di un processo dovrebbero essere pianificate con una Product Wheel: in generale possiamo dire che tutte quelle fasi che hanno alti tempi o perdite dovuti ai cambi prodotto sono ottimi candidati per la Product Wheel.
- Analisi della variabilità nella domanda di prodotto: si tratta di un passaggio preliminare in cui bisogna studiare la domanda e la variabilità della domanda per ogni singolo prodotto. Questo per comprendere se è meglio produrre seguendo il Make-To-Order, tipicamente usato per quei materiali con bassa domanda e alta variabilità, oppure, optare per il Make-To-Stock, nel caso si abbiano pezzi ad alta domanda e bassa variabilità.
- Determinare la sequenza ottimale di produzione: per arrivare ad una sequenza ottimale, che quindi permetta di velocizzare tutti i cambi prodotti, si può pensare di raggruppare i pezzi per tipo di materiale, poi all'interno di ogni gruppo per tipo di grammatura ed infine per larghezza. In questo modo stabiliamo la successione dei prodotti sulla ruota.
- Calcolare il wheel time più corto possibile: nella metodologia della Product Wheel, il wheel time corrisponde al cycle time. Naturalmente per arrivare ad un risultato soddisfacente è necessario raggiungere un trade off tra la sequenza di produzione ottimale e il cycle time corrispettivo, questo può essere fatto solo attraverso diversi esperimenti.
- Creare una rappresentazione visual: fondamentale l'uso di strumenti di pianificazione visivi, in modo che siano facilmente intuibili da tutti, ma che soprattutto, come L'Heijunka box, mostrino costantemente il ciclo immediatamente successivo, quali prodotti sono in esecuzione nel ciclo corrente, in che ordine ed in che quantità.

Capitolo 3

LE AZIENDE COINVOLTE

In questo capitolo sono presentate le due aziende protagoniste del progetto di tesi. AzzurroDigitale, società padovana di consulenza informatica, in cui ho svolto il mio tirocinio, ed P3 Srl, azienda operante nel settore dei sistemi di distribuzione centralizzata dell'aria, anch'essa con sede in provincia di Padova.

3.1 AZZURRODIGITALE

AzzurroDigitale (AD) figura 3.1, con sede a Padova, nasce nel 2015 dalla mente di tre giovani padovani: Antonio Fornari, Carlo Pasqualetto e Jacopo Pertile. Si presenta come una società di consulenza strategica digitale rivolta alle piccole-medie imprese del territorio veneto⁴².



Figura 3.1 – Logo AzzurroDigitale

⁴² <https://www.azzurrodigitale.com/>

3.1.1 PROFILO DELL'AZIENDA

I tre fondatori si conoscevano fin da giovani, giocavano nella stessa squadra di calcio della città, poi ognuno ha avuto un percorso di carriera differente, chi nella finanza, chi nella strategia e chi nello sviluppo software. Anni dopo si sono ritrovati tutti e tre con la volontà di creare qualcosa di proprio nell'ambito della digital transformation. Per i primi tre anni, a partire dal 2015, si sono dedicati alla pura exploration, alla ricerca di quella nicchia di mercato nel quale collocarsi.

Dopo i primi tentativi di sviluppo di piccole soluzioni software per attività B2C, il 2017 è stato l'anno della svolta. AzzurroDigitale diventa fornitore ufficiale di Electrolux Italia, con lo scopo di digitalizzare del workforce management negli stabilimenti produttivi. Viene quindi sviluppata una piattaforma custom per digitalizzare il processo di gestione e pianificazione degli operatori nelle fabbriche. Grazie a questo progetto con Electrolux, AzzurroDigitale entra in contatto con il mondo delle fabbriche e dell'industria manifatturiera, un mondo molto avanzato dal punto di vista dell'automazione, ma ancora analogico, soprattutto per quei processi a supporto della produzione, a zero dal punto di vista della digitalizzazione. AD ha deciso quindi di focalizzarsi nel settore industriale, manifatturiero e nei processi legati alle operations. Altro cliente importante che ha segnato la storia di AzzurroDigitale è stato Safilo, acquisito nel 2019.

La prima espansione all'estero è stata nel 2016 con il tentativo fallimentare di apertura di un centro di sviluppo in Albania, a Tirana. Fallimentare, in quanto delocalizzare un processo di cui non si ha ancora una piena padronanza è stato troppo difficile; non vi era ancora l'esperienza necessaria. Il primo vero progetto internazionale, nel 2018, è stato quando AzzurroDigitale ha portato la digitalizzazione in una fabbrica polacca di Electrolux a Zarow.

Negli anni AzzurroDigitale si è evoluta ed ha trovato una propria identità. Oggi conta più di 30 dipendenti, con i più svariati background, da Ingegneria gestionale, a Data science, passando per economia e marketing. Oggi l'obiettivo di AzzurroDigitale è quello di posizionarsi fra i big della consulenza digitale, offrendo ai propri clienti, italiani e non, la possibilità di addentrarsi nel percorso

della digital transformation. Le prospettive future sono quelle di passare da un'organizzazione emozionale, basata sull'entusiasmo dei founders, ad un'organizzazione manageriale, basata sul talento delle persone che vi partecipano e con una struttura interna ben definita e solida. La sfida, ora, è saper crescere in maniera sana.

AzzurroDigitale si divide in due business units, AzzurroDigitale Digital Trasformation ed AzzurroDigitale Machina Integration, nata nel giugno del 2020, specializzata in tecnologie IoT ed in sviluppo di soluzioni per l'integrazione dei dati in cloud dalle macchine di produzione. Quest'ultima è stata una vera e propria necessità; molto spesso le conoscenze di sviluppo e di consulenza si dovevano fermare di fronte alla difficoltà di estrapolare i dati dal mondo reale. AD Machine Integration può essere definita come un'operazione di internalizzazione di conoscenze di machine learning e industrial IoT.

Il mercato a cui AzzurroDigitale si rivolge, come detto precedentemente, è quello della manifattura, visto anche come un oceano blu (Chan Kim, Mauborgne⁴³, 2005). All'interno del settore manifatturiero le aree di applicazione delle soluzioni di AD sono strettamente riconducibili alle operations ed ancor più generalmente a tutta la supply chain: logistica inbound e outbound, produzione, demand, purchasing. Invece sono escluse le aree di marketing, comunicazione, vendite, finance e amministrazione.

3.1.2 VISION, MISSION E STRATEGIA

La vision di AzzurroDigitale è quella di diventare pivot, perno, punto di riferimento per il mondo industriale e manifatturiero per la digitalizzazione delle operations e del business in modalità nuove. Mettere a disposizione la tecnologia in quei processi che ad oggi sono tipicamente human based, e permettere che questa

⁴³ Chan Kim W., Mauborgne R., 2005, *Blue ocean strategy*, Harvard Business Review, Boston

Oceano blu viene definito come quella fetta di mercato ancora non esplorata, essendoci pochi concorrenti, in cui è "facile" innovare. Si contrappone all'oceano rosso, quella porzione guidata dalle logiche tradizionali, in cui le aziende si "mangiano" per acquisire quote di market.

tecnologia sia appresa ed applicata nella maniera più facile possibile. La mission, invece, è quella di cercare di unire mindset, method and tools. L'output finale è la release di uno strumento che permette di eseguire un'attività al meglio, in minor tempo. Secondo Carlo Pasqualetto, CEO di AzzurroDigitale, la digitalizzazione è *“Eradicate people from processes, transform executors into designer”* (Iasinti, Lakhani⁴⁴, 2020). Tutto questo non ha il fine di “eliminare” risorse, ma anzi, di permettere a queste di investire il proprio tempo in attività che sono a più valore aggiunto, di lavorare in maniera più efficace, efficiente e significativa. I tools tecnologici non possono dare nessun beneficio se non vi è una metodologia con cui mettere a terra i progetti. Alle fondamenta della metodologia è necessario un mindset che permetta di imporre un cambio culturale nell'azienda cliente.

La strategia del MIC-MIR (figura 3.2), sviluppata internamente ad AzzurroDigitale, definisce due step di implementazione della metodologia promossa. Il primo, MIC, Male-it-Clear, ripercorre l'approccio del Design Thinking, in cui si cerca di empatizzare con il cliente, si individuano quelli che possono essere i pain points, si osservano i bisogni, si analizza il processo AS-IS, si disegna a più mani il TO BE, che potrebbe essere anche molto ambizioso; si individuano i gap fra il processo AS-IS ed il TO BE, ed in particolare i progetti digitali che possono colmare questo divario. Il MIC termina sempre con un'analisi costi-benefici delle azioni migliorative che si vogliono andare ad implementare. Poi nel secondo ed ultimo step, quello del MIR, Make-it-Real, si mettono a terra i progetti precedentemente presentati. Naturalmente le attività di improvements possono essere spalmate su diversi anni, ad un unico MIC, possono corrispondere più MIR in cui si portano avanti i singoli progetti.

Un fattore di forza di AzzurroDigitale è la grande interazione fra in mondo consulenziale e la parte di implementazione e sviluppo, vi sono figure di consulenza con grandi capacità anche nel service design, in grado sia di comprendere i

⁴⁴ Iasinti M. e Lakhani K., 2020, *Competing in the age of AI*, Harvard Business Review, Boston

bisogni e le difficoltà dei clienti e sia di sviluppare un primo livello con cui l'utente può interagire con la soluzione proposta.

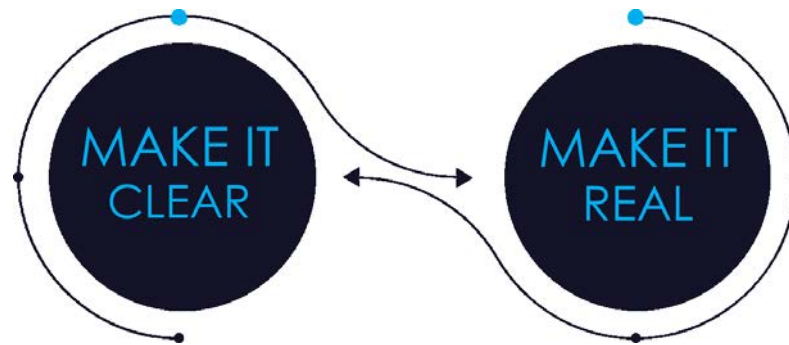


Figura 3.2 – Strategia del MIC-MIR ⁴⁵

3.2 P3 SRL



Figura 3.3 – Logo P3 Srl

3.2.1 PROFILO DELL'AZIENDA

P3 è un'azienda made in Italy (figura 3.3), considerata come una dei principali player nel settore dei sistemi di distribuzione centralizzata dell'aria attraverso i canali preisolati. Ha sede principale a Ronchi di Villafranca (PD) in cui sono in funzione due linee di produzione in continuo in grado di assicurare una capacità produttiva di oltre 7 milioni di metri quadrati di pannello all'anno. I pannelli così realizzati sono stoccati in un magazzino coperto di oltre 6.000 mq. La sede

⁴⁵ <https://www.azzurrodigitale.com/>

centrale, inoltre, si sviluppa su ulteriori 6.000 mq coperti e oltre 15.000 mq scoperti⁴⁶.

La vision promossa da P3 Italy è quella di permettere una distribuzione dell'aria nella maniera più efficace ed efficiente possibile, invece, la mission è riuscire a raggiungere una modalità con cui la vision sia facilmente erogabile ed usufruibile a tutti gli utenti e diffondere la tecnologia P3 in modo da assicurare importanti vantaggi tecnici, costruttivi ed economici.

P3 nasce tra la fine del 1989 e gli inizi degli anni 90, già nel 1991 introduce le prime macchine automatiche per la costruzione dei canali. È stata il primo produttore di pannelli esclusivamente dedicati alla costruzione di canali preisolati per la distribuzione dell'aria. Tradizionalmente venivano realizzati da produttori che facevano anche altri tipi di prodotti, dedicati soprattutto all'isolamento edile. L'innovazione di P3 è stata quella di passare far passare il concetto di canale preisolato da una produzione artigianale, di piccoli installatori, un sistema quasi hobbistico, ad una produzione industrializzata su larga scala. Infatti il fondatore di P3, nato come canalista tradizionale, ha saputo adattare le condotte preisolate, utilizzate tipicamente in piccole contesti, ed applicarle ad impianti centralizzati dell'aria di grandi dimensioni.

Una data fondamentale nella storia di P3 è stata l'anno 2000, anno in cui l'azienda ha depositato il brevetto per espansione ad acqua del poliuretano. Nasce così la soluzione Hydrotec, grazie alla quale P3 è riuscita a distaccarsi notevolmente dai propri competitors che utilizzano sistemi meno innovativi e con più impatto sociale ed ambientale.

Già dalla prima metà degli anni 90' P3 incominciata l'espansione nel mercato estero con la vendita delle proprie soluzioni. Nel 2001 nasce la prima joint venture in Venezuela, nel 2003 quella a Dubai e nel 2005 in Cina, solamente le prime due di carattere produttivo. Ad oggi P3 ha venduto le proprie partecipazioni, nel caso particolare del Venezuela è stata concessa la licenza di produzione, quindi i prodotti presentano ancora il marchio P3.

⁴⁶ <https://www.p3italy.it/azienda/organizzazione/>

Ad oggi il mercato servito da P3 è globale, esteso su più di 100 paesi, con la particolare attenzione al mercato italiano ed europeo. In figura 3.4 uno snapshot della presenza nel suolo italiano di P3, l'azienda ha il proprio l'headquarter in provincia di Padova e quattro depositi tra il centro e il sud Italia. In figura 3.5 una rappresentazione, invece, della presenza a livello globale, da notare che è rimasta, almeno formalmente, la joint venture in Venezuela⁴⁷.



Figura 3.4 – La presenza in Italia di P3



Figura 3.5 – La presenza globale di P3

P3 non fornisce ai propri clienti esclusivamente dei pannelli, questo rappresenta solo il prodotto principale di un intero sistema per la realizzazione di canali

⁴⁷ <https://www.p3italy.it/p3-nel-mondo/>

preisolati, composto da una serie di elementi ed attrezzature che permettono la costruzione del canale e la realizzazione di reti di distribuzione dell'aria.

Una dei grandi punti di forza di P3 è certamente la Ricerca&Sviluppo, che viene portata avanti anche con importanti collaborazioni con centri di ricerca ed università, sia nell'ambito chimico, di prodotto, meccanico e gestionale. Rimanendo nell'R&D, la grande novità lanciata nel mercato da P3 recentemente è stata l'introduzione del trattamento autopulente ed antibatterico dei canali preisolati, la messa a punto di un coatig nanometrico, che fa in modo che le particelle solide non rimangano depositate sulla superficie, e la loro rimozione avviene con il semplice flusso dell'aria durante la messa a punto dell'impianto, rendendo così più efficace il trattamento antimicrobico sottostante, aumentandone così la salubrità.

Le prospettive future di P3 sono molto ambiziose e rivolte in particolare alla digitalizzazione e all'industry 4.0, non solo a livello di produzione, ma in tutto il sistema P3. Questa sfida nasce con lo scopo di rinforzare il servizio che l'azienda vuole fornire ai propri clienti. Infatti, se i concorrenti di P3 puntano ad un prodotto più economico, avendo anche a disposizione maggiori volumi di acquisto di MP, P3 ha da sempre puntato sulla qualità dei pannelli e sull'intero servizio e sistema che viene venduto. L'obiettivo è quello di arrivare ad un sistema di software sempre più integrati che consentano ai diversi utenti, ovvero chi costruisce i canali, chi li progetta ed installa, di dialogare tra di loro, in modo che, ad esempio, i dati utilizzati dal progettista siano compatibili con le impostazioni di taglio della macchina per la costruzione dei canali. Sempre tramite questi software integrati l'impiantista sarebbe in grado di ordinare i canali o i prodotti tramite app, in maniera automatica.

3.2.2 PRODOTTI ED APPLICAZIONI

Possiamo distinguere la produzione di P3 in due grandi famiglie di prodotti, le due differiscono per la diversa applicazione del PF. In particolare:

- Pannelli con rivestimenti in alluminio, con spessori di 12, 20, 30 mm (lo spessore considerato è solamente quello del poliuretano). Questo tipo di prodotti escono come PF dal processo a ciclo continuo e vengono venduti al cliente al m², in pannelli dalla lunghezza che varia dai 2 ai 4 m. Il rivestimento d'alluminio può essere liscio, goffrato, di differenti spessori e colori. Può essere stato precedentemente trattato dal fornitore in modo da garantirne particolari caratteristiche, come ad esempio, il trattamento antimicrobico, per quei casi applicativi come gli ospedali in cui bisogna garantire delle condizioni di perfetta pulizia. L'applicazione principale di questi pannelli è la costruzione di canali per il trasporto dell'aria per ambienti industriali, civili e commerciali, in cui vi è una densità di popolazione importante come ad esempio nei centri commerciali, ospedali, sale congressi etc. Il cliente riceve anche tutta l'attrezzatura adeguata per la costruzione dei canali d'aria, come per esempio il nastro anch'esso antibatterico per fare le pieghe dei canali di ventilazione.
- Pannelli con rivestimenti in carta, con spessori di 30, 35, 50, 55 mm (lo spessore considerato è solamente quello del poliuretano). Questi prodotti, come i precedenti, sono sottoposti al processo a ciclo continuo, ma non sono completi, infatti il loro percorso termina dopo una serie di altre operazioni che hanno lo scopo di conferire ai pannelli una serie di caratteristiche richieste dal cliente. Questi pannelli trovano applicazione nella realizzazione di particolari strutture, che possono essere macchine UTA, (unità per il trattamento dell'aria), per il riscaldamento e rinfrescamento di ambienti, oppure, altri apparecchi che necessitano di una pannellatura di protezione/contenimento.

Indipendentemente dal fatto di produrre pannelli con rivestimento in carta o alluminio, per ogni spessore ci sono due tipologie di ricette, quella con componenti vergini e quella con componenti riciclati, per un totale di 12 ricette per spessore. Per normativa P3 è obbligata ad avere una parte della produzione di componenti riciclati, derivanti dalla produzione o scarti rigenerati.

3.2.3 PRODUZIONE E REPARTI

Reparto DUCTAL

La produzione nel processo di ciclo continuo è misurata in m^2 , ed è normalmente Make-to-Stock, su previsione, senza l'effettiva richiesta da parte del cliente.

Il reparto DUCTAL (figura 3.6), di produzione continua, si può distinguere principalmente in tre aree: la sala mescole (in verde), il magazzino dedicato alle bobine di rivestimento, sia che esso sia alluminio, sia che sia carta (in arancione) e la linea di produzione stessa (in viola). La linea rossa definisce la direzione di flusso.

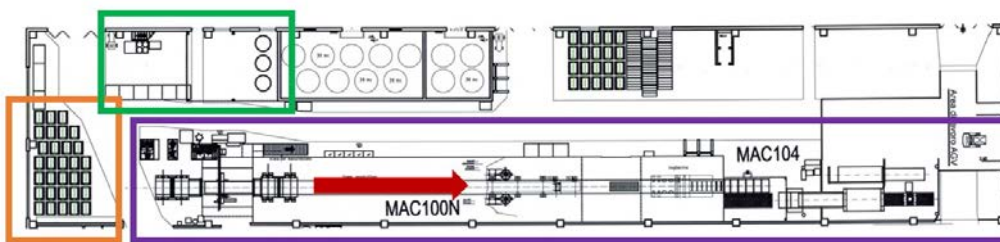


Figura 3.6 – Layout reparto DUCTAL

La linea a ciclo continuo si sviluppa interamente su una campata, per un totale di circa 80 m e comprende una zona di svolgitura dove si caricano le bobine inferiori. Una seconda zona in cui è posizionato il tavolo di colata e dove si dosa con una testa oscillante la ricetta di poliuretano. Il materiale, allo stato liquido, viene depositato direttamente sull'alluminio inferiore in movimento. Mentre, il secondo punto di svolgimento delle bobine di alluminio/carte superiore è posizionato immediatamente dopo l'ugello di dosaggio del formulato. Il rivestimento superiore ha anche la funzione di bloccare la maturazione superiore della schiuma di poliuretano, che altrimenti tenderebbe a crescere. Infatti, a causa di una reazione esotermica, i componenti, tra cui poliolo, isocianato ed acqua, lasciati nelle condizioni naturali tenderebbero ad espandersi.

È poi il passaggio del materiale nel laminatoio (figura 3.7) che definisce lo spessore del pannello finale. Il laminatoio è un caterpillar, formato da due cinghie costituite da tapparelle incernierate tra di loro. Quindi, la distanza fra le tapparelle inferiori e superiori determina lo spessore finale del pannello. Come detto precedentemente, la schiuma tenderebbe ad espandersi, ma viene limitata dallo

strato superiore di alluminio che si appoggia alle tapparelle del doppio nastro nella macchina di laminazione, inoltre una serie di pistoni idraulici esercitano una pressione sul laminatoio e a sua volta sul materiale che scorre in continuum. Però, lo spessore definito tra le due cinghie non corrisponde allo spessore del prodotto finito, in quanto si deve considerare che il poliuretano continua a reagire anche in seguito alla laminazione, per un certo residuo di tempo, anche quando il pannello è a magazzino.

Il pannello passa poi ad una sezione di taglio in cui vengono fatte delle operazioni di rifilatura, per definire la larghezza del pannello e smussatura per togliere le eventuali bave di prodotto lateralmente. Successivamente vi è una seconda sezione di taglio al volo, la lunghezza di taglio può variare da 2 a 4 m. L'operazione viene chiamata taglio al volo, in quanto la lama accompagna il percorso del pannello, dopo aver effettuato il ciclo di taglio si ferma e ritorna alla posizione 0 iniziale, in altre parole la lama aggancia la velocità del pannello e lo segue fino a taglio effettuato. A seconda dello spessore del pannello la velocità con cui questo scorre può variare dai 20 ai 25 m/s.

Successivamente vi è un controllo della qualità del prodotto in maniera visiva (figura 3.8). Vi è un operatore che prende i pannelli uno ad uno li capovolge e verifica che non ci siano difetti, facendo una verifica ottica della superficie sia sopra che sotto. I pannelli ritenuti buoni vengono impilati fino a formare una pila di altezza pari a circa 200 mm. Nel momento in cui il pacco è completo viene premuto un pulsante che permette lo scorrimento di questo in una linea adibita all'imballaggio (figura 3.8). Invece i pannelli scartati vengono posizionati alle spalle dell'operatore, su dei bancali. I pannelli che presentano difetti possono a loro volta essere classificati in seconda scelta, e quindi vendibili ugualmente a diverse condizioni, oppure di terza scelta, destinati ad essere dei pannelli martiri.

Attraverso un nastro trasportatore (figura 3.9) i pacchi sono ricoperti da nylon termoretraibile, pluriball, per evitare danni durante il trasporto. Per permettere di far aderire il nylon al pannello e realizzare di fatto il packaging finale, il pacco viene fatto passare all'interno di un forno che ha una temperatura di 160°. Uno scaricatore aereo preleva dal nastro trasportatore il pacco di pannelli e li

posiziona su un bancale adibito a baia di scarico (figura 3.10). Una volta realizzata una pila di 10 pacchi, circa 2 m di altezza, il pallet è saturo. Nel mentre un carrello AGV si posiziona davanti alla zona di scarico, quando il pallet è pronto, l'AGV lo preleva e lo posiziona su una catenaria sopraelevata che lo trasporta direttamente al magazzino di PF, dove verrà scaricato con dei carrelli manuali dagli operatori.



Figura 3.7 – Laminatoio



Figura 3.8 – Area controllo qualità



Figura 3.9 – Nastro trasportatore



Figura 3.10 – Manipolatore e baia di scarico

I pannelli di 30 mm con rivestimenti in alluminio, anche post laminazione sono soggetti alla coda della reazione esotermica di generazione del calore in maniera importante. Quindi se questi pannelli dovessero essere impacchettati subito dopo la laminazione ed il taglio, l'eccessivo calore rimarrebbe intrappolato, andando a comprometterne la maturazione ed andando a creare dei solchi sul rivestimento e lungo il pannello, che potrebbe essere declassato a scarto. Si è deciso quindi di

mettere da parte la produzione da 30 mm con rivestimento in alluminio per 1/2 giorni in un capannone di fianco a quello di produzione. E quindi solo successivamente questi pannelli vengono impacchettati, magari durante tempi “morti”, come l’avvio dell’impianto.

Materie prime

Una parte del reparto DUCTAL è dedicata alla sala mescole (figura 3.11), in cui sono posizionati i diversi materiali chimici, tra cui polioli, isocianati, additivi e catalizzatori. Additivi e catalizzatori sono disposti in dei fusti da 1200kg in una zona vicina alla linea in continuo. Attraverso una bilancia carrellata vengono prelevati singolarmente, seguendo una delle 12 ricette. Invece, i polioli ed isocianati sono stoccati in dei silos esterni.

Per la miscela si utilizzano 3 serbatoi (figura 3.12). Quello centrale, che accoglie i materiali chimici quali polioli ed isocianati, utilizza un sistema di valvole pneumatiche che aprendosi e chiudendosi permettono ingresso del materiale, a seconda della ricetta e del peso misurato. Se la miscela rimane ferma per più giorni, come ad esempio il weekend, i materiali tendono a decantare sul fondo, per questo tutti e tre i serbatoi sono dotati di un agitatore interno. Una volta raggiunta la qualità di miscelazione ideale, il tutto viene trasferito dal serbatoio 2 al serbatoio 1, quello che manda il materiale direttamente alla testa della macchina. Questo passaggio fra i due serbatoi è fondamentale in quanto la miscela non può essere realizzata in quello che alimenta direttamente l’impianto, sennò si potrebbe creare della schiuma interna, creando dei vuoti che manderebbero in cavitazione le pompe. Inoltre, sono necessari due serbatoi per garantire un processo continuo, in cui il serbatoio 2 rifornisce continuamente il primo. In questo modo è possibile dosare una nuova miscela nel serbatoio due, mentre il primo alimenta il processo produttivo. Il terzo serbatoio è di scorta, accoglie quella miscela che magari è in avanzo, quando l’impianto è down a causa di guasti, e che quindi potrebbe servire il giorno dopo per realizzare quella produzione che non si è riusciti a finire. Per quanto riguarda gli additivi ed i catalizzatori che vengono misurati dalla bilancia carrellata e dosati in un fusto, questi vengono prima mescolati con un agitatore e poi aspirati con una pompa, in modo che questa miscela

vada a finire nel secondo serbatoio insieme agli altri elementi. Per quanto riguarda la MP di bobine di alluminio e carta queste sono disposte in una scaffalatura dietro la testa della macchina.



Figura 3.11 – Vista della sala mescole



Figura 3.12 – Vista dei serbatoi 2 e 3

Reparto ISOMAC

Il reparto ISOMAC è quello dedicato al processo dei pannelli con rivestimento in carta. Differentemente a prima, in questo reparto la produzione è Assembly-to-Order, su commessa, l'elaborazione dei pannelli inizia con l'effettivo ordine del cliente. Ciò che viene ordinato è una commessa costituita da n pannelli, con

diverse dimensioni, questi, montati assieme permettono di creare una struttura specifica.

Il processo di produzione dei pannelli carta-carta è lo stesso di quelli con l'alluminio fino al controllo qualità, i primi non vengono impacchettati, ma sono lasciati riposare per circa 30/40 giorni in un'area apposita, infatti avendo degli spessori maggiori, richiedono una maturazione prima delle lavorazioni finali.

Al termine del periodo "di riposo" i pannelli singolarmente sono sottoposti ad un processo di calibrazione, ovvero fatti passare per rulli rivestiti di carta vetrata tramite cui viene definito lo spessore in maniera centesimale. Sempre in questa fase vengono anche rimossi i due rivestimenti esterni di carta e rimane solamente l'anima di poliuretano.

Successivamente i pannelli passano attraverso una macchina chiamata collarina (figura 3.13) che dosa, sia sulla superficie inferiore che superiore, uno strato di colla, su cui vengono posizionati dei rivestimenti di varia natura come alluminio, acciaio inox, acciaio zincato, rame, vetro resina etc. Dopo l'operatore manualmente effettua una attività di squadratura con l'obiettivo di rimuovere la porzione di pannello che sborda rispetto al rivestimento. Per far in modo che la colla maturi completamente, i pannelli vengono accatastati in pacchi di altezza varia a seconda della commessa e sottoposti ad un peso di diverse tonnellate per circa 24 ore (figura 3.14).

Attraverso dei manipolatori con ventose i pannelli vengono prelevati e portati in una zona di sezionatura, in cui si effettua il taglio per andare a squadrare il pannello con le misure finali, con tolleranze ristrettissime. Infine i pannelli passano su una macchina automatica chiamata bordatrice, che applica sull'intero spessore del pannello un bordino con la sua guarnizione.



Figura 3.13 – Vista della collarina



Figura 3.14 – Peso per la maturazione

Capitolo 4

LA METODOLOGIA SMED NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO

Con questo capitolo ci addentriamo nel cuore della tesi, l'intento è quello di fornire una overview di massima di quello che è stata la storia della metodologia SMED e del suo artefice Shigeo Shingo, cercando di sottolineare quali sono stati gli eventi di maggior importanza. Successivamente andrò ad illustrare gli 8 pilastri che permettono l'applicazione dello strumento Lean, passaggi descritti in maniera approfondita nel libro "A revolution in manufacturing: the SMED system". Poi una breve spiegazione dell'indice di disponibilità, performance e qualità maggiormente utilizzato negli stabilimenti produttivi: l'OEE. Nella seconda parte del capitolo, invece, entreremo più nel dettaglio dell'industria di processo, identificando tre diverse situazioni di applicazioni e definendo i quattro concetti principali dello SMED nella produzione per processo. Infine, cercherò di mettere in luce quelli che sono i principali vantaggi che si possono raggiungere dall'utilizzo dello SMED.

4.1 STORIA DELLO SMED (Schito⁴⁸, 2012)

Con la sigla S.M.E.D (SingleMinute Exchange of Die) si intende una metodologia Lean che ha come obiettivo quello di permettere un attrezzaggio in un tempo inferiore ai 10 minuti, cioè in un numero di minuti espressi da una sola cifra. Questo metodo viene utilizzato per ridurre i tempi di setup, è tipicamente riferito ad applicazioni nell'industria metalmeccanica, ma è applicabile anche ad altri settori laddove esistano frequenti cambi di lavorazione che richiedano ogni volta un'adeguata predisposizione e taratura dell'impianto dedicato.

La nascita e lo sviluppo dello SMED si deve principalmente al lavoro svolto da Shigeo Shingo, ingegnere industriale e consulente per importati aziende quali Mazda, Mitsubishi Heavy Industries e Toyota Motor Company. Come per tutti gli altri strumenti Lean, anche l'ideazione dello SMED è stato un processo di continuo miglioramento e adattamento della metodologia. Infatti, non è impossibile rintracciare una specifica data di nascita dello SMED, l'arco di evoluzione copre circa una ventina di anni. In quegli anni le esperienze di Shigeo Shingo sono state differenti e tutte queste hanno contribuito a creare quello che è lo SMED che conosciamo noi oggi.

4.1.1 PRIMA ESPERIENZA

Nella primavera del 1950, Shigeo Shingo venne inviato a condurre un'indagine nell'ambito del miglioramento dell'efficienza presso gli stabilimenti della Mazda a Hiroshima. Secondo il management della Mazda l'unica possibilità per aumentare la produttività del reparto presse per lo stampaggio era quella di aggiungere una nuova macchina. Infatti, le tre grandi presse di 350, 750 e 800 tonnellate stavano già lavorando in continuo. Shingo non convinto di questa soluzione, decise di svolgere un'indagine, per un'intera settimana osservò e cronometrò il lavoro svolto dagli operatori nel reparto presse. Al terzo giorno ci fu un cambio stampo sulla pressa da 800 tonnellate, l'operazione di attrezzaggio nel

⁴⁸ Schito G., 2012, *La metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED): una rassegna della letteratura*, Anno accademico 2011/2012, Padova, pp. 23-29

complesso durò più di due ore, in quanto il bullone per il montaggio del nuovo stampo era assente. L'operatore dovette prendere un bullone da un'altra macchina e tagliarlo e filettarlo in modo che andasse bene per il nuovo stampo. A questo punto Shigeo Shingo si rese conto che le operazioni di setup si possono distinguere in due grandi gruppi:

- Internal setup (IED, Internal exchange of die), nel caso precedente, montare e rimuovere gli stampi, ovvero operazioni che possono essere fatte solo a macchina ferma.
- External setup (OED, External exchange of die), nel caso precedente, il trasporto di vecchi stampi al magazzino, portare i nuovi stampi nei pressi della macchina oppure la ricerca del giusto bullone, tutte azioni che possono essere fatte mentre la macchina è ancora in funzione.

Attraverso una semplice distinzione fra le attività interne ed esterne al riattrezzaggio macchina ed a una migliore predisposizione degli strumenti che dovevano essere riutilizzati, l'efficienza del reparto presse migliorò del 50% e non fu più necessario comprare una nuova macchina. Questa prima esperienza di Shigeo in Mazda segnò l'avvento dello SMED.

4.1.2 SECONDA ESPERIENZA

Nell'estate del 1957, Shigeo venne coinvolto in un'operazione di consulenza presso il cantiere navale della Mitsubishi Heavy Industries. Lo scopo dell'indagine era quello di aumentare la capacità produttiva di una macchina piallatrice utilizzata per la lavorazione dei basamenti dei motori diesel. L'idea geniale di Shingo fu quella di installare una seconda slitta scorrevole e realizzare separatamente l'operazione di setup su di essa. Su questa slitta veniva effettuata l'operazione di centraggio e dimensionamento del basamento del motore. Di fatto la soluzione proposta, oltre a distinguere le operazioni che dovevano essere svolte a macchina spenta e macchina in funzione, portò alla conversione di alcune delle azioni interne in azioni esterne, portando ad un aumento della produttività di circa il 40%.

4.1.3 TERZA ESPERIENZA

La terza esperienza di Shigeo Shingo è forse quella più famosa ed impattante. Nel 1969 il consulente fu invitato a visitare l'officina dell'impianto principale della Toyota Motors Company, che proprio nello stesso periodo stava sviluppando i principi del TPM, Toyota Production System. L'oggetto di studio era una pressa da 1000 tonnellate che richiedeva un tempo di 4 ore per ogni cambio di setup, a differenza dei competitor Volkswagen a cui bastavano solo 2 ore. La macchina serviva per stampare le parti della carrozzeria. Proprio per questo a Shingo fu chiesto di ridurre questo tempo di riattrezzaggio e di ottenere un tempo migliore rispetto ai tedeschi. Nei sei mesi successivi, grazie all'impiego di diverse tecniche e strumenti, il tempo di riattrezzaggio fu ridotto a 90 minuti. Negli anni successivi, sempre seguendo quella filosofia Lean del continuous improvement e della ricerca costante della perfezione, nel 1962 in tempo fu ridotto a 15 minuti, fino ad arrivare a 3 minuti nel 1971. Da qui nasce anche l'espressione "Single minute exchange of die", infatti, secondo Shigeo Shingo, un riattrezzaggio macchina deve sempre durare meno di 10 minuti (Shingo e Dillon⁴⁹, 1983).

4.2 GLI 8 PILASTRI DELLO SMED

Lo stesso Shigeo Shingo sembra che abbia detto "Il miglior modo per cambiare non è cambiare niente" (Shingo e Dillon⁵⁰, 1983). Sembra sorprendente che queste parole siano state pronunciate dal padre di una metodologia che ha rivoluzionato il mondo manifatturiero e non solo, ma è proprio così. Con questa frase Shingo voleva sottolineare quanto molto spesso non servono ingenti investimenti in mezzi e tecnologie per arrivare ad un buon risultato, possono bastare dei piccoli accorgimenti che vanno a semplificare le azioni, ed è la somma di questi "brevi" passi che generano un grande effetto. È da ricordare ancora una volta, che la metodologia proposta dal consulente Toyota è il frutto di quasi 20

⁴⁹ Shingo S., Dillon A., 1983, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Productivity Press, Cambridge

⁵⁰ Ibidem

anni di lavoro e di diverse esperienze, ognuna delle quali ha arricchito e portato un contributo allo SMED che oggi conosciamo. Andiamo ora ad illustrare brevemente gli 8 pilastri fondamentali dello SMED (Shingo e Dillon⁵¹, 1983).

4.2.1 SEPARAZIONE DELL'IED E OED

Frutto della prima esperienza in Mazda, le operazioni compiute per il cambio di attrezzatura si possono dividere in operazioni interne (IED, inside exchange of die) e operazioni esterne (OED, outside exchange of die). Le prime devono essere effettuate necessariamente a macchina ferma, mentre le seconde possono essere effettuate in ombra, in modalità definita mascherata, ovvero mentre la macchina sta lavorando, prima o dopo del cambio vero e proprio. Le attività definite come esterne possono consistere nel preparare il cambio per l'attrezzatura, le dime, gli strumenti per fissare e tutto il materiale necessario e posizionarli correttamente vicino alla macchina oggetto di setup, naturalmente controllando che tutto sia in ordine, pulito e in buono stato di manutenzione. Diversamente, le operazioni interne dovrebbero consistere solamente nella rimozione dell'attrezzatura precedentemente utilizzata e nel montaggio di quella necessaria per la nuova produzione.

Generalmente l'obiettivo di uno SMED è quello di cercare di massimizzare le operazioni esterne e, se le operazioni interne sono inevitabili, effettuarle just in time, esattamente al momento giusto e quando effettivamente serve. Solamente l'applicazione di questo piccolo accorgimento può portare ad una riduzione del 30-50% del tempo di setup, contrariamente al tempo richiesto con le tecniche tradizionali, in cui di fatto, l'intero tempo di attrezzaggio è costituito da attività interne, come ha dimostrato Shigeo Shingo nel suo primo intervento nello stabilimento di Hiroshima.

⁵¹ Ibidem

Per questo primo step può essere molto utile l'utilizzo di una checklist, un elenco di tutte le parti ed i passaggi richiesti in un'operazione. Questa lista deve includere:

- Nomi
- Specifiche di taglienti, stampi ed altri elementi
- Pressione, temperatura ed altre impostazioni
- Valori numerici di tutte le misure e dimensioni

Questa lista permette quindi di verificare se ci sono degli errori o meno nelle condizioni operative. Queste checklist dovrebbero avere un giusto livello di dettaglio, in modo che da un lato non creino confusione e dell'altro non siano totalmente inutilizzate perché troppo generali.

Un altro strumento molto simile alla checklist che permette sempre di fare una divisione netta fra le attività interne ed esterne al setup è quello chiamato tavolo di controllo. Si tratta di un tavolo su cui sopra sono state disegnate le sagome dell'attrezzatura e degli utensili necessari per il riattrezzaggio. Con una semplice occhiata l'operatore è in grado di capire se ha tutto l'occorrente per effettuare l'operazione. Naturalmente l'ideale sarebbe utilizzare la checklist in combinazione al tavolo di controllo, ognuno per ogni macchinario. Tra le attività esterne sicuramente dovrebbero figurare tutti gli spostamenti di materiale, tutte le parti che devono essere spostate dal magazzino alle macchine e viceversa preferibilmente quando la macchina è già in funzione.

4.2.2 CONVERSIONE DELL'IED CON L'OED

La nascita di questo secondo step deriva dalla sua seconda esperienza nel cantiere navale della Mitsubishi Heavy Industries. Dobbiamo prima di tutto fare due presupposti fondamentali per l'applicazione di questa conversione. Prima di tutto, è necessario andare a riesaminare le operazioni di setup per verificare se qualcuno dei passaggi è stato erroneamente assunto come setup interno. Per fare questo ci si può servire semplicemente dell'osservazione oppure andando ad effettuare delle riprese direttamente in jemba, seguendo l'operatore direttamente

interessato nel riattrezzaggio. In questo caso la letteratura ci consiglia di effettuare diverse registrazioni in diversi giorni, in quanto la persona sentendosi osservata potrebbe effettuare delle attività che magari non rispecchiano appieno quello che è abituato a fare abitualmente. Il secondo presupposto per l'applicazione della conversione da IED a OED rappresenta proprio il fulcro di questo pilastro, ovvero andare a ricercare dei modi per effettuare la conversione oppure verificare se è possibile o meno anticipare, in un momento in cui la macchina è ancora in funzione, tutte quelle attività che permettono le normali condizioni operative. Per questo punto si dà libero spazio alla creatività ed alla fantasia, rispettando naturalmente tutti i limiti del caso e garantendo sempre massima sicurezza.

Citando alcuni esempi, si potrebbe includere un preriscaldamento degli elementi che in precedenza venivano riscaldati solo dopo l'inizio delle operazioni di set up oppure l'adozione di opportuni spessori per evitare l'aggiustamento dell'altezza di uno stampo nella pressa. Oppure, ancora, il preriscaldamento di uno stampo utilizzato per la pressofusione in moda eliminare il tempo necessario per effettuare una iniezione di prova. In generale possiamo dire che è estremamente importante adottare prospettive che non siano legate a vecchie abitudini, ma invece affidarsi a creatività ed innovazione, coinvolgendo magari anche persone esterne alla produzione.

4.2.3 STANDARDIZZAZIONE FUNZIONALE

Se tutti gli strumenti utilizzati avessero la stessa altezza, lo stesso spessore, gli stessi attacchi, le stesse interfacce etc. sarebbe possibile risparmiare molto tempo. Però naturalmente la standardizzazione delle attrezzature o anche più in generale dei processi implica notevoli costi ed uno studio a monte molto preciso ed oneroso. In questi casi, ci si focalizza solamente su certi aspetti che sono funzionali al riattrezzaggio e si agisce esclusivamente su questi, andando quindi a ricercare un giusto trade off e standardizzandoli.

4.2.4 ADOZIONE DI MORSETTI FUNZIONALI

Lo strumento di serraggio più utilizzato nell'ambito industriale è sicuramente il bullone. Il bullone è sicuramente facile da reperire e facilmente standardizzabile, però è stato riscontrato che può andare a rallentare lo svolgimento delle operazioni che abbiamo chiamato interne.

- Il bullone permette un corretto serraggio solamente quando l'ultimo filetto è in presa, bisogna quindi effettuare sempre circa 15 rotazioni per raggiungere il livello di serratura desiderato. Inoltre, se il bullone è più lungo del necessario si ha anche una perdita di tempo ed energia nell'operazione di avvita-mento.
- Non appena si verifica un allentamento il bullone potrebbe perdere la propria capacità di serraggio.
- Essendo anche molto piccoli, i bulloni vengono facilmente persi dall'opera-tore in fase di attrezzaggio. Da qui anche la perdita di tempo nella ricerca del bullone. Esempio lampante è quello riportato dallo stesso Shigeo nella sua prima esperienza alla Mazda.
- All'interno dello stesso set up possono essere utilizzati bulloni di dimensioni e filettature differenti, non standardizzati fra di loro, che magari richiedono l'utilizzo di strumenti differenti.

Sempre nel libro "A Revolution in Manufacturing: The SMED System", il consulente Toyota propone delle soluzioni all'utilizzo dei classici bulloni e dadi. Uno di questi è l'utilizzo di rondelle appositamente modificate per consentire il serraggio con un solo giro. La seconda soluzione proposta richiede una singola azione per il bloccaggio, in questo caso si parla di camme e morsetti; terzo trucco è l'utilizzo di accorgimenti che permettono di sostituire i sistemi di serraggio con sistemi di riferimento che garantiscono contemporaneamente il corretto po-sizionamento reciproco dei due elementi.

4.2.5 UTILIZZO DI DIME DI MONTAGGIO

La dima è una forma o uno stampo che viene realizzato per poter riprodurre una sagomatura, una spaziatura, il profilo di un oggetto, se non l'oggetto stesso. L'utilizzo di queste dime di montaggio permette di semplificare notevolmente le operazioni di posizionamento e unione dei pezzi.

4.2.6 OPERAZIONI IN PARALLELO

Come abbiamo visto nel secondo capitolo, uno dei sette muda preso in considerazione nella filosofia Lean è quello sia dello spostamento del materiale, sia delle persone. Molto spesso durante le operazioni di riattrezzaggio gli operatori compiono numerosi spostamenti intorno alla macchina e questo porta ad un allungamento del tempo complessivo di sostituzione. Se la stessa attività di set up fosse eseguita da due operatori anziché uno soltanto il tempo dedicato all'operazione sarebbe dimezzato, in quanto le ore-uomo coinciderebbero con il caso precedente, ma il rapporto di utilizzo è aumentato. Naturalmente bisogna sempre valutare la possibilità di avere una seconda risorsa da adibire all'attività e soprattutto se conviene avere un secondo operatore oppure dei tempi di set up più lunghi.

4.2.7 ELIMINAZIONE DEGLI AGGIUSTAMENTI

Prima di tutto è bene distinguere due concetti differenti l'appostamento e l'aggiustamento, che molto spesso vengono confusi. Con appostamento si intende la fase di spostamento di un fine corsa dalla posizione A alla posizione B, può essere che però questa posizione raggiunta non sia corretta, è necessario, quindi, spostare nuovamente il fine corsa procedendo per tentativi, questa attività prende il nome di aggiustamento. Il tempo dedicato per queste operazioni di aggiustamento dipendono notevolmente dalla professionalità e dall'esperienza degli operatori. Questo però risulta in contrasto con quanto predicato dalla metodologia SMED, che fra i suoi obiettivi vi è quello di cercare di eliminare il più possibile l'aspetto soggettivo e la dipendenza tempi-persone. Proprio per questo si

introduce il concetto di poka-yoke⁵², ovvero l'adozione di piccoli accorgimenti, tipicamente visual, letteralmente a prova di stupido, talmente elementari che chiunque con un minimo di addestramento è in grado di svolgere. Possiamo dire che l'aggiustamento implica che un'operazione non è stata svolta con sufficiente accuratezza e non si è raggiunto l'obiettivo prefissato, una sorta di rework se vogliamo guardarlo sempre nella prospettiva dei 7 muda. Per fronteggiare questo spreco bisogna definire un metodo preciso che permetta il raggiungimento costante dell'obiettivo e che sia allo stesso tempo il più semplice possibile e di rapida esecuzione. "Il metodo più facile per effettuare un aggiustamento è non effettuarlo affatto" diceva Shigeo Shingo. Un esempio di applicazione di tecniche poka-yoke è quello riportato nel libro "Quick changeover for operations: the SMED system, 1996", in questo caso si illustrava lo spostamento di un fine corsa su una rotaia che veniva eseguito azionando una vite e quindi passando per tutti i valori intermedi compresi tra quello di partenza A e quello di arrivo B. La soluzione poka-yoke proponeva di avere un numero limitato di posizionamenti possibili con una manovra di tipo a gradino evidenziati da nastri colorati.

4.2.8 ADOZIONE DELLA MECCANIZZAZIONE

Con l'implementazione dei pilastri esposti precedentemente, in particolare i primi due, si riesce ad ottenere una riduzione dei tempi di setup particolarmente apprezzabile. Ultimo step, non sempre però utilizzato, è ricorrere alla meccanizzazione. Non particolarmente adottato in quanto la riduzione di tempo è meno percepibile, ma soprattutto perché richiede dei grossi investimenti che non sempre l'azienda è in grado o vuole affrontare. Proprio per questi motivi la meccanizzazione è posizionata come ultimo tra gli step di applicazione dello SMED.

⁵² La locuzione coniata originariamente da Shigeo Shingo era baka-yoke, "a prova di stupido", ma venne successivamente cambiata nel più gentile poka-yoke che esprime il concetto di evitare (yokeru) gli errori di distrazione (poka)

4.3 LE SIX BIG LOSSES NEGLI IMPIANTI

Già nel secondo capito abbiamo trattato i 7 muda tipici della cultura Lean, a questi possiamo sommare anche quelle che sono definite le 6 grandi perdite degli impianti. Infatti, per riuscire a massimizzare il rendimento di un impianto industriale nella sua globalità è fondamentale agire su tutte le tipologie di perdite (Nakajima⁵³, 1988). Vediamole:

Perdite per guasto

Una delle principali cause che porta alla riduzione della disponibilità di un impianto sono i guasti. Nel momento di accadimento di un guasto è necessario fermare completamente la produzione ed andare ad agire per risolvere il malfunzionamento. Molto spesso non è possibile prevedere questo tipo di eventi, in quanto capitano in maniera inaspettata. Ci sono però dei casi in cui è possibile andare a studiare la frequenza di accadimento e riuscire ad anticipare il presentarsi dell'evento. Parliamo quindi di manutenzione predittiva, in cui l'azione manutentiva si verifica ad una certa condizione o parametro che è possibile tenere sotto controllo tramite delle ispezioni, in questo modo è possibile prevedere il guasto. Tra le diverse tecniche Lean troviamo anche il TPM, Total Productive Maintenance, si tratta più che di una metodologia di una vera e propria filosofia, in cui tutti, a partire dagli stessi operatori che lavorano nell'impianto, hanno l'obiettivo costante di aumentare la produttività, tramite la manutenzione costante e giornaliera della macchina (Agustiady⁵⁴, 2015). In questo modo si va a responsabilizzare i singoli individui che si sentono parte integrante dell'intero sistema di manutenzione. L'unica cosa per cui bisogna stare attenti nell'applicazione del TPM è che molto frequentemente sono gli stessi operatori che, grazie all'esperienza acquisita, sono in grado, attraverso semplicemente l'utilizzo dei 5 sensi, di rintracciare possibili segnali di allerta. Tutto questo può portare al rischio che molte cause di guasto non vengono neanche registrate e quindi si rende impossibile l'applicazione di una manutenzione preventiva.

⁵³ Nakajima S., 1988, *Introduction to TPM: Total Production Maintenance*, Productivity Press, Minnesota

⁵⁴ Agustiady T. K., Cudney E. A., 2015, *Total Productive Maintenance, Strategies and Implementation Guide*, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Perdite per set up

Naturalmente durante le operazioni di riattrezzaggio o di cambio prodotto l'impianto deve rimanere fermo, riducendo l'indice di disponibilità. Proprio su questa perdita agisce la metodologia SMED, ha infatti l'obiettivo di rendere i set up macchina più snelli e veloci e, nel caso migliore, riuscire ad effettuarli in modalità mascherata.

Perdite per riduzioni di velocità

Questa perdita è strettamente legata alle velocità nominale con cui opera la macchina, non sempre infatti la velocità effettiva di processo corrisponde a quella nominale, il delta fra le due velocità costituisce una perdita. In altri casi gli operatori non sono a conoscenza della velocità nominale a cui dovrebbe andare l'impianto, quindi magari le operazioni sono svolte ad una velocità che non permette di sfruttare il potenziale.

Perdite per microfermate

Si tratta di malfunzionamenti temporanei che non possono essere classificati come guasti, in quanto il tempo di down è molto breve, ma comunque possono andare a compromettere le performance globali del macchinario. In alcuni casi l'operatore è costretto a interrompere la produzione anche se per pochi minuti. Sono quelle classiche perdite che non vengono neanche prese in considerazione finché non capitano con elevata frequenza, e sono le più difficili per quanto riguarda il rintracciamento della causa radice.

Perdite per scarti, difetti e rilavorazioni

I difetti di qualità comportano scarti e/o rilavorazioni, incrementando i costi e determinando sprechi di energia, materiali e tempo. Se una lavorazione sul prodotto aumenta la qualità e crea valore per il cliente, una rilavorazione no, è un'attività che assorbe solamente tempo e risorse e non aggiunge valore al prodotto.

Perdite all'avviamento

Già nelle perdite per riduzione di velocità abbiamo parlato della velocità nominale, questa interessa anche le perdite all'avviamento. Infatti, nel momento in

cui un macchinario viene acceso questo non sempre è in grado in maniera istantanea di raggiungere la velocità nominale, l'intervallo di tempo tra l'avvio e la produzione a regime è una perdita. Non è uno spreco solo di tempo, ma anche di energia, materiali ed altre risorse, in quanto il prodotto in uscita in quell'intervallo di tempo non è da considerarsi buono. Tra queste perdite all'avviamento possiamo considerare anche le variazioni ambientali, come temperatura e umidità che possono rendere problematico l'avviamento, determinando prestazioni scarse e non omogenee. Inoltre, questi parametri ambientali molto spesso rappresentano una grande incognita per l'azienda, visto che raramente vengono misurate con precisione.

Nella cultura Lean, per ogni tipologia di perdita è stata studiata una metodologia che sia in grado di contrastarla. Lo SMED va ad agire principalmente sulle perdite legate al setup, aumentando la disponibilità di utilizzo dell'impianto. Naturalmente con l'applicazione di un particolare strumento si possono avere anche dei benefici "collaterali", ovvero anche se il metodo non è stato pensato per risolvere ad esempio i guasti, comunque si riescono ad ottenere dei vantaggi anche in tal senso.

4.4 OEE, OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS

Uno degli indicatori più significati ed utilizzati per quantificare lo stato attuale di come viene gestita la produzione e riuscire a quantificare l'efficacia delle soluzioni di miglioramento applicate è sicuramente l'OEE, Overall Equipment Effectiveness. Si tratta di una misura molto popolare in quanto riesce a catturare in una sola metrica tutti quei fattori che impediscono il raggiungimento di performance ottimali degli impianti. L'indice OEE è il prodotto di tre fattori:

- Disponibilità
- Performance
- Qualità

Disponibilità (D)

Con disponibilità intendiamo l'intervallo di tempo in cui effettivamente l'impianto è disponibile all'utilizzo. Questa tiene conto di tutte le perdite di downtime, tra cui le interruzioni per riparare guasti, il tempo dedicato al cambio prodotto e set up, la manutenzione preventiva etc. La disponibilità è calcolata come rapporto fra il tempo operativo effettivo, diviso il tempo operativo o di produzione pianificato.

$$D = \frac{\text{Tempo operativo effettivo}}{\text{Tempo operativo pianificato}}$$

Facciamo un attimo un passo indietro. Partiamo da quello che è il tempo solare ovvero, il tempo massimo che avremo a disposizione nell'arco di un intero anno, 365 giorni per 24 ore al giorno. Naturalmente tutto questo tempo non viene utilizzato, in quanto le aziende solitamente lavorano su uno/due turni da 8 ore ciascuno. Inoltre, bisogna prendere in considerazione anche le feste e le ferie durante le quali non si lavora. Si arriva quindi al tempo disponibile lordo, a questo punto entrano in gioco le fermate programmate, quali le attività di manutenzione preventiva, le visite mediche dei lavoratori, i periodi di formazione e le assemblee sindacali che devono essere sempre garantite. Togliendo tutte questi eventi riusciamo a calcolare il tempo disponibile netto, chiamato anche Total Operating Time, oppure, come citato precedentemente, tempo operativo pianificato. Al Total Operating Time sottraiamo tutti quegli intervalli di tempo "sprecati" per i guasti, le avarie delle macchine, i setup, errori di schedulazione che costringono ad interrompere la produzione, perdite dovute a meeting e break. Alcune aziende hanno deciso di introdurre nel calcolo della disponibilità anche le pause per incoraggiare la nascita di idee creative per ridurre l'incidenza senza eliminare l'attività. Si ottiene infine il tempo operativo effettivo, definito anche come running time. Come già detto sopra, il rapporto fra Running Time e Total Operating time ci restituisce l'indice di disponibilità dell'impianto.

Performance (P)

La performance di un macchinario/impianto può essere definita come il rapporto tra la produzione effettiva e quella attesa, prendendo in considerazione il

tempo effettivo di produzione a disposizione e la velocità della macchina. In altre parole, la performance è il rapporto fra il throughput effettivo e quello nominale. Il throughput totale dovrebbe essere una media pesata basata sull'effettivo mix di prodotti, per quegli impianti che devono funzionare a velocità diverse per diversi prodotti.

$$P = \frac{\text{Throughput effettivo}}{\text{Throughput nominale}}$$

A partire da quello che avevamo definito Running Time, dobbiamo andare a sottrarre quegli intervalli di tempo che vengono spesi in perdite di velocità, ovvero quando l'impianto performa ad una velocità inferiore a quella che dovrebbe essere la velocità di regime. Oltre a queste perdite, devono essere considerate anche le microfermate, eventi molto spesso impercettibili, che però possono interrompere il flusso produttivo senza provocare guasto. Le cause di queste brevi fermate possono essere molto varie, dalla stanchezza dell'operatore, ad un piccolo inceppo della macchina, ad una non conformità delle materie elaborate etc. Se al Running Time togliamo i tempi appena descritti otteniamo il Production Time o tempo standard di output lordo.

Qualità (Q)

L'indice di qualità misura la perdita di produttività di un impianto quando si realizzano prodotti fuori specifiche, come materiale di scarto, materiale che deve essere rilavorato per risultare accettabile, perdite di resa durante l'avvio del macchinario o quando si riprende il funzionamento dopo un cambio prodotto. La qualità può quindi essere espressa come percentuale di scarti e rilavorazioni sul totale della produzione, oppure, similmente, come rapporto fra la quantità di materiale di prima scelta diviso la quantità totale prodotta.

$$Q = \frac{\text{Quantità di materiale di prima scelta}}{\text{Quantità totale prodotta}}$$

Con la performance ci siamo fermati al Production Time, a questo punto si tolgono tutti quei tempi che vengono sprecati per risolvere le problematiche legate alla qualità del prodotto, ed otteniamo infine il tempo standard di output netto, chiamato anche Real Production Time. Le problematiche di qualità citate sono

gli scarti e le rilavorazioni, prodotti che non offrono evidentemente le caratteristiche richieste dal cliente, e le startup losses, ovvero le perdite all'avviamento. Queste ultime possono rientrare tra le perdite di qualità oppure tra le perdite di disponibilità a seconda della prospettiva di studio.

L'indicatore OEE viene quindi calcolato come semplice moltiplicazione dei tre indici di disponibilità, performance e qualità.

$$OEE = D \times P \times Q$$

In figura 4.1 vi è raffigurata una rappresentazione schematica delle diverse componenti che portano al calcolo dell'OEE.

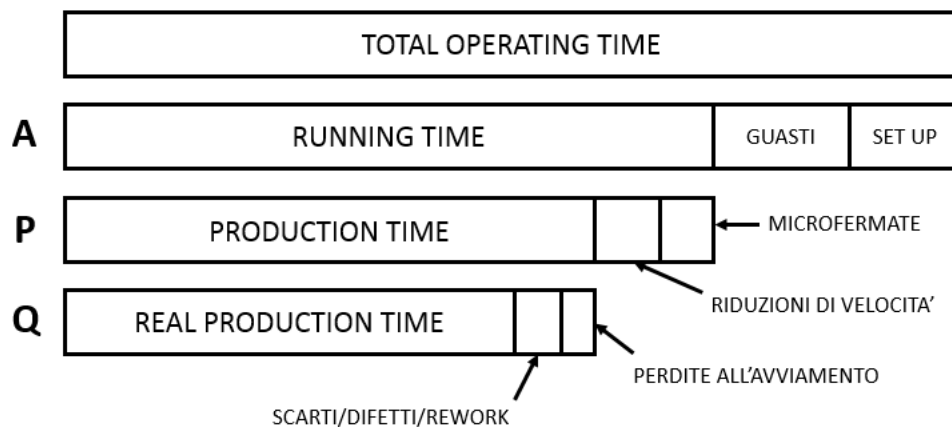


Figura 4.1 – Componenti nel calcolo dell'OEE (Zennaro⁵⁵,2018)

È da notare che per avere un OEE elevato è necessario che tutti i tre indici che lo costituiscono siano alti. Questo per sottolineare come le azioni migliorative che si devono intraprendere non possono esclusivamente privilegiare un singolo aspetto dell'efficienza, è necessario che si lavori verso un miglioramento globale dell'OEE. Anche perché se una macchina ha un indice di disponibilità molto elevato, ma uno di qualità basso, comunque l'OEE non sarà soddisfacente.

⁵⁵ Zennaro I., 2018, *Dispense del corso di Impianti meccanici*, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

4.5 LO SMED NELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE

Negli stabilimenti di assemblaggio, le operazioni di setup consistono prevalentemente in modifiche meccaniche ed elettriche ai macchinari, con fasi di regolazione e creazione di un pezzo di prova in modo da verificare che si rispettino le corrette tolleranze. Nell'industria di processo, come visualizzato in figura 4.2, sono presenti attività molto simili, ma la maggior parte del tempo dedicato al riattrezzaggio è impiegato per pulire i sistemi di alimentazione delle materie prime e gli impianti di trasformazione per evitare ogni tipo di contaminazione (Ulutas⁵⁶, 2011). Un esempio è l'industria alimentare, in cui gli impianti vengono utilizzati per produrre molte varietà di prodotti, che possono anche contenere degli allergeni come le noccioline. Per questo, al termine della produzione di un alimento si esegue una pulizia estremamente accurata prima di passare all'alimento successivo. Per citare un altro esempio, le vasche di colorazione usate nella produzione di vernici vengono pulite a fondo ogni volta che si cambia colore. Le attività svolte durante queste fasi di pulizia sono un soggetto ideale per un'analisi SMED. Nei processi di estrusione, molto tempo viene dedicato per portare la linea alle condizioni di temperatura, pressione, velocità e spessore richiesti, dopo che sono state eseguite le attività meccaniche. Anche in questo caso la metodologia SMED può essere applicata in modo da ridurre non solo il tempo per le attività strettamente meccaniche, ma anche per le attività di stabilizzazione prodotto.



Figura 4.2 - Componenti di un cambio prodotto nell'industria di trasformazione
(King⁵⁷, 2009)

⁵⁶ Ulutas B., 2011, An application of SMED methodology, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 5, n. 7, pp. 1194

⁵⁷ King p., 2009, SMED in the processes industries: improved flow through shorter product changeovers, *IEG mag*, pp. 4

Prendiamo adesso in considerazione tre differenti situazioni abituali nell'industria di processo e vediamo come lo SMED può essere utile ed efficace nelle tre diverse circostanze.

4.5.1 CAMBI PRODOTTO IN CUI TUTTE LE ATTIVITÀ SONO COMPLETAMENTE MANUALI

Analizziamo l'operazione di cambio delle lame in un processo di rifilazione per la produzione di laminati plastici, insieme di attività esclusivamente manuali (figura 4.3). Nel momento in cui bisogna caricare una nuova bobina, bisogna anche spostare le lame rotanti. Si tratta di un'attività che necessita di circa 5 minuti che però richiede lo spegnimento della macchina. Studiando ogni singolo step di allentamento, riposizionamento e serraggio delle lame è possibile valutare delle modalità alternative di bloccaggio e posizionamento, come l'utilizzo di blocchi, spine, segni, se non addirittura prendere in considerazione un secondo operatore che lavori in parallelo.

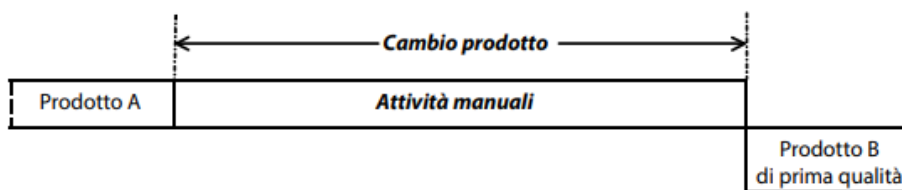


Figura 4.3 - Cambio prodotto con solo attività manuali (King⁵⁸,2009)

4.5.2 CAMBI PRODOTTO COMPLETAMENTE CHIMICI O FISICI

Sempre nel processo di produzione di laminati plastici, la temperatura della macchina di accoppiamento deve essere cambiata quando si passa da un prodotto ad un altro, in alcuni questa attività può richiedere anche delle ore (caso figura 4.4). In questo caso lo SMED può consistere inizialmente in una riunione di brainstorming che coinvolga diverse figure quali ingegneri meccanici, fisici, chimici e gli stessi operatori che ogni giorno lavorano sul macchinario, con l'obiettivo

⁵⁸ Ibidem

di rintracciare tecniche per riscaldare e raffreddare più velocemente il ruolo di accoppiamento.

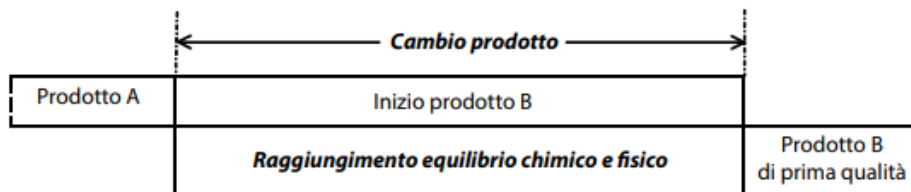


Figura 4.4 - Un cambio prodotto in cui il tempo è occupato solo da variazioni chimico-fisiche (King⁵⁹,2009)

4.5.3 CAMBI PRODOTTO CHE RICHIEDONO UNA COMBINAZIONE DI ATTIVITÀ MANUALI E CHIMICO/FISICHE

Prendiamo in considerazione l'applicazione di emulsione fotosensibile nella produzione di pellicola a raggi x. Nel processo di rivestimento, questa emulsione viene depositata tramite degli ugelli sulla pellicola srotolata e naturalmente la specifica emulsione è diversa a seconda del tipo e dell'uso finale del prodotto finito. Quindi ad ogni cambio prodotto è necessario cambiare il tipo di emulsione, togliere l'ugello e ripulirlo. Una volta che queste attività strettamente manuali sono state completate, si riavvia la linea, ma prima di iniziare la produzione effettiva, il flusso di emulsione deve stabilizzarsi (caso figura 4.5). Inoltre, bisogna anche raccogliere dei campioni ed inviarli ad un laboratorio per assicurarsi che le proprietà della pellicola in uscita siano corrette, il tempo di attesa può essere anche di diverse ore.

In seguito all'avvio di un cantiere SMED si potrebbe pensare di introdurre un secondo ugello, in modo da abbattere il tempo necessario per la pulizia di quello appena utilizzato, o meglio, effettuare la pulizia come attività esterna. Secondo oggetto di studio dello SMED sarà sicuramente il laboratorio, andando a rintracciare le cause che portano ad avere un lead time così lungo. Si potrebbe quindi non solo studiare il flusso del materiale attraverso un Value Stream Map,

⁵⁹ Ibidem

ma anche quello che è il flusso informativo, evidenziando eventuali colli di bottiglia. Come nell'esempio precedente, anche in questo caso sarebbe ottimale il coinvolgimento di esperti nel settore.



Figura 4.5 - Un cambio prodotto in cui hanno luogo sia processi chimico-fisici sia attività manuali (King⁶⁰,2009)

4.6 I 4 CONCETTI FONDAMENTALI DELLO SMED

Di seguito sono elencati i quattro concetti principali che devono essere eseguiti per poter applicare lo SMED al meglio e raggiungere gli obiettivi sperati, questi passaggi sono illustrati in maniera schematica in figura 4.6 (King⁶¹, 2009).

1. Portare le attività esterne fuori dal tempo di cambio prodotto. Come abbiamo detto più volte, fondamentale riuscire ad identificare quelle che possono essere attività esterne al cambio prodotto e “portarle fuori” dal tempo di set up, prima di spegnere la macchina o dopo l’avvio.
2. Determinare se è possibile modificare una qualsiasi delle attività interne. Verificare e sperimentare se delle operazioni interne possono essere trasformate in esterne. Per esempio, il preassemblaggio di apparati o attrezzi e il preriscaldamento di nuovi componenti, prima di montare il tutto sull’impianto.
3. Semplificare le attività interne rimanenti. Utilizzando spine, perni, agganci, segnali visual per velocizzare il tempo necessario al setup. Cercare il più possibile di standardizzare gli attrezzi utilizzati e avvalersi di tecniche poka yoke.

⁶⁰ Ibidem

⁶¹ Ibidem

4. Se possibile, eseguire le attività interne in parallelo. Se le attività possono essere svolte da più operatori contemporaneamente, questo permette di ridurre il tempo totale senza aumentare la manodopera necessaria al setup.

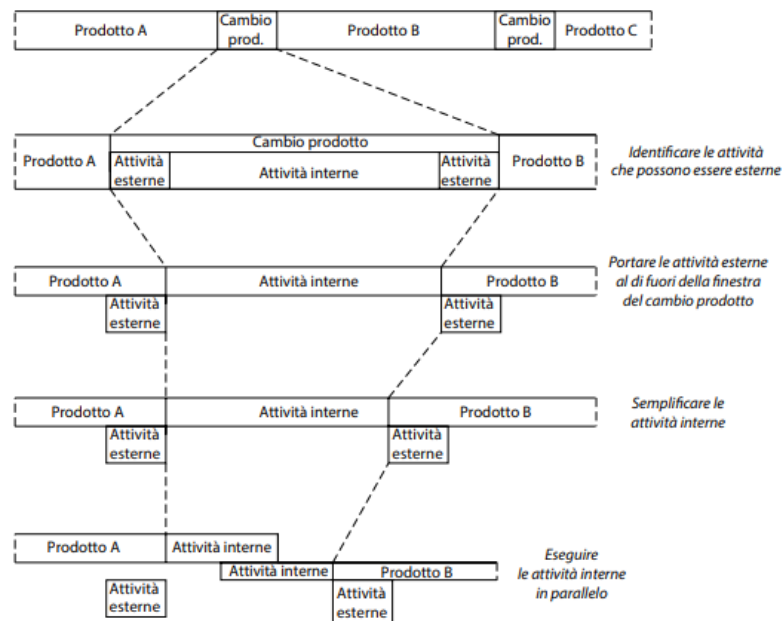


Figura 4.6 - Passaggi principali del miglioramento SMED (King⁶²,2009)

Per dare inizio ad una attività SMED un ottimo modo è quello di fare un diagramma delle temporizzazioni o un ciclogramma. Questo può essere fatto attraverso delle videoregistrazioni, che permettono di comprendere a fondo la natura delle operazioni svolte. Una volta che il cambio prodotto è stato revisionato e testato, deve essere documentato, standardizzato e valutato in continuazione, in modo da mantenere la sostenibilità dei miglioramenti.

L'oggetto di analisi dello SMED non dovrebbe essere solo quel set up che porta via più tempo, ma bisogna tenere in considerazione anche quei tempi che causano campagne lunghe o lunghi EPEI⁶³, creando sprechi di scorte e fasi con perdite importanti dovute ai cambi prodotti.

⁶² Ibidem

⁶³ EPEI: acronimo di "Every part, Every Interval". È l'intervallo di tempo durante il quale vengono creati tutti, o quasi tutti, i tipi di prodotto. Se viene utilizzata la metodologia del Product Wheel, l'EPEI corrisponde al product wheel time.

Lo SMED è utile ed applicabile anche a quei processi di trasformazione completamente continui che producono un singolo prodotto 24 ore su 24, 365 giorni l'anno. In questi casi, l'impianto viene spento periodicamente per effettuare delle manutenzioni o delle pulizie profonde. È fondamentale che questi "cambi" vengano gestiti bene ed eseguiti nel minor tempo possibile, ed in questo l'applicazione dello SMED gioca un ruolo da protagonista.

4.7 I BENEFICI DELLO SMED

I benefici derivanti da una buona applicazione di successo dello SMED sono numerosi e vari, in parte li abbiamo già citati e messi in luce nei paragrafi precedenti. Ci terrei ad analizzarli distinguendo quei vantaggi che sono diretti, ovvero direttamente percepibili e quelli invece indiretti, benefici che possono essere una conseguenza.

Tra i benefici diretti sicuramente troviamo quello che è l'obiettivo primario dello SMED, ovvero la riduzione dei tempi di attrezzaggio, ma non solo, generando maggior disponibilità, assistiamo anche ad una riduzione in generale dei tempi di fermo impianto e ad un aumento di produttività. I set up non sono solo più veloci e snelli, ma anche sono a minor prova di errore, grazie all'introduzione di tecniche quali il poka-yoke.

Tra i benefici indiretti quelli più interessanti che vorrei citare sono: la riduzione degli stock, che naturalmente va di pari passo con l'aumento di flessibilità produttiva. Infatti, nel momento in cui si riesce a ridurre il tempo speso nei cambi prodotti, si può stressare il mix di produzione, fino ad arrivare al desiderato one-piece-flow, e quindi si renderebbero superflue le alte scorte degli stessi prodotti. L'introduzione dello SMED permette anche di riuscire a fare una razionalizzazione degli strumenti ed attrezzature utilizzate, permette di aumentare la qualità del prodotto finito ed infine, da non trascurare assolutamente, migliora sia le condizioni di sicurezza sia l'atmosfera di lavoro.

Capitolo 5

P3 CASE STUDY - ANALISI AS-IS

I capitoli 5, 6 e 7 sono interamente dedicati alla descrizione dell'esperienza in P3 Srl e l'applicazione del progetto SMED. Questo capitolo comprende una spiegazione del perché si sia deciso di prendere come oggetto di analisi il reparto DUCTAL ed in particolare l'avviamento e lo spegnimento della linea, si procede poi con l'analisi AS-IS allo stato corrente. Al fine di mappare con precisione le fasi di set up, sono stati usati diversi strumenti, illustrati nel capitolo, quali ciclogrammi, spaghetti chart ed analisi quantitative.

5.1 OGGETTO DI ANALISI

La collaborazione fra AzzurroDigitale e P3 Italy ha inizio a giugno 2019, con il primo obiettivo quello di effettuare un'indagine sull'OEE della linea di produzione continua DUCTAL. Questa linea lavora su un unico turno da 10 ore. Con la conclusione del progetto, avvenuto a dicembre dello stesso anno, è stata presentata un'analisi approfondita dei dati relativi alla disponibilità, velocità e qualità dell'impianto. Ci soffermiamo esclusivamente sulla descrizione del parametro di disponibilità. Come mostrato in figura 5.1 (i dati presenti sono in ore

decimali), nell'arco dei 7 mesi, comprensivi di 118 giorni di produzione, per un totale di 1180 ore, l'impianto è risultato fermo per circa 303 ore. È stata svolta un'indagine per rintracciare le cause che hanno portato a generare questi intervalli di downtime, e, attraverso un classico digramma di Pareto (figura 5.1), è stato riscontrato che le prime sei cause di fermo generano l'80% del totale del tempo di downtime dell'impianto (tabella 5.1). Entrando ancora di più nel dettaglio, si scopre come in realtà il 70% dello stesso tempo di fermo, sia causato solamente da due voci: quella di avviamento, pari a 158 ore, ovvero circa il 52% delle 303 ore, e lo spegnimento, pari a circa 55 ore, il 18% del totale. La terza voce, conversione impianto carta/alluminio, fa riferimento ad un cambio di produzione che avviene solamente due volte al mese, per preparare la linea alla produzione dei pannelli con rivestimento in carta destinati al reparto ISOMAC. Per quantificare la perdita di mancata disponibilità, utilizzando la formula vista nel capitolo 4.4, al numeratore poniamo il tempo operativo effettivo, pari alla 1180 ore meno le 303 ore di fermo, ed al denominatore il tempo operativo pianificato.

$$\text{Disponibilità: } \frac{1180 \text{ h} - 303 \text{ h}}{118 \text{ gg} * 10 \text{ h}} = \text{ca. } 74,4\%,$$

con una perdita per mancata disponibilità pari a 25,6%.

Se utilizziamo come benchmark una produzione in linea, che ha solitamente un indice di availability che si aggira intono al 90%⁶⁴, certamente non si può essere pienamente soddisfatti di questo risultato.

Quantifichiamo ora a livello economico, se consideriamo che il nastro della linea DUCTAL ha una velocità che si aggira fra i 22 ed i 28 m²/min, ovvero arrotondando 1500 m²/h, e che ogni m² ha un costo approssimato di 5 €⁶⁵, se anche solo riuscissimo a ridurre il downtime giornaliero di mezz'ora, il saving a cui potremmo aspirare si aggira a circa 3700 € a giornata.

⁶⁴ Calzavara M., 2018, Dispense del corso di Impianti meccanici, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

⁶⁵ Siccome l'azienda P3 ritiene questo dato sensibili, Il costo di 5 €/m² è un valore fittizio, ma comunque molto vicino al numero reale.

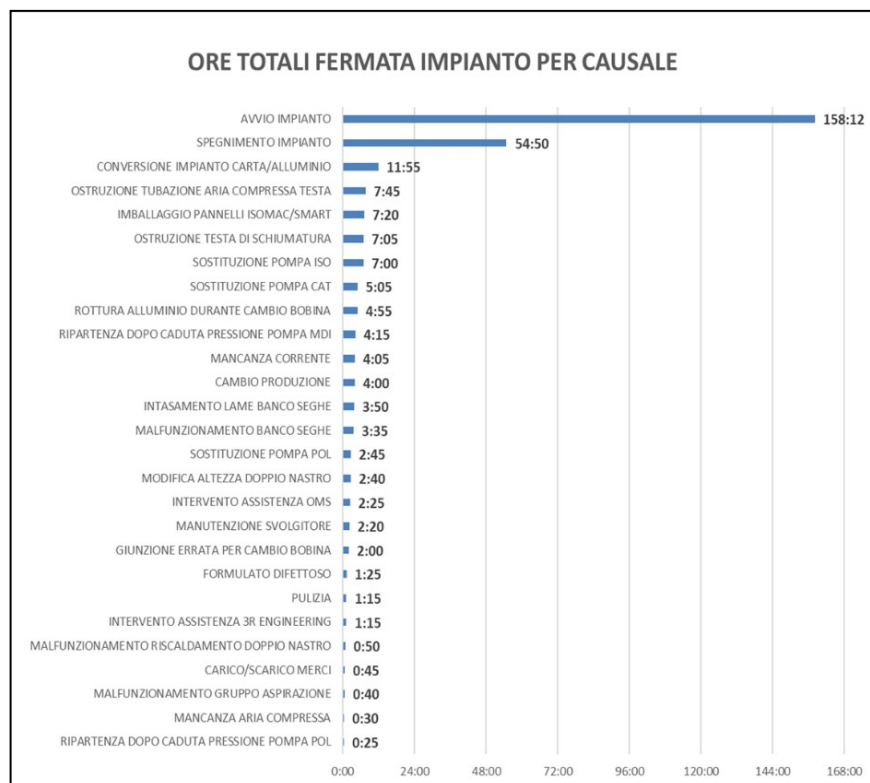


Figura 5.1 - Diagramma di Pareto

Tabella 5.1 – Le sei principali voci di fermo impianto

DESCRIZIONE	SOMMA DI DURATA (h)	% CUMULATA
Avvio impianto	158,12	52,19 %
Spegnimento impianto	54,50	70,28 %
Conversione impianto carta/alluminio	11,55	74,21 %
Ostruzione tubazioni aria compressa testa	7,45	76,77 %
Imballaggio pannelli ISOMAC/SMART	7,20	79,19 %
Ostruzione testa di schiumatura	7,05	81,53 %

Risulta quindi evidente quali siano state le motivazioni che hanno spinto a prendere come oggetto dell'analisi SMED la due causali principali di fermo, quella di avvio e spegnimento dell'impianto. L'obiettivo, concordato con il cliente, è ridurre questi tempi di set up e recuperare circa 100 ore di produzione annuali, con un saving, considerando l'intero anno, di 750mila€.

Saving sull'intero anno: $1500 \text{ m}^2/\text{h} * 100 \text{ h} * 5 \text{ €/m}^2 = 750\text{mila€}$

Sia l'avvio che lo spegnimento coinvolgono principalmente due zone della linea DUCTAL, il fine linea, dove è posizionata la taglierina ed il forno per il packaging, e l'inizio linea, dove c'è il pulpito della macchina e la testa che deposita il materiale sul piano di colata. Dopo una analisi preliminare, si è subito riscontrato che il collo di bottiglia tra le due zone è sicuramente l'inizio della linea. Infatti, l'operatore di fine linea è pronto per la produzione già dopo mezz'ora, invece, dai dati sopra citati, si nota come l'avviamento dell'impianto abbia una durata media di circa un'ora e mezza. Si è quindi deciso di concentrarsi, almeno per il momento, solo sulle attività svolte dagli operatori ad inizio linea. Naturalmente anche quelli di fine linea sono stati coinvolti e resi partecipi degli obiettivi del progetto. Lo stesso ragionamento è stato fatto anche per il set up di spegnimento: anche in questo caso, il collo di bottiglia è rappresentato solo dalla postazione ad inizio linea, e quindi si è preferito dedicarsi a questa.

5.2 ANALISI AS-IS AVVIO E SPEGNIMENTO IMPIANTO DUCTAL

Come la cultura Lean ci insegna, è fondamentale sin da subito non solo avere il pieno coinvolgimento e partecipazione del management, ma anche, e direi soprattutto, quello degli stessi operatori. Lo SMED è una metodologia che si basa, nel bene e nel male, molto sull'impegno delle singole persone. Perciò è stato importante organizzare fin da subito un incontro con tutti gli attori coinvolti, in modo da renderli coscienti di quelle che erano sia le motivazioni, che gli obiettivi del progetto. Si è insistiti sul far passare il messaggio che erano loro, gli stessi operatori, ad essere i veri conoscitori del processo e dell'impianto e che quindi era da loro che dovevano emergere gli spunti e le iniziative di miglioramento. Quello che io, come studentessa, ed AzzurroDigitale come società di consulenza, potevamo dare era una metodologia da seguire, un approccio. Con le sedute iniziali il management di P3 ha voluto anche fornire una formazione ai propri dipendenti sulle tematiche Lean, non solo ristrette esclusivamente allo SMED. Infatti, obiettivo della società, è quello di introdurre la mentalità Lean all'interno dell'azienda e della fabbrica.

Oltre al management, rappresentato dal Direttore Operations Andrea Griggio e da Enrico Cipelli, Responsabile Manutenzione, le persone principalmente coinvolte nel progetto SMED sono stati i sei operatori della linea DUCTAL. Denis Capo reparto, Alberto e Fabio operatori di inizio linea, Vitali e Artur al fine linea e Aurelio, il jolly, diviso fra il reparto DUCTAL ed ISOMAC. Come già detto, il reparto DUCTAL lavora su un turno di 10 ore. Gli operatori, invece, lavorano in turni da 8 ore, quindi, ci sono dei momenti in cui non sono tutti insieme. Questi intervalli corrispondono al set up di avvio e spegnimento. Andando più nello specifico, l'avviamento dell'impianto, che inizia alle ore 7.00, coinvolge solo tre operatori: uno di fine linea, Artur, e due di inizio, Aurelio e Alberto. Solo alle ore 8.00 arrivano anche gli altri due operatori, divisi fra inizio e fine. Situazione analoga per lo spegnimento dell'impianto, in cui è presente un solo operatore alla fine della linea, Vitali, e due all'inizio, Fabio e Denis.

Successivamente a questa prima fase di condivisione di obiettivi e metodi e di commitment con gli operatori, si è passati alla fase di riprese e registrazioni. Sono state dedicate due giornate consecutive alle riprese, distinte entrambe in due intervalli. La mattina a partire dalle ore 7.00, fino all'effettiva conclusione del set up, e il pomeriggio da circa le ore 17.30 fino al completamento dello spegnimento. Si è deciso di effettuare due riprese in quanto, generalmente, se una persona si sente osservata, come nel caso degli operatori ripresi, tenderà a velocizzare le proprie azioni oppure tenderà a sbagliare perché sotto pressione, risultando quindi in riprese non del tutto affidabili e che non riflettono appieno la realtà.

Dal punto di vista operativo, per la fase di registrazione, abbiamo deciso di utilizzare delle telecamere attaccate alla fronte degli operatori, oltre alla classica videoregistrazione seguendo la persona. Ho pensato che, visto che le persone da registrare (5, in questa prima fase abbiamo anche analizzato le attività di fine linea) erano numerose, l'utilizzo di questa tecnica avrebbe permesso una registrazione parallelizzata e che comportasse meno tempo, in termini di giornate di riprese. Naturalmente, dopo il primo giorno, abbiamo verificato la bontà delle riprese.

Oltre alle telecamere gli operatori indossavano anche un contapassi, al fine di avere una misura finale della distanza percorsa da ciascuna persona.

In un giorno successivo alle riprese, dividendo gli operatori nei due team della mattina e del pomeriggio, abbiamo insieme analizzato ad uno ad uno i filmati, cercando di costruire una scaletta delle attività che venivano svolte e quindi mappando il set up di avviamento e di spegnimento. Lo strumento utilizzato per questa fase di analisi è stato il ciclo gramma⁶⁶. È stata costruita una tabella Excel per ogni operatore, in particolare la tabella 5.2 fa riferimento all'avviamento, mentre la tabella 5.3 allo spegnimento. Le altre due tabelle riferite agli altri due operatori sono in appendice A. Ogni tabella presenta le seguenti colonne:

- N°: numero identificativo e sequenziale dell'attività.
- Descrizione attività: breve frase con cui l'operatore ha descritto l'attività.
- Tipo attività: a fini di analisi, ho cercato di clusterizzare le attività in nove macrocategorie:
 - Regolazione parametri
 - Controllo
 - Pulizia
 - Lubrificazione
 - Montaggio/smontaggio
 - Movimentazione di materiali
 - Prelievo strumenti
 - Spostamenti
 - Ricerca

Lo scopo principale di questa classificazione è stato quello di mettere in evidenza, seguendo i principi lean, quelle operazioni da considerarsi come a valore, quali ad esempio la regolazione di parametri oppure il montaggio/smontaggio, e quelle azioni invece a zero, o quasi, valore aggiunto, come gli spostamenti non necessari oppure la ricerca di materiali ed attrezzature.

⁶⁶ Payaro A., 2017, *Lean management: cose mai dette*, Esculapio, Bologna

- Tipo attività2: è stata inserita questa colonna in quanto, in molti casi, gli operatori hanno fatto notare che non era possibile definire l'attività in maniera univoca, ma che una stessa azione poteva essere classificata secondo due prospettive differenti.
- Operatore: il nome della persona che compie l'attività.
- IED/OED: distinzione delle attività esterne ed interne alle operazioni di set up. Quasi il 100% delle attività nell'AS-IS sono IED, ovvero svolte a macchina spenta, ma era facilmente intuibile, visto proprio l'oggetto di analisi.
- Strumenti utilizzati: durante la fase di sbobinatura è stato chiesto agli operatori di elencare tutte le attrezzature e materiali necessari per compiere quell'operazione.
- Tempo (s): in questa colonna è stato inserito il tempo misurato in secondi speso dall'operatore per svolgere l'attività. Con l'uso della formattazione condizionale ogni cella ha una sfumatura diversa di colore, i toni più leggeri segnalano un aumento di tempo (figura 5.2).
- Note: questa colonna è servita principalmente a me per riportarmi annotazioni e considerazioni emerse in fase di sbobinatura.

Infine, ho voluto evidenziare in maniera ancora più visual il tempo utilizzato per ogni singola attività. Prendendo come UDM 10 secondi, corrispondenti ad una cella, ho colorato tante celle quanti secondi multipli di 10 era la durata dell'attività. Nel caso di operazioni con durata non multipla di 10 secondi ho arrotondato per eccesso. Le attività svolte parallelamente da due operatori sono distinguibili nel ciclo gramma in quanto riquadrate di rosso. La figura 5.2 è uno snapshot del file Excel realizzato, in cui è possibile osservare una parte del ciclo gramma.

Tabella 5.2 – Ciclo gramma operatore Alberto, inizio turno-inizio linea

N°	Desc. att		Tipo att	Tipo atti2	Op	IED/OED	Strum	T (s)	%
1	Accensione pianto	im-	Regolazione parametri		Alberto	IED		25	0,804

2	Prelievo guanti (non giusti) e cutter	Prelievo di strumenti		Alberto	IED	Guanti e cutter	5	0,16
3	Accensione quadro isocianato e controllo serbatoi mescole	Regolazione parametri	Controllo		IED	Quadri sala mescole	25	0,804
4	Scarico polveri	Regolazione parametri			IED	Quadri sala mescole	5	0,161
5	Accensione mescolatore	Regolazione parametri			IED	Quadri sala mescole	10	0,322
6	Reset allarmi e azionamento ausiliari e caterpillar	Regolazione parametri	Controllo		IED	Console di comando	50	1,608
7	Ricerca guanti giusti	Prelievo di strumenti		Alberto	IED		15	0,482
8	Rimozione teli laterali	Pulizia			IED		70	2,251
9	Rimozione montagne ⁶⁷ di poliuretano, spostandole verso il lato macinatore	Pulizia		Alberto/Aurelio	IED		130	4,180
10	Pulizia zona laterale lato console	Pulizia			IED	Scopa e palette	80	2,572
11	Svuotamento cestino	Pulizia	Spostamenti		IED		35	1,125
12	Pulizia zona laterale lato console	Pulizia			IED	Scopa e palette	60	1,929

⁶⁷ Con il termine “montagne”, si intende l’accumulo di materiale poliuretano che si forma sotto ed in prossimità del piano di colata. Il nome è assolutamente rappresentativo della grandezza di questi depositi.

13	Ritrovo guanti giusti	Prelievo di strumenti			IED	Guanti	15	0,482
14	Pulizia zona laterale lato macinatore	Pulizia			IED	Scopa	120	3,859
15	Taglio teli inferiori	Prelievo di strumenti			IED	Teli nylon e cutter	65	2,090
16	Posizionamento teli inferiori	Smontaggio/montaggio		Alberto	IED	Teli nylon	60	1,929
17	Posizionamento teli inferiori	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Teli nylon, 4 profili e nastro adesivo	235	7,556
18	Fissaggio teli sotto al nastro di colata	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Teli nylon e nastro adesivo	60	1,92
19	Rimozione ed applicazione nastro biadesivo	Smontaggio/montaggio	Prelievo di strumenti	Alberto	IED	Nastro biadesivo	150	4,823
20	Applicazione telo laterale lato macinatore	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Teli nylon e "mollettoni"	60	1,92
21	Prelievo nylon	Prelievo di strumenti	Spostamenti	Alberto	IED	Teli nylon	20	0,643

22	Applicazione telo laterale lato macinatore	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Teli nylon e "mollettoni"	105	3,376
23	Prelievo materiali per montaggio testa	Prelievo di strumenti	Ricerca	Alberto	IED	Spatoletta, chiave 16, chiave 17, chiave ugello, acetone, chiave isocianato, avvitatore con fresa, chiave a brugola da 5, scala, aria compressa	120	3,859
24	Pulizia testa	Pulizia	Pulizia	Alberto	IED	Acetone, fresa e spatolettina, scala, aria	120	3,85
25	Montaggio testa	Smontaggio/montaggio		Alberto	IED	Spatoletta, chiave 16, chiave 17, chiave ugello, acetone, chiave isocianato, avvitatore con fresa, chiave a brugola da 5, scala,	120	3,859

						aria com- pressa		
26	Azzeramento frenatura bobina sotto	Regolazione parametri	Spostamenti	Alberto	IED		20	0,643
27	Introduzione alluminio all'imboccatura del nastro	Smontaggio/montaggio	Pulizia	Alberto e Aurelio	IED		80	2,57
28	Azzeramento frenatura bobina sotto	Regolazione parametri	Spostamenti	Alberto	IED		15	0,482
29	Introduzione alluminio all'imboccatura del nastro	Smontaggio/montaggio		Alberto ed Aurelio	IED		30	0,965
30	Centrata dell'ugello e controllo flusso aria	Controllo		Alberto	IED	Chiave ugello ed aria compressa	120	3,85
31	Accensione aspirazione	Regolazione parametri		Alberto	IED		15	0,482
32	Spegnimento pompa A per ritorno in modalità manuale	Regolazione parametri	Spostamenti	Alberto	IED		40	1,286
33	Inserimento fascette all'imbocco del nastro (lato console)	Smontaggio/montaggio		Alberto	IED	Fascette	50	1,60
34	Pulizia canali aspirazione (lato console)	Pulizia		Alberto	IED		35	1,125

35	Apertura rubinetteria compressa, azoto e accensione essiccatore	Regolazione parametri	Spostamenti	Alberto	IED		25	0,804 %
36	Pulizia canali aspirazione (lato console)	Pulizia		Alberto	IED		20	0,643
37	Pulizia filtro aspirazione	Pulizia	Spostamenti	Alberto	IED		65	2,090
38	Frenature delle bobine inferiori e superiori a 60 kg	Regolazione parametri		Alberto	IED		10	0,322
39	Portare velocità nastro a 0	Regolazione parametri		Alberto	IED		5	0,16
40	Settaggio parametri macchina	Regolazione parametri		Alberto	IED		35	1,125
41	Riaccensione pompa isocianato	Regolazione parametri			IED		10	0,322
42	Reset allarmi e controllo dati giornata precedente con modifica portata LB	Regolazione parametri	Controllo		IED		150	4,823
43	Inserimento pannelli all'imbocco del nastro			Alberto e Aurelio	IED	3 pz di pannello con spessore della produzione	30	0,965
44	Regolazione velocità nastro	Regolazione parametri		Alberto	IED		20	0,643
45	Sistemazione fascette	Controllo		Alberto e	IED	Cutter	125	4,019

				Au- re- lio				
46	Controllo console	Controllo		Al- bert o	IED		20	0,643
47	Indossare tuta e dpi	Prelievo di stru- menti		Al- bert o	IED	Tuta e dpi	30	0,965
48	Chiamata all'opera- tore di fine linea	Ricerca	Sposta- menti	Al- bert o	IED		90	2,894
49	Accensione ventila- tore banco seghe	Regola- zione pa- rametri		Al- bert o	IED		5	0,161
50	Apertura rubinetti poliolo e isocianato	Smon- tag- gio/mon- taggio	Pre- lievo di stru- menti	Al- bert o	IED	Chiave iso- cianato	35	1,125
51	Pulizia bordo la- miera e bordo piano colata, con applica- zione distaccante, anche sulla testa (lato console)	Pulizia	Pre- lievo di stru- menti	Al- bert o	IED	Spatoletta e distac- cante	90	2,894
52	Settaggio parametri macchina e partenza	Regola- zione pa- rametri	Con- trollo	Al- bert o	IED		180	5,788
							51,8	
							3 (s)	
							311	100
							0	
							(mi	
							n)	

N°	Descrizione attività	Tipo attività	Tipo attività2	Operatore/	IED/OE	Strumenti utilizza	Tempo (s)	Note	Raccolta tempi (UDC= 10 sec)
1	Accensione impianto	Regolazione parametri		Alberto	IED		25		
2	Prelievo guanti (non giusti) e cutter	Prelievo di strumenti		Alberto	IED	Guanti e cutter	5		
3	Accensione quadro isocianato e controllo serbatoi mescole	Regolazione parametri	Controllo		IED	Quadri sala mescole	25		
4	Scarico polveri allumina	Regolazione parametri			IED	Quadri sala mescole	5		
5	Accensione mescolatore	Regolazione parametri			IED	Quadri sala mescole	10		
6	Reset allarmi e azionamento ausiliari e caterpillar	Regolazione parametri	Controllo		IED	Console di comando	50		
7	Ricerca guanti giusti	Prelievo di strumenti		Alberto	IED		15		
8	Rimozione teli laterali	Pulizia			IED		70		
9	Rimozione montagne di polietilene, spostandole verso il lato macinatore	Pulizia		Alberto/Aurelio	IED		130		
10	Pulizia zona laterale lato console	Pulizia			IED	Scopa e paletta	80		
11	Svuotamento cestino	Pulizia	Spostamenti		IED		35		
12	Pulizia zona laterale lato macinatore	Pulizia			IED	Scopa e paletta	60		

Figura 5.2 - Estratto dal ciclo gramma Excel di Alberto, inizio turno-inizio linea

Tabella 5.3 – Ciclo gramma operatore Denis, fine turno-inizio linea

N°	Desc att	Tipo att	Tipo att2	Op	IED/OED	Strum	T (s)	%
1	Controllo piano colata	Controllo		Denis	OED		30	1,99
2	Apertura totale valvola aria			Denis	OED		5	0,33
3	Freno bobine da 60kg a 0,2kg e pulsante di stop colata	Regolazione parametri		Denis	OED		40	2,65
4	Taglio dell'alluminio e delle fascette	Smontaggio/montaggio		Denis	OED	Cutter	30	1,99
5	Abbassamento velocità dei caterpillar	Regolazione parametri		Denis	IED		10	0,66 %
6	Attesa coda del materiale	Spostamenti		Denis	IED		70	4,64
7	Taglierina in manuale e fermata del traino	Regolazione parametri		Denis	IED		40	2,65
8	Spegnimento stampante	Regolazione parametri		Denis	IED		10	0,66
9	Taglierina in manuale e fermata del traino	Regolazione parametri		Denis	IED		60	3,97
10	Spegnimento taglierina, macinatore e quadro	Regolazione parametri		Denis	IED		10	0,66
11	Prelievo dati da Vitali	Controllo		Denis	IED		50	3,31
12	Spostamento da fine linea ad inizio	Spostamenti		Denis	IED		50	3,31
13	Estrazione consumi materiali di isocianato, catalizzatori e polioli	Controllo		Denis	IED		80	5,30

14	Spegnimento agitatore	Regolazione parametri		Denis	IED		20	1,32
15	Inserimento dati foglio Excel con calcoli di controllo	Controllo		Denis	IED		960	63,58
16	Mettere bilancia sotto carica	Regolazione parametri		Denis	IED		25	1,66
17	Spegnimento quadro generale	Regolazione parametri	Spostamenti	Denis	IED		20	1,32
							25,16 (s)	
							1510 (min)	100

Sempre in sede di sbobinatura, in presenza degli operatori, ho fornito ad ognuno un foglio con disegnato il layout del reparto e chiesto di tracciare con una linea continua il percorso che veniva svolto durante il set up, sia per l'avvio che per lo spegnimento. In figura 5.3 e 5.4 due spaghetti chart.

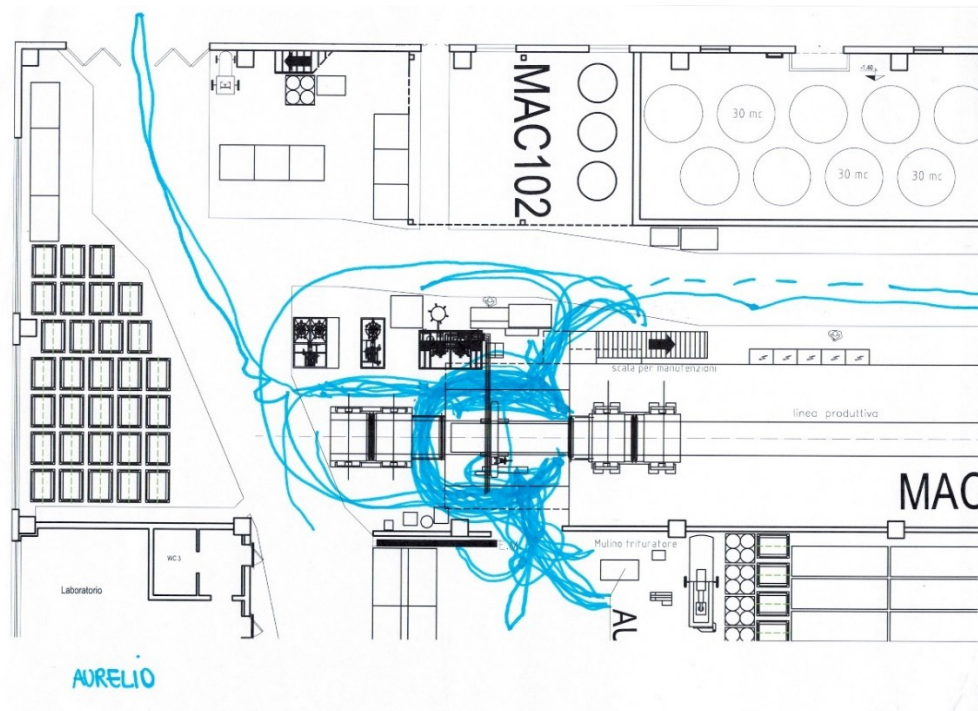


Figura 5.3 – Spaghetti chart dell'operatore Aurelio

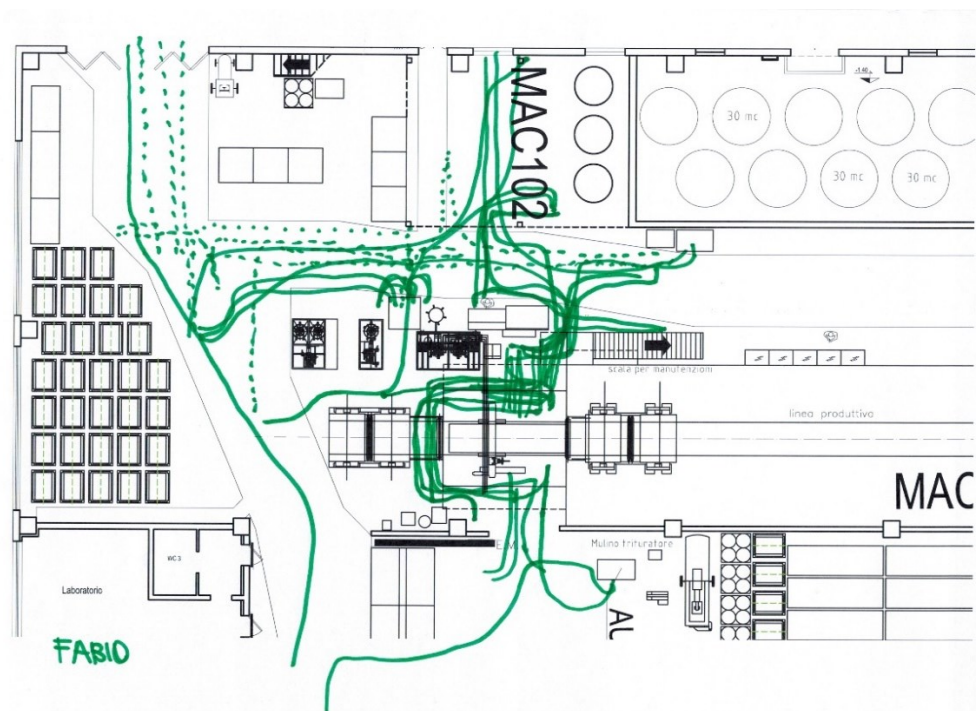


Figura 5.4 – Spaghetti chart, operatore Fabio

Inoltre, ho cercato di quantificare la distanza percorsa dagli operatori (tabella 5.4), considerando un passo umano medio pari a 0,8m.

Tabella 5.4 – Numero di passi e distanza percorsa per operatore

Avvio/Spengimento	Operatore	N° passi	Distanza percorsa (km)
Avvio	Alberto	1788	1,4304
Avvio	Aurelio	729	0,5832
Avvio	Artur	1182	0,9456
Spengimento	Denis	402	0,3216
Spengimento	Fabio	582	0,4656
Spengimento	Vitali	862	0,6896

Nelle figure 5.5 e 5.6, sono riportate delle analisi che mostrano, in particolare per gli operatori Alberto e Denis, come il loro tempo è speso, in maniera, ancora più visual. In particolare, il grafico a torta permette di comprendere quali sono le tipologie di attività maggiormente effettuate, il grafico a barre è una rappresentazione delle attività in ordine decrescente di tempo impiegato. Osserviamo come, per Alberto, l'operazione maggiormente time-consuming è il posizionamento dei teli inferiori (295 s / 3110 s, pari a circa 9,5%). È da sottolineare come la voce "Posizionamento teli inferiori" in questa analisi tenga conto sia dell'attività n°16, che dell'attività n°17 della tabella 5.2. La seconda operazione che richiede più tempo è "Settaggio parametri macchina" (180 s / 3110 s, pari a circa 5,8%). Nel caso, invece, di Denis, l'operazione più onerosa è sicuramente "Inserimento dati foglio Excel con calcoli di controllo" (960 s / 1510 s, pari a circa 63,6%).

In queste dashboard ho voluto anche mettere in evidenza la percentuale di attività IED e OED svolte da ciascun operatore. Per Alberto il 100% delle operazioni che svolge sono IED, invece per Denis, su 17 attività, 13 sono IED, mentre solo 4 sono OED.

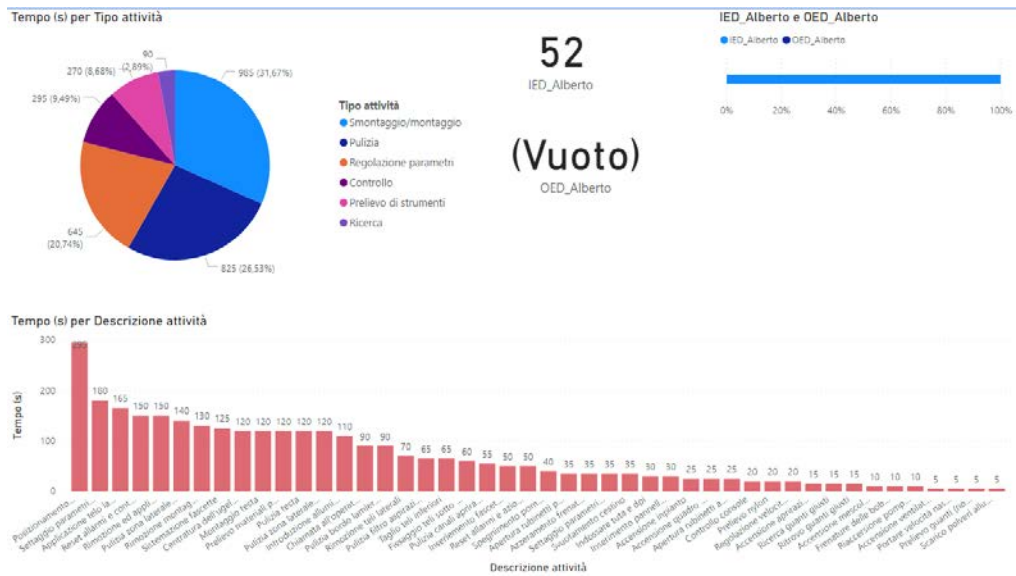


Figura 5.5 – Analisi attività dell'operatore Alberto

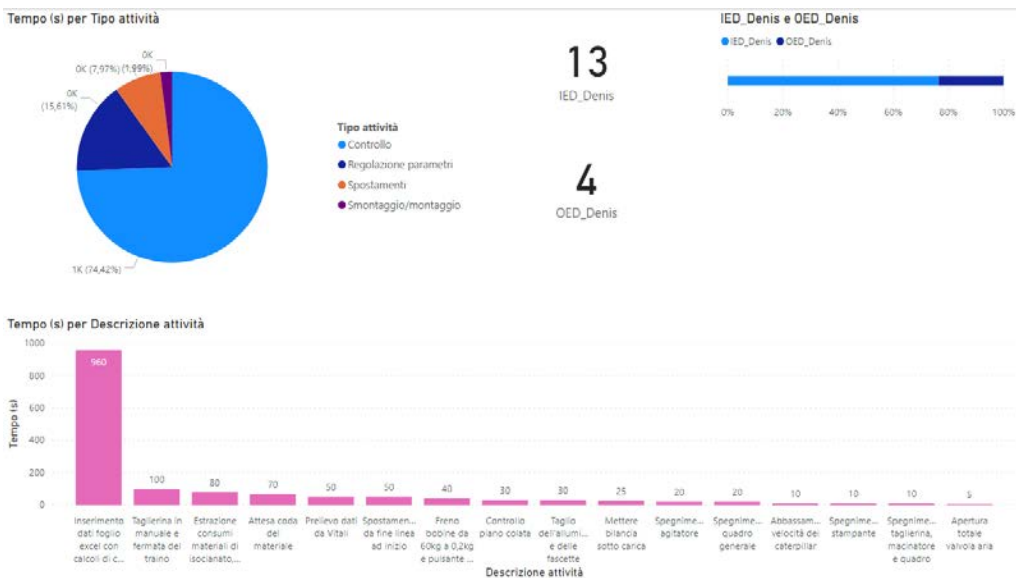


Figura 5.6 – Analisi attività dell'operatore Denis

Come appena dimostrato, la voce maggiormente time-consuming sia per lo spegnimento, sia comunque complessivamente, è la compilazione del report di produzione giornaliero. Infatti, al termine di ogni giornata, il capo reparto Denis o in caso il sostituto Alberto, compilano un file Excel in cui sono presenti i dati della produzione appena terminata (figura 5.7).

INOPERATIVITA' IMPIANTO PRODUZIONE DUCTAL						
DATA	COD. FERMO MACCHINA	DESCRIZIONE	INIZIO	FINE	TOT. INTERR. PROD.	
23/7/20	IS001	AVVIO IMPIANTO	08:00	09:10	01:10	
23/7/20	IS023	MODIFICA ALTEZZA DOPPIO NASTRO	10:45	10:50	00:05	
23/7/20	IS003	ANOMALIA GRUPPO DOSATURA	10:50	11:05	00:15	
23/7/20	IS002	SPEGNIMENTO IMPIANTO	16:35	17:00	00:25	
23/7/20	0	0	00:00	00:00	00:00	
23/7/20	0	0	00:00	00:00	00:00	
23/7/20	0	0	00:00	00:00	00:00	
23/7/20	0	0	00:00	00:00	00:00	

PANNELLI PRODOTTI (m ²)		DENSITA' PROD. 1 (kg/m ²)		DENSITA' PROD. 2 (kg/m ²)		CONSUMO FORMULATO (kg)		CONSUMO MDI (kg)		CONSUMO POLYCAT (kg)		CONSUMO LB (kg)	
8.668,40		53,16		5.912,00		8.039,00		85,00		20,00			

Dettaglio pannelli prodotti:		INVESTIMENTO SUP.		INVESTIMENTO INF.		SCARTO		REC. DA		DURATA PRODUZIONE		
COD. ARTICOLO	m ² prodotti	TIPO	PESO [kg]	TIPO	PESO [kg]	[m ²]	SCARTO	INIZIO	FINE	TOT.		
15HP31	1.848,00	All. gov. 80 µm	417,09	All. gov. 80 µm	417,09	-	-	09:10	10:45	01:35		
15H531	3.662,00	All. gov. 80 µm	826,51	All. gov. 200 µm	2.047,67	-	-	11:05	14:05	03:00		
15H532	67,20	All. gov. 80 µm	15,17	All. gov. 200 µm	37,58	-	-	-	-	-		
15H533	-	All. gov. 80 µm	7,58	All. gov. 200 µm	18,79	33,6	-	-	-	-		
15HR31PLUS	1.209,60	All. lis. 200 µm PLUS	676,37	All. gov. 200 µm	676,37	-	-	14:05	15:10	01:05		
15HR31PLUS	-	All. lis. 200 µm PLUS	18,79	All. gov. 200 µm	18,79	33,6	-	-	-	-		
15H531	1.780,80	All. gov. 80 µm	401,93	All. gov. 200 µm	995,76	-	-	15:10	16:35	01:25		
15H531	-	All. gov. 80 µm	7,58	All. gov. 200 µm	18,79	33,6	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

TOTALE ORE PRODUZIONE	07:05
TOTALE ORE FERMO MACCHINA	01:55
TOTALE ORE	09:00

Figura 5.7 – Report di produzione di fine giornata

In particolare, vengono riportati i m² prodotti distinti per singolo codice articolo, la densità di produzione, che è una sorta di parametro, calcolato a mano, che permette di verificare indirettamente la bontà delle materie prime; poi vengono riportati i consumi dei singoli elementi, quali il formulato, ovvero il poliolo che è misurato tramite la bilancia carrellata, MDI, chiamato anche isocianato, il polycat e l'LB, altri elementi chimici di interesse. Oltre a queste informazioni sono riportati anche per singolo codice SKU il consumo di alluminio in kg, i m² di pannello che sono stati declassati a scarto e gli intervalli di produzione, sempre distinta per codice prodotto. Inoltre, è presente anche un elenco dei fermi macchina con relativa durata.

In aggiunta a questo modulo riassuntivo della produzione, viene compilato un altro report definito come “Buono di prelievo”, necessario all'ufficio acquisti per lo scarico a magazzino delle materie prime (figura 5.8).

Buono di prelievo				
Categoria	Codice	Descrizione	Quantità	U.M.
Isocianati	09DM00	Isocianato MDI	8039,00	kg
				kg
Polioli	0006100280	HYDROTEC HP sp.20	0,00	kg
	0006100410	HYDROTEC HP sp.30	5912,00	kg
	0006100390	HYDROTEC HP sp.12	0,00	kg
	0006100320	HYDROTEC HB sp.20	0,00	kg
	0006100380	HYDROTEC CARTA - 301/60		kg
Supporti				kg
	02AL05	Alluminio goffrato 50 micron P3	0,00	kg
	02AL06	Alluminio goffrato 60 micron P3	0,00	kg
	02AL07	Alluminio goffrato 60 micron anonimo	0,00	kg
	02AL08	Alluminio goffrato 80 micron P3	2093,05	kg
	02AL08N	Alluminio goffrato 80 micron P3 NERO	0,00	kg
	02AL09	All. gof. 80 µm anonimo	0,00	kg
	02AL11	All. lis. 80 µm PLUS	0,00	kg
	02AL12	All. lis. 200 µm PLUS	695,16	kg
	02AL13	Alluminio liscio 60 micron autopulente		kg
	02AL18	All. lis. 80 µm	0,00	kg
	02AL19	All. lis. 80 µm ABT	0,00	kg
	02AL20	All. gof. 200 µm	3813,96	kg
	02AL28	All. pol. 80 µm	0,00	kg
	02AL48	Alluminio goffrato 80 micron P3 antibatterico col		kg
	02AL49	Alluminio goffrato 50 micron P3 antibatterico col		kg
	02AL80	All. gof. 80 µm col	0,00	kg
	0018010020	All. gof. 200 µm anonimo	0,00	kg
	0018020040	All. lis. 200 µm	0,00	kg
	0018020041	All. lis. 200 µm ABT	0,00	kg
32BL03	Bolle d'aria BULPAK B4	0,00	m ³	
Altri componenti	02AZ02	Azoto	0,80	m ³
	09DM01	DMCEA	85,00	kg
	0006500050	LB	20,00	kg
	02CL02	Colourthane blu 47-13		kg
02CL04	Colourthane nero AB-1703		kg	
Carta	02FS01	Fascette carta siliconata (85 gr/mq)	1300,32	m ²
	10CC02	Carta Cerata		kg
Imballaggi				
	32PE01	PE Stampato	127,50	kg
	32PE00	PE neutro	76,50	kg
	32PE11	PE Stampato nuovo		kg
	32PE10	PE neutro nuovo		kg
	32BL01	Bolle Aria	2805,00	m ³
32SC02	Scatole di cartone		N	

Figura 5.8 – Buono di prelievo

Oltre alle informazioni sulle MP chimiche riportate anche nel report produzione, vi è un dettaglio complessivo delle bobine di alluminio utilizzate, distinte per tipologia, e di tutti i componenti utilizzati per l'imballo, come le fascette di carta siliconata, le bolle d'aria, il PE stampato e neutro. Inoltre, al termine di ogni produzione, l'operatore del pulpito si dirige in fondo alla linea per raccogliere i dati della produzione, che sono attualmente segnati come stanghette su un foglio di carta dall'operatore al controllo qualità.

Capitolo 6

P3 CASE STUDY – DISEGNO ED IMPLEMENTAZIONE DEL TO BE

Il capitolo è interamente incentrato nei disegni dei set up TO BE. Mi soffermerò in particolare nel descrivere l'approccio con cui le iniziative di miglioramento sono state lanciate e monitorate, una sorta di variante del classico ciclo PDCA. Nel cuore del capitolo sono presenti alcuni esempi di azioni sviluppate dagli operatori, con un approfondimento sulla definizione del nuovo set up di avviamento e spegnimento dell'impianto DUCTAL.

6.1 DISEGNO DEL TO BE AVVIO E SPEGIMENTO

Per la fase di disegno del TO BE e successive attività si è presa in considerazione solo la postazione di inizio linea e quindi si sono coinvolti principalmente gli operatori: Denis, Fabio, Alberto ed Aurelio. In maniera autonoma, grazie ad una seconda visione dei filmati e in seguito alle spiegazioni degli stessi operatori, ho cercato di distinguere quelle attività che da IED potessero essere trasformate in OED, e quindi portate fuori dalla fase di set up ed eseguite quando già la macchina è in funzione. Nelle tabelle 6.1 e 6.2, questi cambiamenti sono

contraddistinti da una casella di colore rosa. Le tabelle riferite agli operatori Aurelio e Fabio sono in appendice B.

Sempre nelle medesime tabelle, una per operatore, ogni attività è stata classificata con tre colori diversi, a seconda che fosse:

- A valore – verde: attività considerata fondamentale, da eseguire per il corretto e adeguato funzionamento dell’impianto.
- A non valore, ma necessaria – giallo: attività che non può essere eliminata, ma di cui auspichiamo di poter ridurre il tempo dedicatole di un 20%.
- A non valore – rosso: attività che deve essere eliminata assolutamente o per cui il tempo dedicatole deve essere ridotto di almeno un 80%.

In particolare, per le operazioni considerate rosse e gialle, all’inizio autonomamente, ho pensato a delle possibili iniziative di miglioramento che permettessero di snellirle, se non di eliminarle completamente, mantenendone comunque la sequenzialità.

Successivamente sono state svolte delle interviste doppie con gli operatori, in particolare una giornata dedicata alla coppia Alberto e Fabio per l’avvio dell’impianto, ed una mattinata con Denis e Aurelio, per la fase di spegnimento. Sono stati scelti questi accoppiamenti, diversi da quelli dalle registrazioni fatte, in quanto, gli operatori turnando, non sempre si trovano affiancati alle stesse persone. È stato anche un modo per metterli nelle condizioni di esprimersi più liberamente.

Tabella 6.1 – Attività AV/NAV Alberto, inizio turno-inizio linea

N°	Desc atti	IED/ OED	T (s)	%	AV/ NA V	Spunti
1	Accensione impianto	IED	25	0,80		
2	Prelievo guanti (non giusti) e cutter	IED	5	0,16		Ogni operatore avrà la propria scatola con

						nome che conterrà tutti i propri DPI
3	Accensione quadro isocianato e controllo serbatoi mescole	IED	25	0,80		
4	Scarico polveri	IED	5	0,16		
5	Accensione mescolatore	IED	10	0,32		
6	Reset allarmi e azionamento ausiliari e caterpillar	IED	50	1,61		
7	Ricerca guanti giusti	IED	15	0,48		Eliminare questa attività non a valore
8	Rimozione teli laterali	IED	70	2,25		Queste attività verranno effettuate durante lo spegnimento dell'impianto.
9	Rimozione montagne di poliuretano, spostandole verso il lato macinatore	IED	130	4,18		Queste attività verranno effettuate durante lo spegnimento dell'impianto.
10	Pulizia zona laterale lato console	OED	80	2,57		Attività trasformata in OED
11	Svuotamento cestino	OED	35	1,13		I cestini alla mattina devono essere vuoti
12	Pulizia zona laterale lato console	OED	60	1,93		Attività trasformata in OED

13	Ritrovo guanti giusti	IED	15	0,48		Eliminare questa attività non a valore
14	Pulizia zona laterale lato macinatore	OED	120	3,86		Attività trasformata in OED
15	Taglio teli inferiori	IED	65	2,09		Utilizzare sistemi poka-yoke per il taglio dei teli oppure farli in modalità OED
16	Posizionamento teli inferiori	IED	60	1,93		Ridefinire percorsi e responsabilità
17	Posizionamento teli inferiori	IED	235	7,56		Ridefinire percorsi e responsabilità
18	Fissaggio teli sotto al nastro di colata	IED	60	1,93		Ridefinire percorsi e responsabilità
19	Rimozione ed applicazione nastro biadesivo	IED	150	4,82		Ridefinire percorsi e responsabilità
20	Applicazione telo laterale lato macinatore	IED	60	1,93		Ridefinire percorsi e responsabilità
21	Prelievo nylon	IED	20	0,64		Ridefinire percorsi e responsabilità
22	Applicazione telo laterale lato macinatore	IED	105	3,38		
23	Prelievo materiali per montaggio testa	IED	120	3,86		Studiare un Kit head
24	Pulizia testa	IED	120	3,86		Studiare un Kit head

25	Montaggio testa	IED	120	3,86		Studiare un Kit head
26	Azzeramento frenatura bobina sotto	IED	20	0,64		
27	Introduzione alluminio all'imboccatura del nastro	IED	80	2,57		Questa attività dovrà essere eliminata, il team dello spegnimento dovrà effettuare un taglio dell'alluminio accurato in modo che alla mattina l'alluminio sia già imboccato.
28	Azzeramento frenatura bobina sotto	IED	15	0,48		
29	Introduzione alluminio all'imboccatura del nastro	IED	30	0,96		
30	Centratura dell'ugello e controllo flusso aria	IED	120	3,86		
31	Accensione aspirazione	IED	15	0,48		
32	Spegnimento pompa A per ritorno in modalità manuale	IED	40	1,29		
33	Inserimento fascette all'imbocco del nastro (lato console)	IED	50	1,61		
34	Pulizia canali aspirazione (lato console)	IED	35	1,13		
35	Apertura rubinetti aria compressa, azoto e accensione essiccatore	IED	25	0,80		
36	Pulizia canali aspirazione (lato console)	IED	20	0,64		
37	Pulizia filtro aspirazione	IED	65	2,09		Utilizzare sistemi poka-yoke di aggancio rapido

38	Frenature delle bobine inferiori e superiori a 60 kg	IED	10	0,32		
39	Portare velocità nastro a 0	IED	5	0,16		
40	Settaggio parametri macchina	IED	35	1,13		
41	Riaccensione pompa isocianato	IED	10	0,32		
42	Reset allarmi e controllo dati giornata precedente con modifica portata LB	IED	150	4,82		
43	Inserimento pannelli all'imbocco del nastro	IED	30	0,96		
44	Regolazione velocità nastro	IED	20	0,64		
45	Sistemazione fascette	IED	125	4,02		Utilizzo di sistemi poka-yoke per la regolazione del convogliatore e delle fascette
46	Controllo console	IED	20	0,64		
47	Indossare tuta e dpi	IED	30	0,96		
48	Chiamata all'operatore di fine linea	IED	90	2,89		Utilizzo di walkie-talkie
49	Accensione ventilatore banco seghe	IED	5	0,16		Attività che non deve essere fatta dall'operatore di inizio linea
50	Apertura rubinetti poliolo e isocianato	IED	35	1,13		

51	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applicazione distaccante, anche sulla testa (lato console)	IED	90	2,89		Ridefinire percorsi e responsabilità
52	Settaggio parametri macchina e partenza	IED	180	5,79		
			3110 (s)			
			51,83 (min)	100		

Tabella 6.2 – Attività AV/NAV Denis, fine turno-inizio linea

N°	Desc att	IED/ OED	T (s)	%	AV/ NA V	Spunti
1	Controllo piano colata	OED	30	1,99		
2	Apertura totale valvola aria	OED	5	0,33		
3	Freno bobine da 60kg a 0,2kg e pulsante di stop colata	OED	40	2,65		
4	Taglio dell'alluminio e delle fascette	OED	30	1,99		
5	Abbassamento velocità dei caterpillar	IED	10	0,66		
6	Attesa arrivo del materiale	IED	70	4,64		Deve essere il più breve possibile
7	Taglierina in manuale e fermata del traino	IED	40	2,65		

8	Spegnimento stampante	IED	10	0,66		
9	Taglierina in manuale e fermata del traino	IED	60	3,97		
10	Spegnimento taglierina, macinatore e quadro	IED	10	0,66		
11	Prelievo dati da Vitali	IED	50	3,31		Eliminazione attività
12	Spostamento da fine linea ad inizio	IED	50	3,31		
13	Estrazione consumi materiali di isocianato, catalizzatori e polioli	IED	80	5,30		Eliminazione attività
14	Spegnimento agitatore	IED	20	1,32		
15	Inserimento dati foglio Excel con calcoli di controllo	IED	960	63,5		Eliminazione attività
16	Mettere bilancia sotto carica	IED	25	1,66		
17	Spegnimento quadro generale	IED	20	1,32		
			1510			
			(s)			
			25,16	100		
			(mi			
			n)			

Per ogni operazione, utilizzando la tecnica dei 5Perchè, si è cercato di comprendere in maniera approfondita le motivazioni per cui quella specifica attività venne svolta e la logica temporale di esecuzione. Fondamentale è stato

comprendere se tutte le operazioni definite come IED potessero invece essere esternalizzate, anche sulla base delle ipotesi che avevo fatto da sola. Lo scopo principale di questi incontri è stato non solo quello di analizzare ad una ad una le operazioni e capire come poter esternalizzarle, ma soprattutto andare a rintracciare delle opportunità di miglioramento, dalla semplice definizione di una nuova sequenza con cui vengono eseguite le attività, all’ideazione di veri e propri piccoli progetti kaizen. Molti di questi spunti sono stati scritti dagli operatori in dei post-it, infatti erano proprio loro che più volte si sono alzati e sono andati alla lavagna per fare schizzi di idee.

Di seguito un elenco (tabella 6.3) delle iniziative di miglioramento che sono dapprima emerse durante i colloqui, ulteriormente strutturate da me in un secondo momento:

Tabella 6.3 – Elenco delle iniziative di miglioramento

Interfacciarsi con l’ufficio acquisti/logistica in modo da evitare l’arrivo di trasportatori negli archi orari: 7-8 e 17-18
Definire delle misure per i teli di nylon usati per il set up, decidere “periodo di copertura” e zona di stoccaggio
Tagliare i pannelli per l’inserimento in modalità OED
Definire i parametri macchina per ogni produzione e preimpostarli sul pulpito della macchina
Valutare con i fornitori o fare una nuova indagine di mercato per acquistare una nuova tipologia di nylon con patina distaccante
Discutere con i fornitori la possibilità di avere teli nylon già tagliati con le giuste misure
Pensare, disegnare, prototipare un nuovo sistema di fissaggio nylon inferiore, consultarsi con Dima per il prototipo
Valutare la possibilità di avere stabile al 100% Aurelio in reparto DUCTAL
Utilizzo di sistemi walkie-talkie per la comunicazione inizio-fine linea
Valutare cambio della testa con una in materiale ceramico
Valutare il cambiamento ed il miglioramento dell’impianto di aspirazione
Valutare un sistema di filodiffusione per la comunicazione inizio-fine linea
Valutare la possibilità di installare un sistema di dispersione ad acqua e solventi per l’eliminazione delle montagne
Mettere in evidenza con segni sul pavimento per il taglio del nylon
Definire un elenco delle responsabilità di chiusura, con anche il sostituto
Effettuare il taglio dell’alluminio in modo che sia già avviato per il giorno successivo

I cestini vicina alla zona console devono essere vuoti per l'avviamento del giorno dopo
Definire elenco attività per il nuovo avviamento
Definire elenco attività per il nuovo spegnimento dell'impianto, cercando di ottimizzare gli spostamenti
La pulizia delle zone in prossimità del banco di colata può essere fatta mentre l'impianto è in funzione
Eliminazione dell'attività di compilazione del report di fine produzione
Posizionamento dei teli nylon laterali al più tardi possibile
Definire e predisporre delle tacche per facilitare il posizionamento del convogliatore
Definire e condividere uno standard su come devono essere posizionate le bobine di alluminio a magazzino
Costruire/acquistare delle scatole per i dispositivi DPI, per ciascun operatore
Pensare, disegnare, prototipare un nuovo sistema di chiusura vano sportello di aspirazione
Pensare, disegnare, prototipare un nuovo sistema di spostamento delle "montagne", consultarsi con Dima per il prototipo
Pensare, disegnare, prototipare un carrello/cassetta con tutti gli attrezzi per il montaggio, smontaggio e cambio della testa

6.2 RIVISITAZIONE CICLO PDCA

Una volta rintracciati gli spunti di miglioramento, è stato fondamentale definire una modalità con cui portare avanti questi piccoli progetti e cercare il più possibile di responsabilizzare le persone. A tal fine ho ideato un'applicazione alternativa al classico A3 del PDCA, in particolare ho realizzato delle card personalizzate con il logo P3 (figura 6.1).

- **Categoria:** sono state definite quattro macrocategorie di miglioramento: avviamento, spegnimento, processo e magazzino. Infatti, durante le interviste con gli operatori non sono solo emerse idee relative all'avviamento e allo spegnimento, ma anche improvements relativi al processo ed alla gestione del magazzino delle bobine di alluminio. Il mio intento è stato quello di organizzare, in un tabellone mobile vicino alla linea, un luogo dove le persone potessero esprimere le proprie idee, ma soprattutto renderle visibili a tutti. Ho voluto far passare il messaggio che essendo gli operatori i detentori di questo spazio, potevano gestirlo come meglio credevano, scegliendo come categorizzare le cards e come spostarle.


PDCA				
Categoria:				
Descrizione attività di miglioramento:				
Owner:				
I	P	D	C	A
Deadline di check:				

Figura 6.1 - Card PDCA

- **Descrizione attività di miglioramento:** una descrizione sintetica dell'iniziativa di miglioramento proposta, con il consiglio che se si tratta di un'attività molto lunga o onerosa sarebbe meglio fare più cards PDCA, in modo da spezzettare il progetto. In alcune cards, per esempio, la richiesta è solo di disegnare o pensare ad una possibile soluzione, non realizzarla direttamente. Per la prototipazione/costruzione si potrà aprire un'altra card. Inoltre, ho voluto marcare il fatto che se è possibile, bisogna definire in maniera precisa quello che è l'output che ci si aspetta o che deve essere presentato in fase di check.
- **Owner:** è colui che viene designato o si prende la responsabilità di portare avanti l'attività di miglioramento singolarmente oppure guidando i propri colleghi. Con la definizione di un owner dell'iniziativa il mio obiettivo era quello di aumentare il coinvolgimento delle persone, rendendole più partecipi e cercando di annullare i vincoli legati alle gerarchie. L'owner dei progetti non deve essere esclusivamente il capo reparto, anche gli operatori.
- **I:** corrisponde alla data in cui la card PDCA è stata inserita nel backlog.
- **P:** è la data in cui la card dal backlog viene spostata in plan.
- **D:** è la data in cui dal plan la card si sposta al do, quindi effettivamente l'attività migliorativa si mette in pratica.

- C: è la data in cui la card viene spostata dal do al check. La data può non corrispondere alla deadline, ma deve essere assolutamente prima.
- A: è la data in cui la card passa dal check all'act, quindi l'attività di miglioramento diventa standard e deve essere sostenuta nel tempo.
- Deadline di check: è la data ultima entro il quale bisogna presentare un risultato dell'attività di miglioramento. È lo stesso team a dover validare la soluzione raggiunta. Solamente nel momento in cui tutti sono concordi allora effettivamente la card può essere spostata nel quadrante di Act.

Per il momento gli eventi di validazione e di check avvengono in maniera molto destrutturata, ovvero sono io che chiedo agli operatori a che punto sono con il progetto e, in caso, li sollecito. Quando effettivamente P3 troverà una figura che si occupi di miglioramento continuo e di Lean a tempo pieno, queste PDCA cards potranno essere gestite e discusse durante i giornalieri flash meeting.

Un aspetto su cui ho voluto porre l'attenzione è che, nel momento in cui si è definito uno standard condiviso, questa è la best solution raggiunta fino a quel momento, ma non è detto che sia la migliore soluzione in assoluto, anzi, nel momento in cui ci si accorge che è superata bisognerebbe lanciare un nuovo ciclo PDCA, sempre nell'ottica Lean del miglioramento continuo e quotidiano passo dopo passo.

Di seguito le istruzioni sull'utilizzo del ciclo PDCA che ho appeso al tabellone: "Le nuove idee di miglioramento dovranno essere scritte nelle apposite card PDCA e posizionate nella colonna backlog sotto la categoria corrispondente. Ad ogni flash meeting verranno discusse le nuove idee e si deciderà se far partire un ciclo PDCA oppure lasciarle ancora nel backlog. Nel caso in cui si decidesse di far partire un ciclo PDCA bisognerà identificare tra i membri del team un owner, ovvero una persona che si farà carico di portare avanti il progetto di miglioramento, in alcuni casi singolarmente, in altri casi dovrà coinvolgere il team, guidandolo o assegnando dei piccoli compiti. A questo punto la PDCA card viene spostata nel primo quadrante, quello del PLAN, questa azione è accompagnata dall'inserimento della data del giorno stesso. Posizionare la card sul plan è un atto di responsabilità, con cui ci si impegna a portare a termine il ciclo.

Inoltre, colui che guida il flash meeting definirà una data di deadline, ovvero una data ultima entro la quale bisognerà portare un output o una dimostrazione del progetto di miglioramento portato avanti. Nel momento in cui si decide di attuare l'attività di miglioramento, la card dovrà essere spostata nel secondo quadrante, quello del DO, questa azione è sempre accompagnata dalla scrittura della data. È sempre l'owner del progetto che deve effettuare tutti gli spostamenti all'interno del ciclo. Se e quando si ritiene di aver raggiunto una soluzione o comunque di aver prodotto qualcosa, si posta la card sul quadrante CHECK, questo spostamento deve essere effettuato necessariamente prima deadline. A questo punto l'owner dell'attività presenterà l'output che ha portato e chi guida il flash meeting, insieme a tutto il team, verificheranno il miglioramento e convalideranno tutti insieme la soluzione raggiunta. L'output può essere un disegno, una check-list, un miglioramento di un KPI etc. La card viene infine spostata nell'ultimo quadrante, sempre segnando il giorno, a questo punto, per la soluzione trovata dovrà essere creato uno standard in modo da mantenerla nel tempo.”

In figura 6.2 una foto del cartellone PDCA che è stato installato in linea.

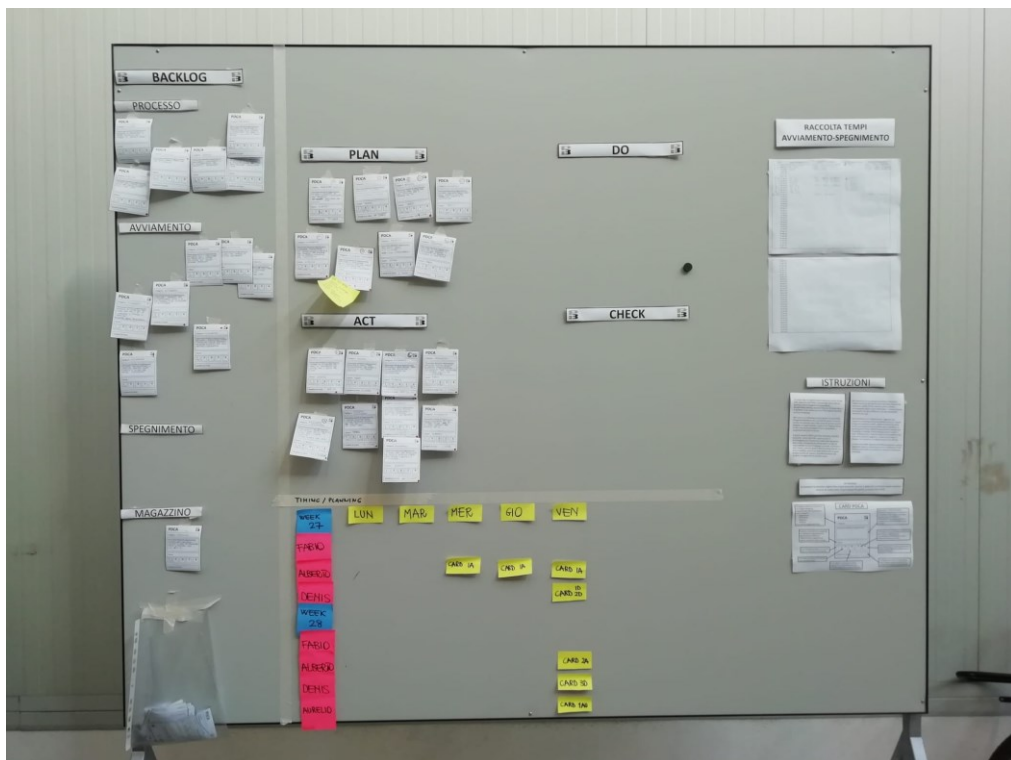


Figura 6.2 – Cartellone PDCA

6.3 IMPLEMETAZIONE DELLE INIZIATIVE DI MIGLIORAMENTO

Delle iniziative mostrate in tabella 6.3, non tutte hanno dato vita a delle card e cicli PDCA, in quanto alcune azioni di miglioramento andavo un po' al di fuori quelli che sono effettivamente gli obiettivi del progetto SMED, erano fin troppo complicate ed andavano ben oltre le mie possibilità di intervento. In ogni caso sono state comunque inserite nel backlog della lavagna, ~~anche~~ per dar voce agli operatori, alle loro idee e bisogni.

Di seguito l'elenco delle card PDCA che sono state lanciate, distinte per categoria, con relativo owner, date di IPDCA e deadline di check (tabella 6.4).

Tabella 6.4 – Elenco delle iniziative di miglioramento con rispettivi dati card PDCA

N°	CAT.	INIZIATIVA	OW- NER	I	P	D	C	A	D L
1	PROCESSO	Utilizzo di sistemi walkie-talkie per la comunicazione inizio-fine linea	Fabio	19/ 6	24/ 6	25/ 7	3/ 7	3/ 7	3/ 7
2	AVVIA- MENTO	Mettere in evidenza con segni sul pavimento per il taglio del nylon e definire delle misure	Aure- lio	19/ 6	24/ 6	1/7	1/ 7	1/ 7	3/ 7
3	AVVIA- MENTO	Effettuare il taglio dell'alluminio correttamente in modo che sia già avviato per il giorno successivo	Al- berto	19/ 6	24/ 6	25/ 6	1/ 7	1/ 7	3/ 7
4	AVVIA- MENTO- SPEGNI- MENTO	I cestini vicina alla zona console devono essere vuoti per l'avviamento del giorno dopo	Fabio	19/ 6	24/ 6	25/ 6	1/ 7	1/ 7	3/ 7
5	AVVIA- MENTO	Definire elenco attività per il nuovo avviamento	Al- berto ed Aure- lio	19/ 6	24/ 6	3/7	8/ 7	2/ 9	3/ 7

6	SPEGNI- MENTO	Definire elenco attività per il nuovo spegnimento dell'impianto, cercando di ottimizzare gli spostamenti	Denis e Fabio	19/ 6	24/ 6	3/7	8/ 7	2/ 9	3/ 7
7	AVVIA- MENTO	Posizionamento dei teli nylon laterali al più tardi possibile	Alberto	19/ 6	24/ 6	25/ 6	1/ 7	1/ 7	3/ 7
8	SPEGNI- MENTO	Definire un elenco delle responsabilità di chiusura, con anche il sostituto	Fabio	19/ 6	1/7	3/7	8/ 7	8/ 7	10 /7
9	AVVIA- MENTO	La pulizia delle zone in prossimità del banco di colata può essere fatta mentre l'impianto è in funzione	Alberto	19/ 6	1/7	2/7	8/ 7	8/ 7	10 /7
10	AVVIA- MENTO	Definire e predisporre delle tacche per facilitare il posizionamento del convogliatore	Aurelio	19/ 6	1/7	3/7	3/ 7	3/ 7	10 /7
11	PROCESSO	Costruire/acquistare delle scatole per i dispositivi DPI, per ciascun operatore	Denis	19/ 6	1/7	6/7	10 /7	10 /7	10 /7
12	SPEGNI- MENTO	Eliminazione dell'attività di compilazione del report di fine produzione	Serena	19/ 6	8/7	8/7	?? ?	?? ?	17 /7
13	MAGAZ- ZINO	Definire e condividere uno standard su come devono essere posizionate le bobine di alluminio a magazzino	Fabio	19/ 6	8/7	15/ 7	17 /7	17 /7	17 /7
14	AVVIA- MENTO	Pensare, disegnare, prototipare un nuovo sistema di chiusura vano sportello di aspirazione	Alberto e Dima	19/ 6	8/7	10/ 7			17 /7

15	MAGAZ- ZINO	Interfacciarsi con l'ufficio acquisti/logistica in modo da evitare l'arrivo di trasportatori negli archi orari: 7-8 e 17-18	En-rico	19/ 6	8/7	15/ 7	17 /7	17 /7	17 /7
16	PROCESSO	Definire i parametri macchina per ogni produzione e preimpostarli sul pulpito della macchina	Mi- chele ⁶⁸	19/ 6	8/7	10/ 7	15 /7	15 /7	17 /7
17	PROCESSO	Pensare, disegnare, prototipare un nuovo sistema di spostamento delle "montagne", consultarsi con Dima per il prototipo	Al- berto e Dima	19/ 6	15/ 7	20/ 7			24 /7
18	AVVIA- MENTO- SPEGNI- MENTO	Pensare, disegnare, prototipare un carrello/cassetta (kit head) con tutti gli attrezzi per il montaggio, smontaggio e cambio della testa	Denis	19/ 6	15/ 7	20/ 7	5/ 8	3/ 9	24 /7

Vorrei un attimo soffermarmi sulle iniziative numero 14 e 15, infatti, si può notare che non sono complete di tutte le date, mancano quelle di check e act, in quanto discutendo con il manutentore si è giunti alla conclusione che le due idee erano infattibili. In particolare, la prima, relativa al cambio di chiusura dello sportello d'aspirazione avrebbe portato ad un allungamento del tempo di apertura del vano. Per quanto riguarda la seconda, in realtà, era emersa una possibile soluzione, però questa richiedeva una modifica ingente del layout dell'impianto, oltre che una serie di costi economici correlati, per questo si è deciso di abbandonare l'iniziativa.

Di seguito una spiegazione molto sintetica di alcune delle soluzionii migliorative applicate. Le iniziative numero 5,6 e 12 troveranno più ampio spazio nei capitoli successivi.

⁶⁸ Michele, non ancora nominato, è l'ingegnere chimico di P3 Srl.

Tagli del nylon

Una delle prime iniziative di miglioramento che sono state assegnate, è stata quella di definire le misure dei teli utilizzati per la fase di avviamento e posizionare nella zona di taglio due nastri colorati (figura 6.3), uno per il telo inferiore ed uno per i teli laterali. In questo modo, utilizzando un semplice stratagemma poka-yoke, l'operatore tira il nylon fino a raggiungere le tacche sul pavimento.

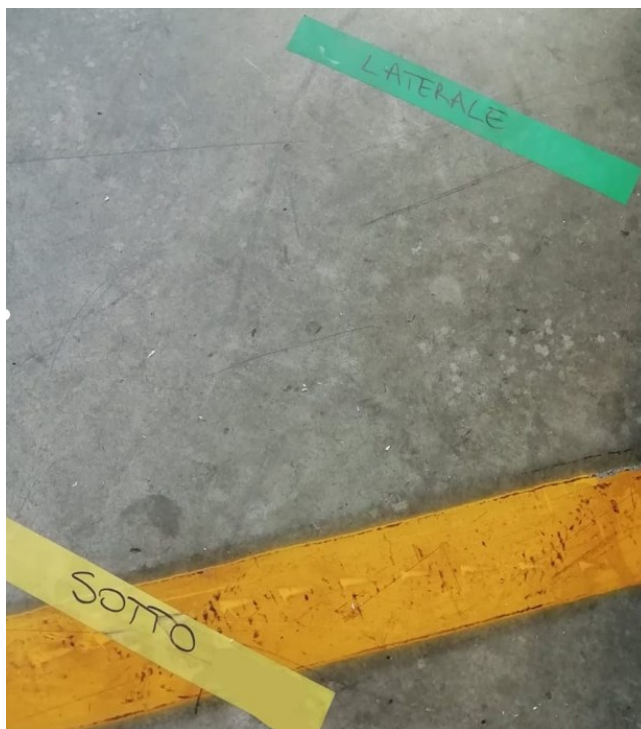


Figura 6.3 – Sistema poka -yoke per il taglio del nylon

Posizionamento bobine

Durante i colloqui con gli operatori è emerso che Fabio era l'unico operatore che si occupava del posizionamento delle bobine di alluminio nel magazzino delle materie prime. Era lui l'unico detentore del know-how. Infatti, negli anni era stato in grado di sviluppare, grazie all'esperienza, ~~tutto~~ un ragionamento sul posizionamento delle bobine, in modo da avere sempre a portata di mano quelle che servivano per la produzione imminente, oppure, sempre sulla base del fabbisogno produttivo, capiva quali rimanenze di alluminio potessero essere utilizzate.

Il mio contributo è stato solo quello di far comprendere come le conoscenze e le

capacità di una singola persona non dovrebbero rimanere solo di questa, ma anzi dovrebbero essere condivise tra tutti. L'output dell'iniziativa numero 13 (tabella 6.4), è un cartellone con riportati per iscritto e disponibili a tutti, dei ragionamenti e delle regole, che l'operatore segue. È nato così uno standard (figura 6.4)

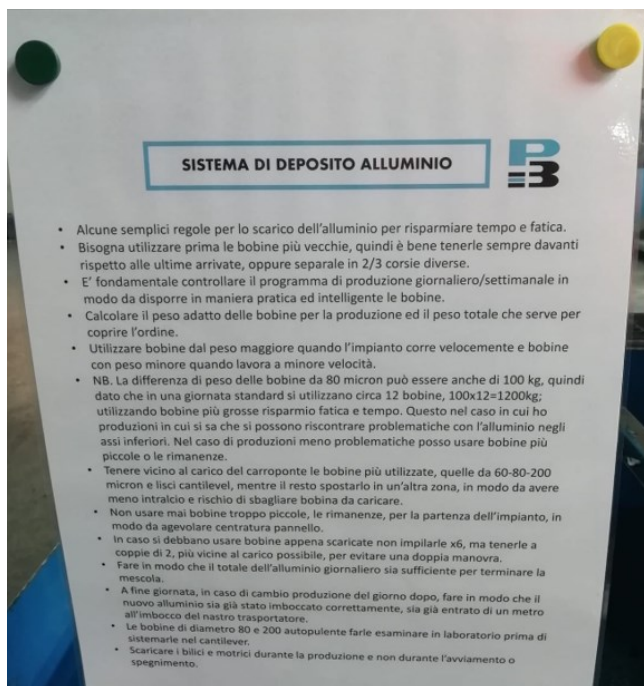


Figura 6.4 – Standard per il deposito dell'alluminio

Elenco responsabilità di chiusura

Sempre durante le interviste è emerso che molto spesso, soprattutto durante la fase di chiusura e spegnimento dell'impianto, gli operatori tendono ad effettuare gli stessi controlli più e più volte, come ad esempio la chiusura delle porte o delle luci. L'iniziativa numero 8, tratta proprio di questo. È stato chiesto di definire un elenco delle responsabilità di chiusura, una sorta di check list, di tutto quello che deve essere spento/chiuso prima di lasciare la sede. Si è individuato un operatore responsabile di queste attività ed un sostituto, in caso di assenza del primo.

KIT head

Come è emerso dalle tabelle che mostrano lo stato attuale del set up di avviamento e spegnimento, una porzione del tempo di uno dei due operatori è dedicata ad operazioni che abbiamo categorizzato come montaggio/smontaggio e pulizia della testa. Per cercare di ridurre al minimo il tempo speso ad attività a zero

valore aggiunto come la ricerca degli attrezzi, oppure gli spostamenti per prelevare uno strumento dimenticato, è stato realizzato un kit, chiamato anche nelle tabelle precedenti come kit head, che contenesse tutto il necessario. Il carrello è stato prima disegnato dal capo reparto, con indicazione ~~anche~~ delle misure che doveva avere (figura 6.5), successivamente il disegno è stato consegnato al manutentore, che si è occupato della sua realizzazione. Seguendo i principi delle 5S, gli operatori hanno deciso insieme dove dovessero essere collocati i singoli elementi e successivamente hanno realizzato dei calchi con un pannello, il tutto per facilitare l'individuazione, il prelievo ed il deposito degli strumenti (figura 6.6).

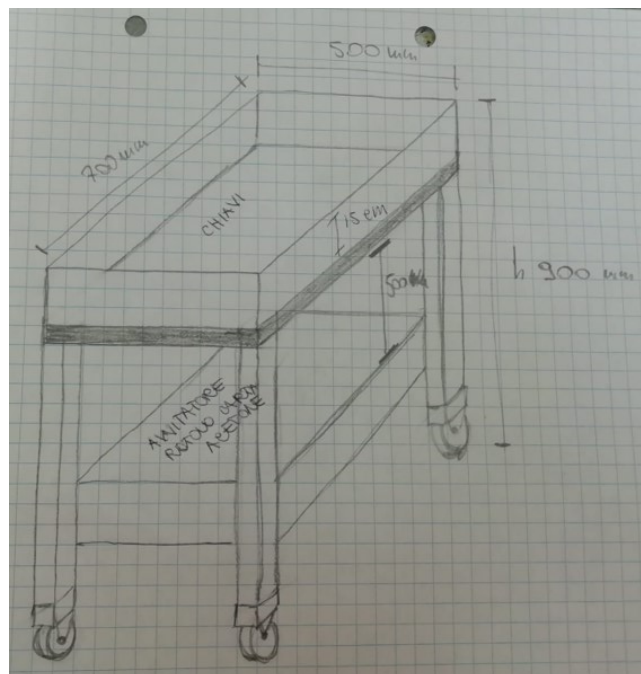


Figura 6.5 – Disegno del carrello KIT head



Figura 6.6 – Primo ripiano carrello KIT head

6.4 DEFINIZIONE DEL NUOVO SET UP DI AVVIAMENTO E SPEGNIMENTO

Andiamo ora a trattare più nello specifico le due iniziative riportate nella tabella 6.4 riguardanti la definizione delle nuove attività per l'avviamento e lo spegnimento dell'impianto DUCTAL. Il risultato raggiunto è stato frutto di un lavoro sinergico fra me e gli operatori direttamente coinvolti nel set up. L'approccio che ho utilizzato per facilitare il più possibile lo spostamento delle attività in maniera molto visual, è stato quello di realizzare delle strisce di carta numerata (figura 6.7), ognuna corrispondente ad un'operazione, riportata nelle tabelle 5.2, 5.3). In modo tale che spostando semplicemente le strisce oppure proprio rimuovendole, nel caso avessimo concordato che fossero OED, erano gli stessi operatori che costruivano in tempo reale il nuovo standard di set up. Questo esercizio è stato svolto sempre in sede di colloquio a coppie con gli operatori.

Il risultato di questa analisi è quello riportato nelle tabelle sottostanti. Sottolineo che i dati riportati sono esclusivamente teorici, sono il frutto delle considerazioni fatte sulle attività a valore e a non valore, e sulla stima di possibili nuovi tempi. Questi tempi sono stati poi verificati con dei test effettuati in azienda. Invece, la sequenza delle attività, come già detto precedentemente, è stata definita insieme

agli stessi operatori. In particolare, la tabella 6.5 fa riferimento alle operazioni di avviamento svolte dall'operatore Alberto, mentre la tabella 6.6 è la lista concordata con Aurelio. Per quanto riguarda lo spegnimento, le tabelle di riferimento sono la 6.7 e 6.8, con l'elenco delle attività svolte rispettivamente da Denis e Fabio. In ocra le azioni svolte in parallelo dagli operatori.

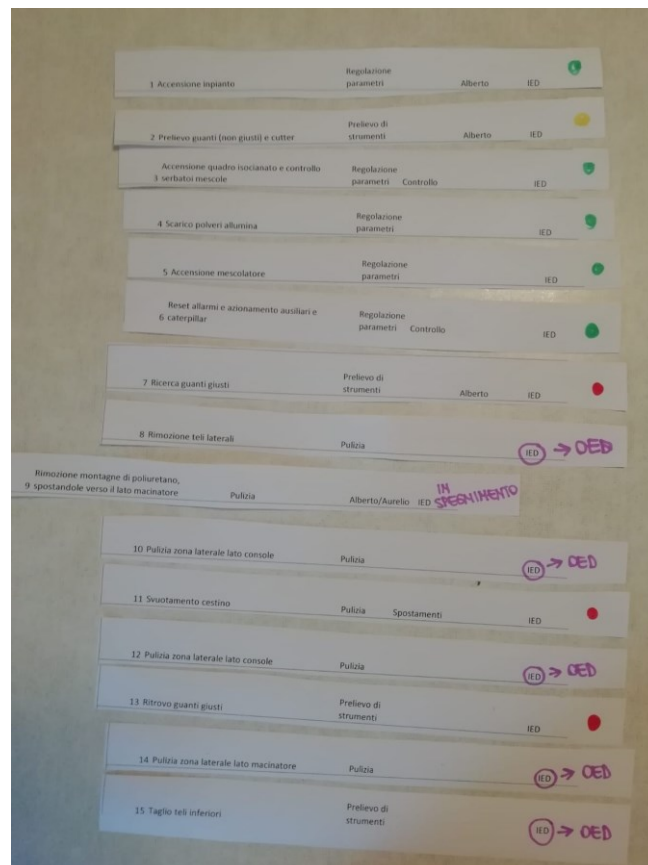


Figura 6.7 – Strisce di carta per l'analisi delle attività

Tabella 6.5 – Nuova procedura di avviamento, operatore Alberto

N°	Descrizione attività	Strum	T (s)	%
1	Accensione compressori		0	0,00%
2	Accensione impianto		40	1,82%
3	Prelievo guanti e cutter		5	0,23%
4	Accensione quadri isocianato e controllo serbatoi mescole		25	1,14%
5	Eventuale preparazione mescola		240	10,91%

6	Scarico polvere		5	0,23%
7	Accensione mescolature		10	0,45%
8	Reset allarmi e azionamento ausiliari, nastro e caterpillar		50	2,27%
9	Posizionamento teli inferiori	Profili e nastro adesivo	230	10,45%
10	Fissaggio teli sotto al nastro di colata	Profili e nastro adesivo	60	2,73%
11	Prelievo kit head per montaggio testa	Kit head	10	0,45%
12	Pulizia testa	Kit head	120	5,45%
13	Montaggio nuova testa	Kit head	120	5,45%
14	Centratura dell'ugello e controllo flusso d'aria		100	4,55%
15	Pulizia bordo piano colata ed applicazione distaccante - lato macinatore	Spatoletta e distaccante	90	4,09%
16	Applicazione distaccante sulla testa	Distaccante	5	0,23%
17	Rimozione ed applicazione nastro biadesivo - lato console	Nastro biadesivo	90	4,09%
18	Spegnimento pompa e ritorno in modalità manuale		40	1,82%
19	Accensione aspirazione		15	0,68%
20	Pulizia canali aspirazione - lato console		30	1,36%
21	Pulizia filtro aspirazione		100	4,55%
22	Apertura rubinetti aria compressa, azoto ed essiccatore		30	1,36%
23	Applicazione telo laterale - lato macinatore	Mollettoni	60	2,73%
24	Prelievo telo - lato console		20	0,91%
25	Applicazione telo laterale - lato console	Mollettoni	60	2,73%
26	Portare velocità nastro a 0		10	0,45%
27	Settaggio parametri macchina		30	1,36%
28	Start riciclo		10	0,45%
29	Taglio di 3 pz di pannelli da produrre	Cutter	40	1,82%
30	Inserimento pannelli all'imbocco del nastro		30	1,36%

31	Regolazione velocità nastro		20	0,91%
32	Sistemazione fascette - lato console		60	2,73%
33	Regolazione velocità nastro a 0		20	0,91%
34	Indossare tuta e dpi		30	1,36%
35	Chiamata operatore fine linea	Walkie-talkie	5	0,23%
36	Apertura rubinetti polioli ed isocianato		30	1,36%
37	Reset allarme traversa e start ciclo traversa		180	8,18%
38	Start ciclo di produzione		60	2,73%
39	Attesa lampeggiamento		60	2,73%
40	Start ciclo		60	2,73%
			2200 (s)	
			36,67 (min)	100%

Tabella 6.6 – Nuova procedura di avviamento, operatore Aurelio

N°	Descrizione attività	Strume	T (s)	%
1	Prelievo guanti, cutter e spatole	Guanti, cutter e spatole	5	0,35%
2	Taglio teli inferiori, superiori e bandinelle	Cutter e teli nylon	120	8,36%
3	Posizionamento teli inferiori	Profili e nastro adesivo	230	16,03%
4	Fissaggio teli inferiori sotto al nastro di colata	Profili e nastro adesivo	60	4,18%
5	Pulizia rullo e convogliatore con applicazione distaccante - lato macinatore	Spatole e distaccante	90	6,27%
6	Posizionamento convogliatore - lato macinatore	Spatole e distaccante	30	2,09%
7	Inserimento fascette - lato macinatore		20	1,39%

8	Applicazione bandinelle - lato macinatore	Bandinelle nylon	20	1,39%
9	Rimozione ed applicazione nastro biadesivo - lato macinatore	Nastro biadesivo	90	6,27%
10	Pulizia canali aspirazione - lato macinatore		30	2,09%
11	Pulizia bordo piano colata ed applicazione distaccante - lato macinatore	Spatoletta e distaccante	90	6,27%
12	Pulizia rullo e convogliatore con applicazione distaccante - lato console	Spatoletta e distaccante	90	6,27%
13	Posizionamento convogliatore - lato console		30	2,09%
14	Inserimento fascette - lato console		20	1,39%
15	Applicazione bandinelle - lato console		20	1,39%
16	Prelievo telo laterale		5	0,70%
17	Applicazione telo laterale - lato macinatore	Mollettoni	60	4,18%
18	Applicazione telo laterale - lato console	Mollettoni	60	4,18%
19	Soffiaggio aria compressa zona bobine inferiori	Lama d'aria	30	2,09%
20	Sistemare fascetta - lato macinatore		60	4,18%
21	Indossare tuta e dpi		90	6,27%
22	Spostamento fino a zona fine tunnel		180	12,54%
23	Attesa arrivo pannello		0	0,00%
24	Verifica post taglio del pannello		0	0,00%
			1435	
			(s)	
			23,92	100%
			(min)	

Sempre esclusivamente a livello teorico, possiamo apprezzare come il tempo dedicato all'avvio, con la nuova sequenza di attività diminuisca notevolmente, fino a circa 40 minuti. È comunque da considerare un certo livello di incertezza e che, per arrivare a questi risultati, c'è bisogno di pratica e di diverse prove per raggiungere l'asintoto della curva d'apprendimento. Per tutte queste motivazioni,

ragionando in maniera prudentiale, possiamo ipotizzare che l'avviamento dell'impianto possa durare sui 45 minuti.

Tabella 6.7 – Nuova procedura di spegnimento, operatore Denis

N°	Descrizione attività	Strum	T (s)	%
1	Controllo piano colata		10	0,74%
2	Apertura totale valvola aria		5	0,37%
3	Diminuzione tiraggio freni		40	2,95%
4	Arresto impianto colata (stop ciclo)		0	0,00%
5	Taglio alluminio e fascette	Cutter	30	2,21%
6	Abbassamento velocità nastro		10	0,74%
7	Spostamento a fine tunnel		60	4,43%
8	Attesa coda materiale		10	0,74%
9	Taglierina in manuale e fermata nastro		100	7,38%
10	Spegnimento taglierina, macinatore e quadro		10	0,74%
11	Prelievo dati dei bancali da operatore fine linea		50	3,69%
12	Lettura consumi ed inserimento dati		600	44,28%
13	Portare frenatura a 60kg		10	0,74%
14	Spegnimento quadro generale		20	1,48%
15	Rimozione teli laterali		100	7,38%
16	Spostamento delle montagne		120	8,86%
17	Soffiaggio con aria compressa		180	13,28%
			1355 (s)	
			22,58 (min)	100%

Tabella 6.8 – Nuova procedura di spegnimento, operatore Fabio

N°	Descrizione attività	Strumenti utilizzati	Tempo (s)	%
1	Taglio bobina per fine produzione nel caso giorno dopo cambi produzione	Cutter	10	1,00%
2	Chiusura valvola aria		30	2,99%
3	Spegnimento aria compressa, azoto ed essiccatore		30	2,99%

4	Posizionamento traversa in manuale per pulizia e reset allarmi		40	3,98%
5	Spegnimento pompe polioli e isocianato		20	1,99%
6	Chiusura aspiratore generale in sala mescole		15	1,49%
7	Mettere bilancia carrellata sotto carica		15	1,49%
8	Reset allarmi		10	1,00%
9	Smontaggio testa	Kit head	80	7,96%
10	Pulizia testa	Kit head	130	12,94%
11	Smontaggio singoli pezzi testa ed immersione in friggitrice		130	12,94%
12	Mettere sotto carica muletto	Muletto	70	6,97%
13	Chiusura portone principale		50	4,98%
14	Chiusura portone DUCTAL		5	0,50%
15	Chiusura porte sala mescole		10	1,00%
16	Rimozione teli laterali		100	9,95%
17	Spostamento montagne		120	11,94%
18	Spegnimento macinatore, luci, finestre ed abbaini		40	3,98%
19	Spegnimento compressore generale ed essicatore		100	9,95%
			1005	
			(s)	
			16,75	100%
			(min)	

Come si può osservare, grazie all'automatizzazione dell'attività di compilazione dei file di fine produzione, soluzione di cui parleremo nel capitolo 5.6, il tempo dedicato a alla reportistica diminuisce sensibilmente. Si libera così uno slot di tempo che può essere impiegato nella pulizia, in particolare per rimuovere i teli e spostare le montagne⁶⁹. In questo modo gli operatori addetti all'avviamento possono partire fin da subito con il posizionamento dei nylon, trovando il piano di colata pulito.

⁶⁹ Con il termine "montagne", si intende l'accumulo di materiale poliuretano che si forma sotto ed in prossimità del piano di colata. Il nome è assolutamente rappresentativo della grandezza di questi depositi.

Sempre per le stesse considerazioni che sono state fatte per la fase di avviamento, anche per lo spegnimento possiamo ipotizzare di avere delle durate intorno ai 25-30 minuti.

In seguito all'analisi teorica delle tempistiche di avviamento e spegnimento sono stati effettuati due test per verificare l'effettiva bontà delle nuove procedure. Per entrambi i test, sono state organizzate due giornate consecutive, la prima dedicata allo spegnimento dell'impianto, in cui per la prima volta si è utilizzato il file Power BI; il secondo giorno si è eseguita la prova dell'avviamento.

Vorrei sottolineare che gli standard di set up sono stati pensati e studiati sull'ipotesi che ci fossero sempre solo due operatori ad inizio linea sia per l'accensione che per lo spegnimento, ed un singolo operatore a fine linea. Infatti, come riportato inizialmente nel capitolo 5.2, gli operatori lavorano su due turni di lavoro. In realtà nell'ultimo periodo, anche a causa della straordinarietà imposta della situazione Covid, il management di P3 ha deciso di produrre su un unico turno dalle ore 8 alle ore 17. Contestualizzato nel progetto SMED vuol dire che all'avviamento sono presenti sei operatori, quattro ad inizio linea e due a fine linea. Allo spegnimento cinque, tre all'inizio e due alla fine, l'operatore jolly viene spostato nel reparto ISOMAC. Come prevedibile, questo cambiamento, ha portato a stravolgere una parte del lavoro che era stata fatta, come mostrerò più approfonditamente nelle conclusioni.

È stato quindi deciso di eseguire due test, in condizioni differenti. Nel primo è presente tutta la manodopera che effettivamente è a disposizione, quindi, considerando solo l'inizio linea, 4 operatori per l'avvio e 3 per lo spegnimento impianto. In questo caso, per ovvi motivi, non è stato possibile rispettare in maniera rigorosa il nuovo standard studiato, ma comunque il risultato è stato lo stesso apprezzabile.

Con il secondo test, si è cercato di ricreare un po' quelle condizioni che erano presenti in fase di analisi AS-IS, quindi con solo due persone sia per l'avvio che per la chiusura.

Il metodo con cui sono stati raccolti i tempi è stato quello di seguire l'operatore protagonista, e tramite lo stopwatch, misurare le singole tempistiche. Nel caso del primo test, è stato particolarmente difficoltoso, soprattutto in fase di avviamento, riuscire a seguire anche solo visualmente il lavoro di quattro persone in contemporanea, quindi i singoli tempi sono abbastanza indicativi, mentre il totale è assolutamente corretto. Molto più facile è stata la seconda prova, in cui le misure sono molto più precise e rappresentative della realtà.

Di seguito le tabelle 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12, che non sono altro che una replica delle tabelle già mostrate precedentemente con l'elenco delle attività di set up, il tempo che era stato stimato in fase di costruzione del TO BE, le tempistiche cronometrate rispettivamente nel primo e nel secondo test. Per esigenze di chiarezza, questa volta sono presenti prima le tabelle riferite allo spegnimento e seguono quelle dell'avviamento.

Tabella 6.9 – Nuova procedura di avviamento, operatore Denis, con raccolta tempi

N°	Descrizione attività	Tempo stimato (s)	Tempo test 1 (s)	Tempo test 2 (s)
1	Controllo piano colata	10	5	5
2	Apertura totale valvola aria	5	10	10
3	Diminuzione tiraggio freni	40	30	25
4	Arresto impianto colata (stop ciclo)	0	5	5
5	Taglio alluminio e fascette	30	30	25
6	Abbassamento velocità nastro	10	10	10
7	Spostamento a fine tunnel	60	30	30
8	Attesa coda materiale	10	20	30
9	Taglierina in manuale e fermata nastro	100	120	160
10	Spegnimento taglierina, macinatore e quadro	10	40	70
11	Prelievo dati dei bancali da operatore fine linea e ritorno ad inizio linea	50	60	60
12	Lettura consumi ed inserimento dati	600	50	50
13	Portare frenatura a 60kg	10	20	30
14	Spegnimento quadro generale e ritorno inizio linea	20	30	30
15	Rimozione teli laterali	100	0	180
16	Spostamento delle montagne	120	900	900
17	Soffiaggio con aria compressa	180	200	180
	TOT (s)	1355	1560	1800
	TOT (min)	22,58	26	30

Tabella 6.10 – Nuova procedura di avviamento, operatore Fabio, con raccolta tempi

N°	Descrizione attività	Tempo stimato (s)	Tempo test 1 (s)	Tempo test 2 (s)
1	Taglio bobina per fine produzione nel caso giorno dopo cambi produzione	10	0	0
2	Chiusura valvola aria	30	60	60
3	Spegnimento aria compressa, azoto ed essiccatore	30	30	30
4	Posizionamento traversa in manuale per pulizia e reset allarmi	40	30	20
5	Spegnimento pompe polioli e isocianato	20	30	20
6	Chiusura aspiratore generale in sala mescole	15	20	20
7	Mettere bilancia carrellata sotto carica	15	40	50
8	Reset allarmi	10	30	30
9	Smontaggio testa	80	300	300
10	Pulizia testa	130	100	250
11	Smontaggio singoli pezzi testa ed immersione in friggitrice	130	100	120
12	Mettere sotto carica muletto	70	120	120
13	Chiusura portone principale	50	80	90
14	Chiusura portone DUCTAL	5	10	10
15	Chiusura porte sala mescole	10	20	20
16	Rimozione teli laterali	100	0	50
17	Spostamento montagne	120	350	530
18	Spegnimento macinatore, luci, finestre ed abbaini	40	60	80
19	Spegnimento compressore generale ed essiccatore	100	0	0
	TOT (s)	1005	1380	1800
	TOT (min)	16,75	23	30

Tabella 6.11 – Nuova procedura di avviamento, operatore Alberto, con raccolta tempi

N°	Descrizione attività	Tempo stimato (s)	Tempo test 1 (s)	Tempo test 2 (s)
1	Accensione compressori	0	0	0

2	Accensione impianto	40	110	150
3	Prelievo guanti e cutter	5	40	15
4	Accensione quadri isocianato e controllo serbatoi mescole (eventuale preparazione mescole ed altre operazioni)	25	40	30
5	Eventuale preparazione nuova mescola	240	0	0
6	Scarico polvere	5	40	10
7	Accensione mescolatore	10	40	10
8	Reset allarmi e azionamento ausiliari, nastro e caterpillar	50	20	10
9	Posizionamento teli inferiori	230	0	180
10	Fissaggio teli sotto al nastro di colata	60	0	70
11	Prelievo kit head per montaggio testa	10	40	20
12	Pulizia testa	120	80	70
13	Montaggio nuova testa	120	130	190
14	Centatura dell'ugello e controllo flusso d'aria	100	200	110
15	Pulizia bordo piano colata ed applicazione distaccante - lato macinatore	90	0	210
16	Applicazione distaccante sulla testa	5	5	5
17	Rimozione ed applicazione nastro biadesivo - lato console	90	110	100
18	Spegnimento pompa e ritorno in modalità manuale	40	80	50
19	Accensione aspirazione	15	20	20
20	Pulizia canali aspirazione - lato console	30	135	80
21	Pulizia filtro aspirazione	100	160	200
22	Apertura rubinetti aria compressa, azoto ed essiccatore	30	30	40
23	Applicazione telo laterale - lato macinatore	60	30	60
24	Prelievo telo lato console	20	20	60
25	Applicazione telo laterale - lato console	60	70	80
26	Portare velocità nastro a 0	10	0	10
27	Settaggio parametri macchina	30	0	20
28	Start riciclo	10	0	10
29	Taglio di 3 pz di pannelli da produrre	40	110	100
30	Inserimento pannelli all'imbocco del nastro	30	50	60
31	Regolazione velocità nastro	20	120	40
32	Sistemazione fascette - lato console	60	90	0
33	Regolazione velocità nastro a 0	20	60	20
34	Indossare tuta e dpi	30	80	80
35	Chiamata operatore fine linea	5	10	10
36	Apertura rubinetti polioli ed isocianato	30	60	40
37	Reset allarme traversa e start ciclo traversa	180	120	140
38	Start ciclo di produzione	60	60	80

39	Attesa lampeggiamento	60	60	60
40	Start ciclo	60	60	60
	TOT (s)	2200	2280	2500
	TOT (min)	36,67	38	41,67

Tabella 6.12 – Nuova procedura di avviamento, operatore Aurelio, con raccolta tempi

N°	Descrizione attività	Tempo stimato (s)	Tempo test 1 (s)	Tempo test 2 (s)
1	Prelievo guanti, cutter e spatola	5	10	10
2	Taglio teli inferiori, superiori e bandinelle	120	0	100
3	Posizionamento teli inferiori	230	0	180
4	Fissaggio teli inferiori sotto al nastro di colata	60	0	240
5	Pulizia rullo e convogliatore con applicazione distaccante - lato macinatore	90	130	60
6	Posizionamento convogliatore - lato macinatore	30	140	60
7	Inserimento fascette - lato macinatore	20	60	30
8	Applicazione bandinelle - lato macinatore	20	50	60
9	Rimozione ed applicazione nastro biadesivo - lato macinatore	90	100	60
10	Pulizia canali aspirazione - lato macinatore	30	50	60
11	Pulizia bordo piano colata ed applicazione distaccante - lato macinatore	90	120	110
12	Pulizia rullo e convogliatore con applicazione distaccante - lato console	90	150	100
13	Posizionamento convogliatore - lato console	30	60	50
14	Inserimento fascette - lato console	20	50	30
15	Applicazione bandinelle - lato console	20	60	60
16	Prelievo telo laterale	10	20	20
17	Applicazione telo laterale - lato macinatore	60	30	60
18	Applicazione telo laterale - lato console	60	70	80
19	Soffiaggio aria compressa zona bobine inferiori	30	70	60
20	Sistemare fascetta lato macinatore	60	90	0
21	Indossare tuta e dpi	90	110	100
22	Spostamento fino a zona fine tunnel	180	130	120
23	Attesa arrivo pannello	0	0	0
24	Verifica post taglio del pannello	0	0	0
	TOT (s)	1435	1500	1650
	TOT (min)	23,92	25	27,50

La prima considerazione che vorrei fare è che certamente in fase di stima delle

nuove tempistiche la mia tendenza è stata quella di sottostimare l'impegno in termini di tempo che alcune operazioni richiedevano, in particolare le attività quali la pulizia del rullo e piano di colata per l'avvio e smontaggio e pulizia testa per lo spegnimento. Le ragioni di questi errori di valutazione sono probabilmente collegate ai valori raccolti durante l'analisi AS-IS. Infatti, come mostrano la figura 5.1 e la tabella 5.1, relativi ai dati storici del 2019, il set up di avviamento aveva una durata media intorno all'ora e mezza, invece lo spegnimento si aggirava sui 40 minuti, valori molti distanti rispetto ai 50 minuti misurati con le registrazioni. Gli stessi operatori mi hanno fatto presente che il fatto di essere videoregistrati ha influito notevolmente sulla modalità con cui sono stati eseguiti i set up. Sapendo che dopo i video sarebbero stati visti, anche dal management e "cronometrati", la loro tendenza è stata quella di affrettare le attività. Di questa tematica ne discuterò più ampiamente nelle conclusioni. Ad ogni modo, i risultati raggiunti dal progetto SMED sono assolutamente di grande valore.

Per quanto riguarda lo spegnimento, il tempo di set up è più alto rispetto a quello che avevo stimato ed anche rispetto a quello misurato inizialmente, ma comunque l'esito finale è assolutamente soddisfacente, vediamo perché. Nella tabella 6.9, la voce numero 12 "Lettura consumi ed inserimento dati", precedentemente quella più impattante, ad oggi, grazie all'introduzione della digitalizzazione, ha una durata di neanche un minuto, impiegato per leggere i consumi sul pulpito della macchina, procedura che viene eseguita giusto per sicurezza. Nel momento in cui il file Power BI sarà operativo al 100% questa operazione sparirà completamente, così come il fatto di doversi recare a fine linea per avere i dati della produzione, anch'essi saranno usufruibili digitalmente. In fase di stima e disegno del TO BE, avevo ipotizzato un tempo di 600 secondi, in quanto il file non comprende alcuni prodotti fuori standard, la cui quantità dovrà essere inserita a mano, invece consumi ed altre informazioni rimangono comunque automatizzate.

Nelle righe 16 della tabella 6.9 e 17 in quella successiva, il tempo trascritto non è dedicato esclusivamente allo spostamento delle montagne, ma anche ad attività di pulizia di fino nella zona intorno al piano di colata. Il terzo operatore presente allo spegnimento nel test 1 si è dedicato principalmente alla rimozione dei teli

lateralmente, allo spostamento delle montagne di poliuretano e alla macinazione di queste. Sempre durante il test 1, avendo a disposizione ancora circa 5 minuti, gli operatori hanno avuto la possibilità di tagliare i teli inferiori e laterali ed anche di posizionare già quello inferiore, in modo da avvantaggiare il set up del giorno successivo.

La fase di spegnimento ha avuto una durata complessiva di circa 30 minuti, che è effettivamente superiore rispetto ai 25 minuti che avevo ipotizzato, ma dobbiamo considerare che sono state svolte tutta una serie di attività quali: lo spostamento e macinazione delle montagne, la rimozione dei teli laterali, il taglio del nylon, il posizionamento di quello inferiore e una pulizia completa di tutta la zona circostante al piano di colata. Tutte operazioni che non venivano solitamente svolte per mancanza di tempo. Anche nel test 2, gli operatori sono riusciti ad effettuare lo spostamento delle montagne e a pulire completamente la zona sottostante al piano di colata, purtroppo non sono riusciti a posizionare i nylon. Il nuovo obiettivo per lo spegnimento sarà quello di iniziare le operazioni alle 16.30 e riuscire a fare quante più attività possibili in modo da accelerare le attività della mattina successiva.

Per quanto riguarda l'avvio, è interessante notare come anche questa volta, la differenza fra il test 1, in cui erano coinvolti quattro operatori, ed il test 2 in cui erano presenti solo due operatori, abbiano dei tempi molto vicini, con uno scarto di neanche 4 minuti. Questi pochi minuti sono verosimilmente quelli necessari per il taglio e l'applicazione dei teli inferiori, attività che non si ha avuto il tempo di fare nello spegnimento del test 2.

In conclusione, possiamo dire che se durante la chiusura il fatto di avere un terzo operatore abbia portato ad un enorme vantaggio, non sia lo stesso per l'avviamento, in cui i quattro operatori invece di velocizzare il set up, si sono intralciati fra di loro. Inoltre, dobbiamo tenere presente che il momento in cui si è svolto il test 2 è coinciso con una delle prime volte in cui veniva applicato in maniera precisa il nuovo standard di set up, quindi per la legge della curva di apprendimento, ci si aspetta che piano piano i tempi non possano che migliorare.

Capitolo 7

P3 CASE STUDY – DIGITALIZZAZIONE DEI PROCESSI

Questo capitolo vuole fornire una descrizione sintetica del progetto “Campagna Misure”, progetto parallelo a quello SMED, nell’ambito della digitalizzazione. La prima parte del capitolo è incentrata sull’illustrazione delle tecnologie IoT installate lungo la linea DUCTAL. Successivamente si concentreremo sulla presentazione del file Power BI, punto di incontro fra i due progetti SMED e “Campagna Misure”, utilizzato per la costruzione dell’innovativa reportistica di produzione.

7.1 IL PROGETTO “CAMPAGNA MISURE”

Trattiamo ora più nello specifico l’iniziativa numero 12 riportata nella tabella 6.4, riguardante la digitalizzazione dei file di fine produzione (figure 5.7 e 5.8).

Prima di parlare della digitalizzazione della reportistica di fine produzione, facciamo un passo indietro. Parallelamente al progetto SMED, di efficientamento delle attività di avviamento e spegnimento dell’impianto, AzzurroDigitale, in particolare tramite la business unit di Machine Integration, sta portando avanti

un secondo, più ampio, progetto, definito come “Campagna misure”. L’obiettivo è permettere a P3 Srl di poter disporre di dati puntuali di funzionamento dell’impianto al fine di comprendere eventuali correlazioni di input e output, raccogliere dati sulle difettosità e poter effettuare delle indagini statistiche a supporto del controllo qualità. Si è deciso fin dall’inizio di acquisire tutti i dati attualmente già disponibili, senza la necessità di installazione di ulteriore hardware.

Dal punto di vista operativo sono stati realizzati dei collegamenti ai PLC e/o HMI delle macchine in modo da catturare tutti i dati di interesse, la tabella 7.1 mostra quello che è il perimetro di dati che è stato preso in considerazione.

Tabella 7.1 - Perimetro dei dati considerati

PREPARAZIONE		PRODUZIONE	CONTROLLO QUALITA’
Dosaggio additivi	Dosaggio preparato	Macchina di produzione	Operatore a fine linea
Catturare le ricette «effettivamente» realizzate ed associarle a ciascuno slot di produzione, identificando anche l’errore umano.	Catturare le ricette «effettivamente» realizzate ed associarle a ciascuno slot di produzione.	Catturare tutti i parametri di processo in tempo reale durante i set-up e la produzione. Determinare le ragioni di fermo.	Catturare la statistica delle difettosità ed associarle a ciascuno slot di produzione
Bilancia mobile BARON + operatore	Bilancia dosatrice silos BARON	Macchina x	Interfaccia uomo-macchina
<ul style="list-style-type: none"> • Inserimento componente • Pesatura componente • Registrazione istante di versamento* • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantità e istante di versamento componenti • Flusso preparato tra silos* • Flusso preparato verso produzione* • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocità nastro • Tensionamento nastro • Dosaggio iniezione preparato • Dosaggio iniezione catalizzatori e additivi • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Avanzamento quantità prodotta • Inserimento 1^, 2^, 3^ scelta • Inserimento ragione di declassamento • ...
		Operatore macchina	
		<ul style="list-style-type: none"> • Ragione di fermo 	

		macchina • Impostazioni manuali • Qualità in ingresso • ...	
--	--	---	--

In alcuni casi, come con la bilancia dosatrice BARON, i dati sono catturati in maniera “automatica”, senza la necessità dell’azione umana. Ogni 5 secondi il sistema registra una riga di codice nel data base, andando a salvare tutte le informazioni real-time del funzionamento dell’impianto. In altri casi, come con i dosaggi ed il controllo qualità, la registrazione dell’informazione nel data lake si innesca esclusivamente tramite un’imputazione da parte dell’operatore. Sono stati, infatti, installati dei pannelli che permettessero alle persone di inserire delle informazioni. I pannelli in questione sono 3:

- Il primo (figura 7.2) è collocato sulla bilancia mobile Baron. L’operatore ha la possibilità di inserire il codice della ricetta chimica tramite un elenco a tendina fornitogli. Il sistema, oltre al peso totale, restituisce in automatico la lista di tutti i componenti necessari per la produzione di quella particolare ricetta, con il correlativo peso. Cliccando su ogni singolo elemento questo compare sulla maschera “COMPONENTE”, sempre con il proprio peso riportato nella maschera “DA DOSARE”. L’operatore a questo punto inizia la propria attività di pesatura e man mano che il componente viene versato nella bilancia, l’indicatore “PESA CORRENTE” si aggiorna. Quanto l’operatore ha terminato il dosaggio del primo elemento, clicca il tasto “INSERISCI”; a questo punto il sistema è pronto per il dosaggio del secondo componente.

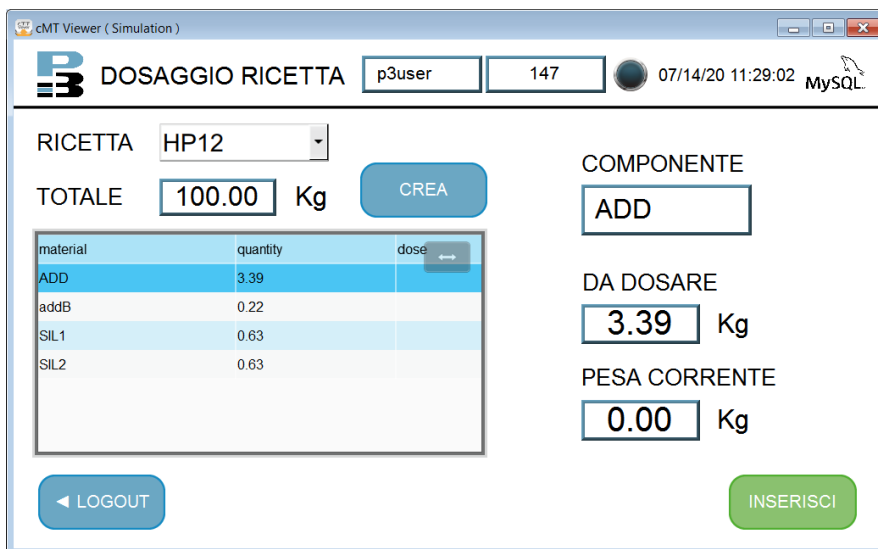


Figura 7.1 – Schermata del pannello posizionato sulla bilancia carrellata

- Il secondo pannello è posizionato sul pulpito della macchina. Ad inizio turno, una volta effettuato il login, l'operatore preme il pulsante di inizio turno (figura 7.2) e successivamente inserisce il codice SKU di produzione. L'inserimento (figura 7.3) avviene prima selezionando un tasto che permette di filtrare esclusivamente quei prodotti che presentano l'altezza indicata. Il sistema restituisce, quindi, un elenco dei codici con quella particolare misura, ordinati per frequenza di accadimento.



Figura 7.2 – Schermata di inizio e fine turno

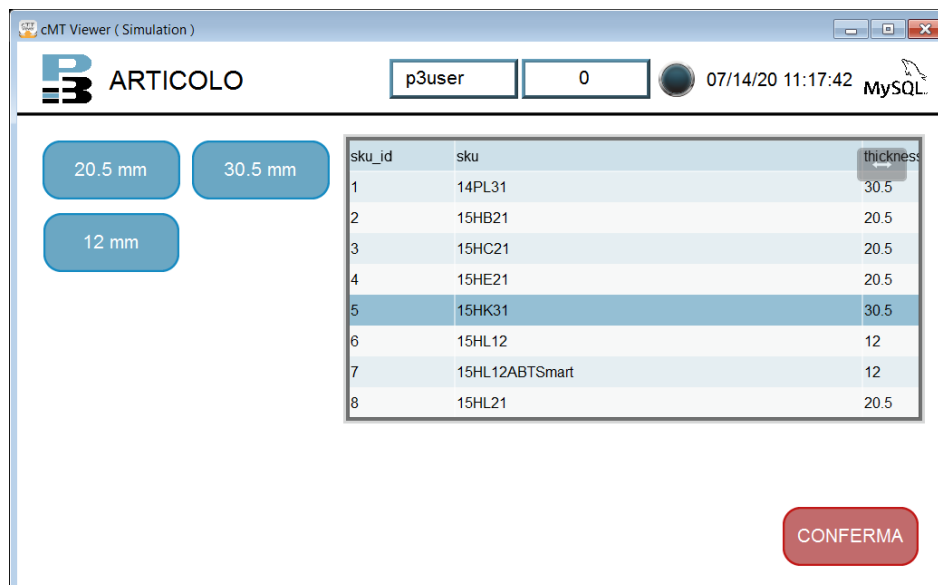


Figura 7.3 – Schermata di inserimento codice SKU

La funzione principale del pannello è quello di fornire la schermata in figura 7.4. Nel momento in cui si assiste ad una fermata dell'impianto, l'operatore, avvertito anche da un segnale sonoro, dovrà inserire la causale di fermo. Queste causali sono state clusterizzate in sette gruppi, cercando di seguire la distinzione delle six big losses che la letteratura ci fornisce. In tabella 7.2 sono riportate le diverse causali divise nelle macrocategorie. Inoltre, è stato lasciato un campo note, in cui l'operatore può andare ad aggiungere al massimo quattro parole per meglio descrivere meglio l'accaduto.

Al termine del turno l'operatore clicca il pulsante di fine turno (figura 7.2). L'inserimento dei due pulsanti di inizio e fine turno è stata un'esigenza scaturita solo in un secondo momento, dopo che il pannello era già entrato quasi pienamente in funzione. La necessità è nata dal fatto che si volesse avere un dato preciso dell'effettiva disponibilità dell'impianto, corrispondente alle 10 ore di turno. Senza la presenza di quei due bottoni il sistema registrava una disponibilità potenziale di 24h, il che andava a penalizzare fortemente l'indice OEE complessivo.

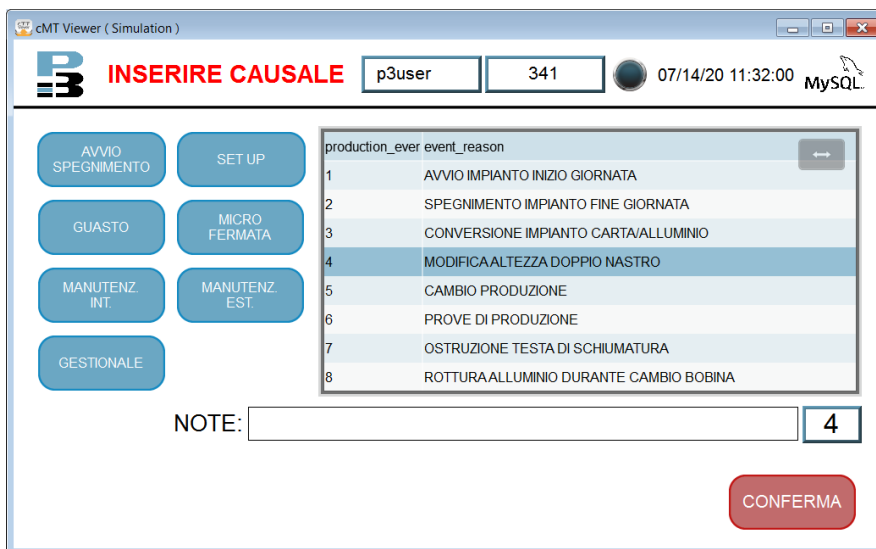


Figura 7.4 – Schermata di imputazione causale di fermo

Tabella 7.2 – Elenco causali di fermo distinte per macrocategorie

N°	DESCRIZIONE CAUSALE	MACROCATEGORIA
1	Avvio impianto inizio giornata	AVVIO/SPEGNIMENTO
2	Spegnimento impianto inizio giornata	AVVIO/SPEGNIMENTO
3	Conversione impianto carta/alluminio	SET UP
4	Modifica altezza doppio nastro	SET UP
5	Cambio produzione	SET UP
6	Prove di produzione	SET UP
7	Ostruzione testa di schiumatura	GUASTO
8	Rottura alluminio durante cambio bobina	GUASTO
9	Intasamento lame banco seghe	GUASTO
10	Malfunzionamento gruppo aspirazione	GUASTO
11	Malfunzionamento riscaldamento doppio nastro	GUASTO
12	Malfunzionamento forno termoretraibile	GUASTO
13	Malfunzionamento scaricatore	GUASTO
14	Allarme software	GUASTO
15	Mancanza aria compressa	GUASTO
16	Malfunzionamento bano seghe	GUASTO
17	Mancanza corrente	GUASTO
18	Residui di adesivo sui rulli svolgitori	GUASTO
19	Manutenzione per rottura svolgitore	GUASTO
20	Ostruzione scambiatore	GUASTO
21	Pulizia ribaltine	GUASTO

22	Rottura carta cerata	GUASTO
23	Ripartenza dopo caduta pressione pompa POL	MICROFERMATA
24	Ripartenza dopo caduta pressione pompa MDI	MICROFERMATA
25	Altro	MICROFERMATA
26	Sostituzione pompa CAT	MANUTENZIONE INTERNA
27	Sostituzione pompa ISO	MANUTENZIONE INTERNA
28	Sostituzione pompa POL	MANUTENZIONE INTERNA
29	Pulizia	MANUTENZIONE INTERNA
30	Manutenzione doppio nastro	MANUTENZIONE INTERNA
31	Manutenzione ordinaria	MANUTENZIONE INTERNA
32	Integrazione unità dosaggio trimerizzante	MANUTENZIONE ESTERNA
33	Intervento assistenza macchina x	MANUTENZIONE ESTERNA
34	Intervento assistenza 3R engineering	MANUTENZIONE ESTERNA
35	Intervento assistenza Union controlli	MANUTENZIONE ESTERNA
36	Intervento assistenza compressori veneta	MANUTENZIONE ESTERNA
37	Intervento assistenza veneta componenti	MANUTENZIONE ESTERNA
38	Giunzione errata per cambio bobina	GESTIONALE
39	Formulato difettoso (qualità)	GESTIONALE
40	Carico/scarico merci	GESTIONALE
41	Mancanza personale a fine linea	GESTIONALE

- Il terzo pannello è posizionato a fine linea, dove avviene il controllo qualità. Sempre dopo essersi loggato, l'operatore viene messo di fronte ad un'unica schermata (figura 7.5):

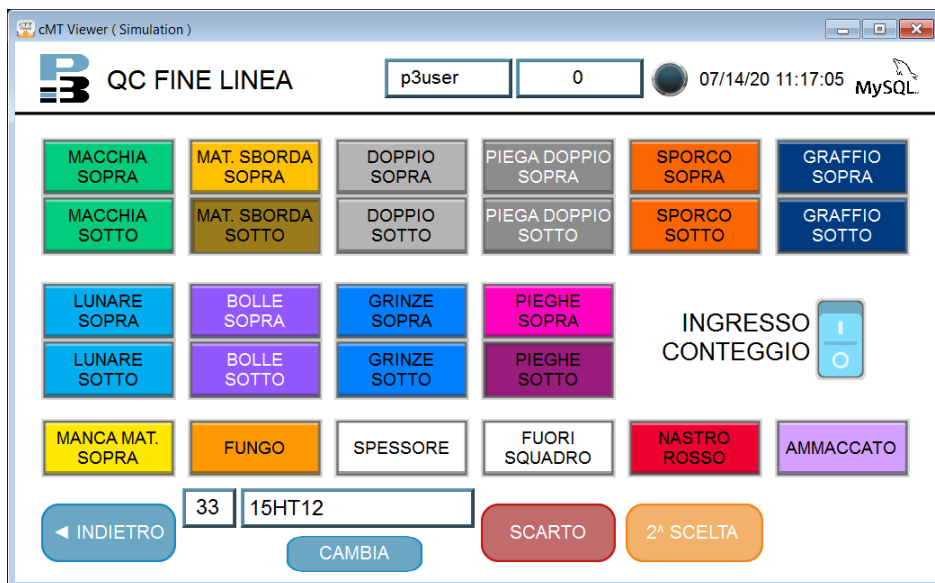


Figura 7.5 - Schermata di imputazione difetti

Cliccando su “CAMBIA”, si apre un secondo screen (figura 7.6) in cui l’operatore seleziona il codice SKU in produzione, con una modalità di filtraggio simile a quella già descritta per il pannello posto sul pulpito. Inoltre, potrà anche inserire il numero di pannelli che compongono un pacco. Infatti, dal controllo qualità in poi la UDC movimentata non è più il singolo pannello, ma un intero pacco. Nella stessa visualizzazione, l’operatore, sulla base del codice selezionato precedentemente, non solo otterrà l’effettiva lunghezza, ma avrà anche la possibilità di modificare la misura. Questa aggiunta è stata fatta in un momento successivo, per soddisfare la necessità di realizzare pannelli SMART che possano avere lunghezze molto differenti, di piccolissime unità e bassissima frequenza. Sempre nella stessa schermata principale è possibile l’inserimento delle difettosità e il corrispettivo declassamento a seconda scelta o scarto. L’operatore osservando il pannello, può premere quanti più difetti ritiene e poi premere i tasti di “2° SCELTA” oppure “SCARTO”. In tabella 7.3 sono elencati i difetti inseriti nel pannello. Nel caso dei pannelli considerati buoni, l’operatore realizza un pacco di quantità coerente con quanto inserito nel pannello, ed una volta formato, premendo un pulsante “fisico” sul bordo del piano, come descritto nel capitolo 3.2.4, il pacco avanza. A questo gesto manuale corrisponde la scrittura di una riga a data

base che registra l'avanzamento di un pacco di pannelli ok. Sempre in figura 7.5 compare un pulsante che può essere settato o in modalità "INGRESSO" o in "CONTEGGIO". La prima modalità viene usata nel normale funzionamento della produzione, invece la seconda quando devono essere effettuati degli imballi di pannelli di 2° scelta. Siccome l'avanzamento del pacco e l'imballaggio avviene premendo sempre lo stesso pulsante "fisico", per fare in modo che il sistema non registri un pacco ok, è necessario posizionare l'interruttore in modalità "CONTEGGIO".



Figura 7.6 – Schermata di selezione del codice SKU

Tabella 7.3 – Elenco dei difetti

ID	EFFETTO	SOPRA	SOTTO	NOME SUL PANNELLO
1	Aloni e macchie rivestimento	X	X	MACCHIA
2	Materiale sbordante e contaminazione laterale	X	X	MATERIALE SBORDANTE
3	Giunzione alluminio	X	X	DOPPIO
4	Pieghe prima/dopo giunzione alluminio	X	X	PIEGA DOPPIO
5	Sporco contaminazione	X	X	SPORCO
6	Graffio	X	X	GRAFFIO
7	Pieghe	X	X	PIEGHE ALLUMINIO

8	Paesaggio lunare	X	X	PAESAGGIO LUNARE
9	Bolla	X	X	BOLLE
10	Non completo riempimento pannello	X		MANCA MATERIALE
11	Mancanza materiale bordo			FUNGO
12	Spessore non conforme			SPESSORE
13	Squadratura non conforme			SQUADRATURA
14	Nastro rosso giunzione alluminio su bobine	X	X	NASTRO ROSSO
15	Ammaccatura	X	X	AMMACCATURA

Tengo a sottolineare che il posizionamento dei pulsanti sui pannelli, il design dell'interfaccia, le modalità di filtraggio dei codici prodotto e di declassamento, l'elenco delle causali di fermo etc. sono tutte decisioni che sono state prese coinvolgendo coloro che sarebbero stati gli utilizzatori diretti di questi strumenti, cercando di agevolare il più possibile l'interazione con lo strumento.

Come già ripetuto più volte tutti i dati imputati direttamente dagli operatori oppure registrati automaticamente hanno permesso il popolamento di un data lake realizzato in MySQL. La figura 7.7 mostra la struttura del data base, come si può intuire composto da 14 queries, ognuna di questa costituita da diverse colonne e in alcuni casi milioni di righe, considerando che il data lake si aggiorna ogni 5 secondi.

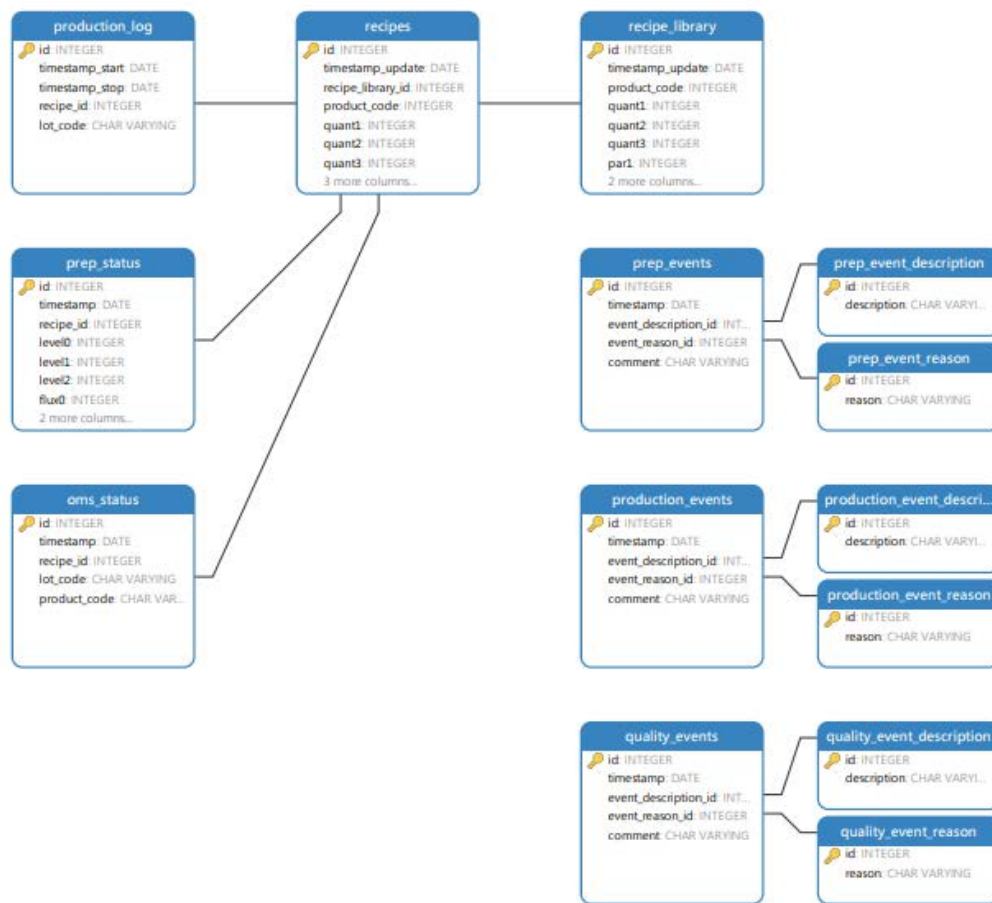


Figura 7.7 – Struttura del data lake

7.2 STRUTTURA FILE POWER BI

Come riportato e dimostrato in precedenza, l'attività che richiede maggior tempo complessivamente è quella di compilazione del report di produzione giornaliero, ed è per questo che abbiamo dedicato molti sforzi nel cercare di digitalizzare il più possibile tale operazione di data entry. Per quanto riguarda la decisione di quale strumento adottare, la scelta è ricaduta su Power BI. Si tratta di un servizio d'analisi aziendale prodotto da Microsoft; fornisce visualizzazioni interattive e funzionalità di business intelligence con un'interfaccia semplice, per consentire agli utenti di creare report e dashboard. Permette di coniugare le potenzialità di analisi di Access con la possibilità di rappresentare i dati tramite grafici di Excel, il tutto sfruttando un nuovo tipo di interazione. L'obiettivo finale è stato quello di costruire delle dashboard che permettessero di visualizzare i dati di produzione e le performance dell'impianto DUCTAL real-time.

Se pur la realizzazione del report di Power BI rientri nelle iniziative di miglioramento del progetto SMED, ritengo che sia doveroso sottolineare come la costruzione di tale file sarebbe stata impensabile ed impossibile senza la mole di dati che ogni giorno il sistema oggetto del progetto “Campagna misure” mette a disposizione.

~~A parer mio,~~ Power BI è stato uno strumento che ha permesso un punto di incontro tra i due progetti. Ha permesso, da un lato, di liberare una risorsa prima impiegata nella compilazione del report Excel e dall’altro di dare un assaggio al management di P3 di quanto avere dei dati sia essenziale e della grande potenzialità delle informazioni per prendere decisioni.

Adesso andremo ad analizzare singolarmente tutte 9 tabs definite. In questa descrizione ho deciso volutamente di tralasciare le formule matematiche scritte in DAX che permettono di visualizzare i dati presenti nelle dashboards.

Qualità in uscita

Con la prima dashboard (figura 7.8) l’obiettivo è quello di mostrare la produzione in uscita dell’impianto in continua DUCTAL. Con il filtro temporale in azzurro è possibile selezionare l’arco di tempo che più si preferisce, dal singolo giorno, ad un intero anno, a seconda delle esigenze, ~~semplicemente~~ con questa operazione tutti i dati mostrati si aggiornano.

Analizzando i dati da sinistra verso destra, nel riquadro in arancio sono mostrati il numero di pannelli considerati come buoni e fatti avanzare dall’operatore, sotto la distinzione dei prodotti distinti per singole voci SKU, stesso discorso per le seconde scelte e gli scarti. Passando ancora più a destra, in viola troviamo il numero di m² prodotti ok, poi quelli di seconda scelta e scarto, sempre seguite da tabelle che danno un focus per singolo codice. Al centro un numero, che non è altro che la sommatoria delle tre misure sopra elencate, questo dato sarà poi utilizzato in una tab successiva per il calcolo della densità di produzione.

Oltre ad una rappresentazione puramente numerica del conteggio e dei m² prodotti, ho voluto dare anche una raffigurazione grafica, infatti, nei grafici a barre vediamo l’andamento nel tempo di queste due informazioni. Nella schermata sono presenti anche due riquadri rossi, questi tengono conto di tutti quei pannelli, distinti per prima e seconda

scelta, di cui il sistema non è a conoscenza del codice SKU. Possono essere considerati come dei semplici KPI che danno un'idea molto veloce della bontà della raccolta dati e della precisione degli operatori. È da notare che permettono di comprendere se il codice SKU è stato inserito, ma non effettivamente la correttezza dell'inserimento.

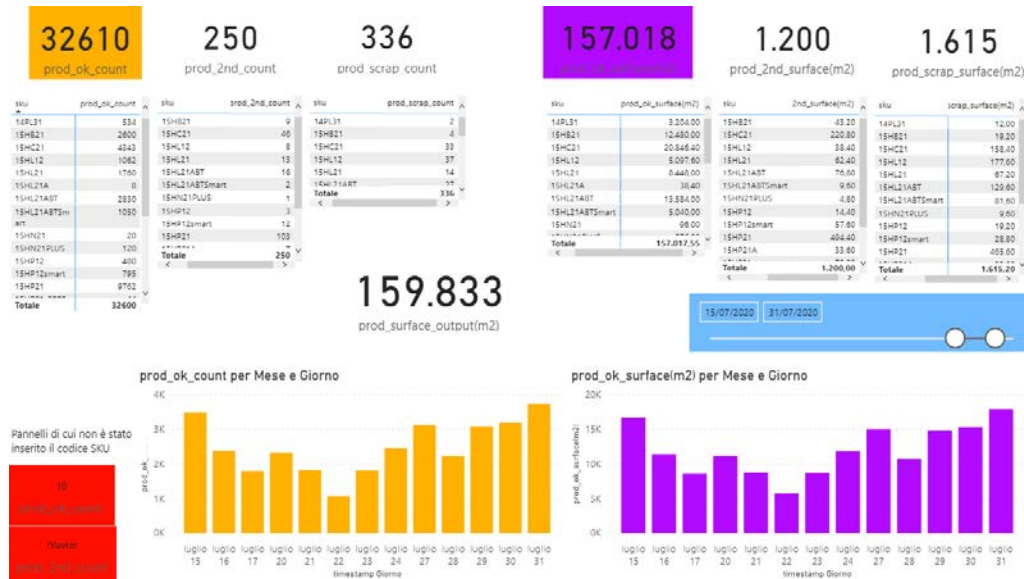


Figura 7.8 – Dashboard “Qualità in uscita”

Produzione output

In questa schermata (figura 7.9) in un grafico a torta sono mostrati tutti i codici prodotto espressi in m², sia che siano pezzi ok, di seconda scelta o scarto, realizzati sempre nell'intervallo temporale preso in considerazione. Questo tipo di grafico non era originariamente presente nel report compilato quotidianamente, ma sicuramente potrà fornire delle informazioni utili al team commerciale di P3, per comprendere al meglio cosa il mercato sta chiedendo maggiormente e su che prodotti puntare.

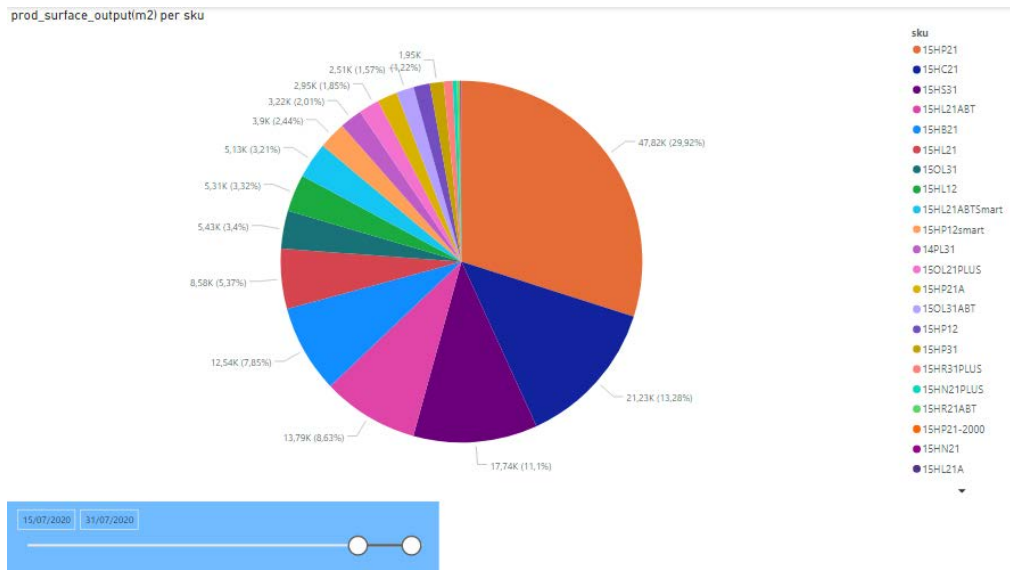


Figura 7.9 – Dashboard “Produzione output”

Causali quality

La terza dashboard (figura 7.10) è dedicata alle causali di qualità. Strettamente collegata alle due schermate precedenti, fornisce un dettaglio sui prodotti definiti come scarto e seconda scelta, ed in particolare, mostra le cause di declassamento, che avevamo già visto in tabella 7.3. Il grafico ad anello permette di visualizzare come la produzione nella sua globalità si divida tra le tre tipologie, mostrando dei valori in percentuale. Se vogliamo, è esattamente il parametro di quality che la letteratura dell’OEE ci consiglia. La tabella in alto mostra per ogni singolo codice prodotto il difetto associato, che ha portato al declassamento del pannello. Infine, il grafico a barre in giallo, fornisce una visualizzazione più macroscopica del numero dei difetti, distinti per tipologia, che sono stati riscontrati, sempre a seconda dell’arco temporale selezionato.

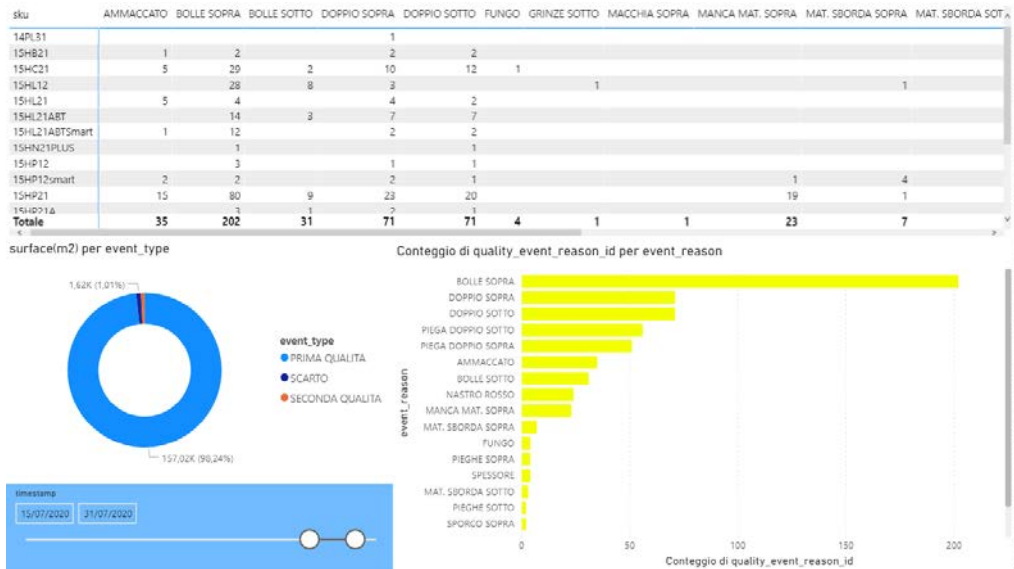


Figura 7.10 – Dashboard “Causali quality”

Consumi

Questa schermata (figura 5.11) è forse una delle più importanti tra tutte le dashboard realizzate, va a sostituire gran parte del lavoro che l’operatore di inizio linea deve svolgere nella fase di spegnimento dell’impianto ed inoltre fornisce informazioni di cui prima non si era in possesso. Nel riquadro in blu troviamo un dato numerico sulla produzione potenziale in m^2 , ovvero quanti m^2 di pannelli potenzialmente potrebbero essere prodotti se non ci fossero le operazioni di rifinitura e soprattutto non ci fosse la grande perdita di materiale che ancor oggi rappresenta una delle principali problematiche di P3. Come nella tab “Qualità in uscita”, per singola SKU possiamo osservare il potenziale di produzione. Naturalmente la bontà e la veridicità di queste informazioni sono legate ad un fattore umano, infatti, come abbiamo visto nel capitolo 5.6.1, sono gli operatori che ad ogni cambio prodotto devono inserire il codice nel sistema. Oltre al semplice numero, è stata aggiunta una rappresentazione grafica a barre, che mostra l’andamento nel tempo filtrato. Rispettivamente in verde, rosa, azzurro e giallo troviamo i consumi delle materie prime, in particolare di poliolo, mdi, polycat e lb; subito più a destra delle raffigurazioni a barre degli stessi dati. Inoltre, sono presenti due riquadri che mostrano la densità di produzione in input e quella in output, entrambe in kg/m^3 . La prima è calcolata a partire dalla massa complessiva di materia prima usata, che altro non è che la sommatoria dei consumi diviso il

potenziale di produzione in volume. La seconda, sempre sulla base della somma dei consumi divisa per il volume di produzione effettivo, un'informazione estrapolata sulla base della produzione in m² presente nella prima tab. Anche qui troviamo quell'indicatore KPI in rosso che mostra il numero di m² "ignoti", quelli per cui non è stato inserito alcun codice identificativo. Possiamo notare che sono presenti due filtri temporali, quello più in alto "controlla" esclusivamente il dato relativo alla densità effettiva, mentre quello sotto tutte le altre informazioni. Questo perché la densità effettiva ha un timestamp diverso dagli altri dati, appartiene ad una tabella nel database differente, collegata a tutto ciò che succede alla fine della linea, non all'inizio, come consumi e produzione potenziale, informazioni a cui è collegata invece la densità ideale. Quest'ultima era un'informazione di cui P3 non ne era in possesso, sicuramente sarà molto utile all'R&D aziendale in un futuro. È anche presente il consumo dell'azoto.



Figura 5.11 – Dashboard “Consumi”

Causali fermi macchina

In questa schermata (figura 5.12) sono mostrati tutti gli eventi che sia il sistema, che gli stessi operatori, inputano dal tablet che hanno a disposizione. Il sistema registrando in maniera automatica ogni 5 secondi lo stato dell'impianto, riesce a calcolare l'intervallo di tempo, in decimi di ora, dell'evento segnalato dall'operatore. Nelle colonne “event_category” ed “event_reason”, sono rispettivamente riportanti quelli che avevamo definito in tabella 7.2 come “macrocategoria” e

“descrizione causale”. Anche in questa tab è possibile filtrare per data e anche per user di accesso.

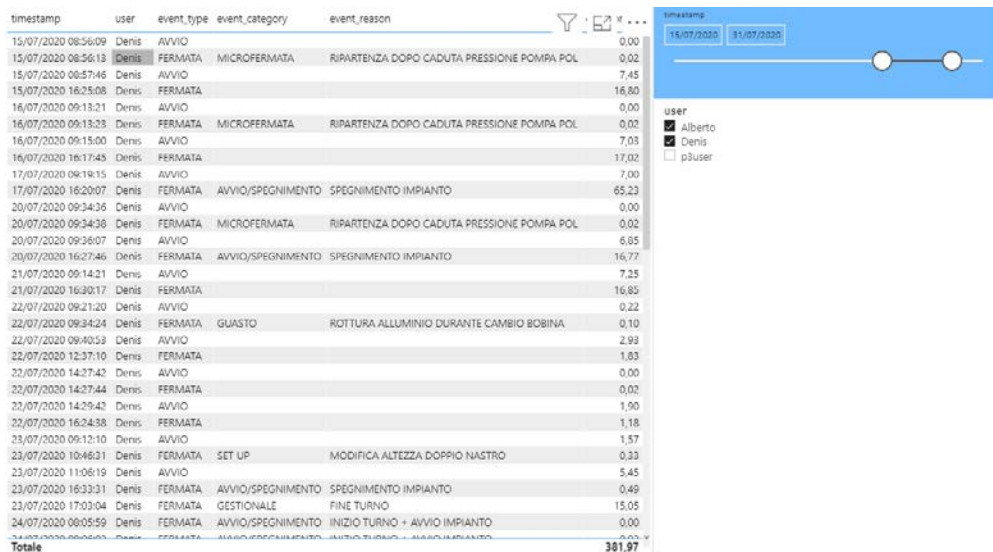


Figura 5.12 - Dashboard “Causali fermi macchina”

Disponibilità

Sostanzialmente, in questa schermata (figura 7.13) è mostrato il parametro di availability dell’impianto. Nel grafico a barre, per ogni giorno è riportato il tempo in decimi d’ora in cui il sistema ha registrato un 1 a database, ovvero quando l’impianto è disponibile ed in funzione, e quando il sistema ha scritto uno 0, ovvero quando l’impianto è stato disponibile, ma non in funzione e quindi fermo. I motivi di fermata sono riportati nel grafico a torta sottostante. Per il calcolo della disponibilità è stato utilizzato un tempo operativo pianificato di 11 h, pari alla durata del turno di lavoro. Precedentemente nel capitolo 5.1 è stato definito che la linea DUCTAL lavora su un turno di 10 ore, in realtà, anche a causa della situazione dettata dal Covid-19, i turni, nell’arco dell’esecuzione dei progetti SMED e “Campagna misure”, sono variati, in particolare erano di 9 o 11 ore, a seconda delle esigenze di produzione.

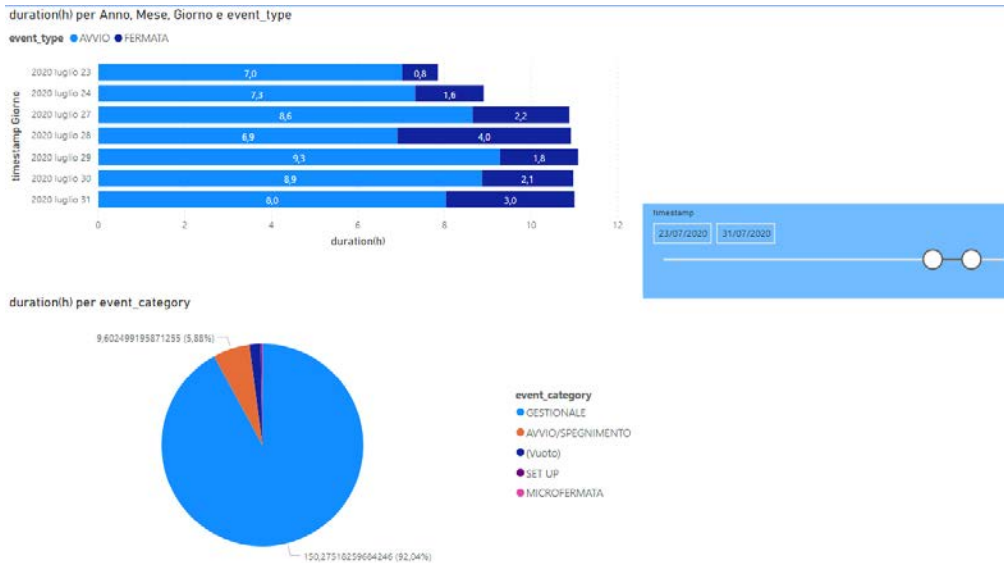


Figura 7.13 – Dashboard “Disponibilità”

Avvio e spegnimento

In figura 7.14 è raffigurata la dashboard che è stata creata appositamente per monitorare in maniera ancor più puntuale i tempi dedicati all’avvio e allo spegnimento dell’impianto e soprattutto per verificare quantitativamente l’apporto che le iniziative di miglioramento SMED portavano.

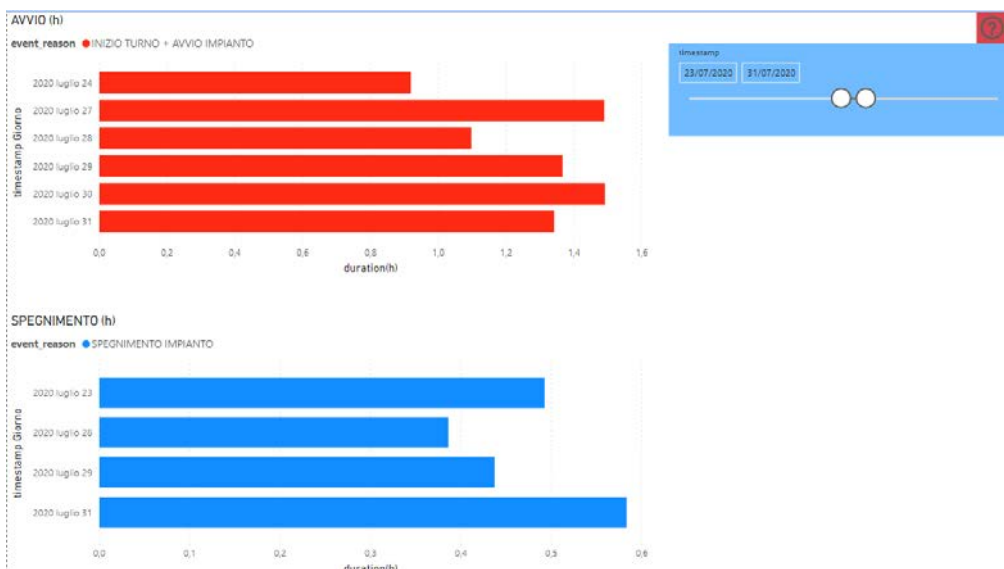


Figura 7.14 – Dashboard “Avvio e spegnimento”

Rivestimenti Al

Fondamentale per P3, ai fine dello scarico dal magazzino delle materie prime, era sapere quanto alluminio veniva consumato di giorno in giorno, in base alla produzione. L’ottava dashboard del file Power BI fornisce esattamente questo (figura 7.15). Nelle righe della tabellina sono riportati i codici SKU prodotto nell’arco temporale selezionato, nelle colonne invece abbiamo: la tipologia di alluminio upper, il peso dell’alluminio upper in kg, la tipologia dell’alluminio lower ed il peso di quest’ultimo. Oltre al filtro temporale è possibile filtrare i dati per SKU, per tipo di alluminio upper o lower. Proprio per come è stato concepito il datalake, e per il fatto che gli allumini sono sempre distinti nelle query tra strato superiore ed inferiore, non è stato possibile costruire un unico elenco che fornisse il consumo per tipologia di rivestimento.

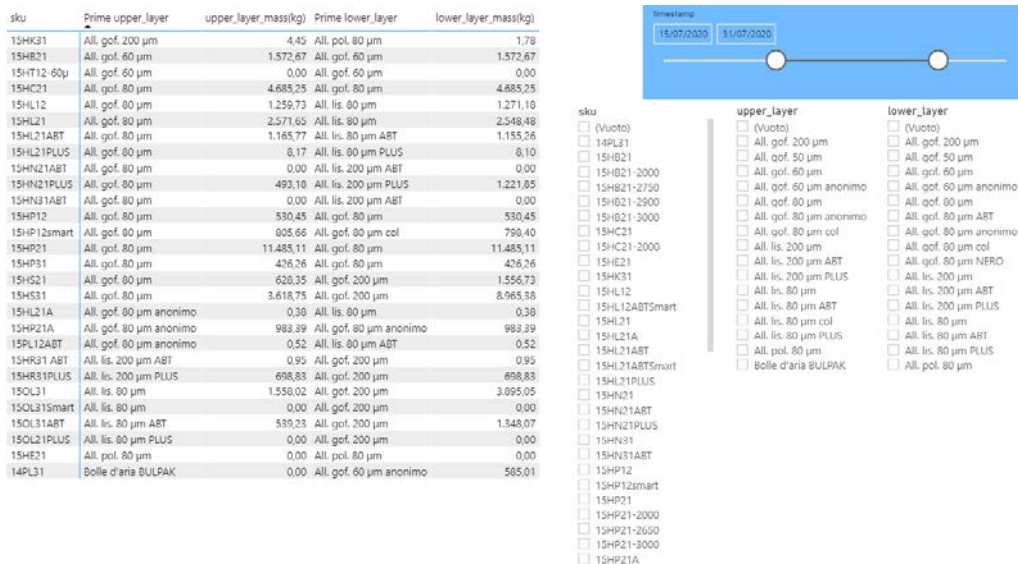


Figura 7.15 – Dashboard “Rivestimenti Al”

Altri prelievi

In questa ultima dashboard (figura 7.16), rientrano tutti quei dati che ho definito come “Altri prelievi”, ovvero informazioni che popolano il file “Buono di prelievo” che quotidianamente l’ufficio acquisti riceve per lo scarico dal magazzino. Anch’esso, come già detto, eliminabile da Power BI. La prima colonna di dati riguarda i consumi di materiali usati prevalentemente per l’imballaggio, questi numeri sono calcolati a partire del numero di pacchi “buoni” avanzati,

distinti per codice SKU. Inoltre, il sistema sulla base delle attività di declassamento, e quindi sull'ammontare dei pannelli di seconda scelta, fornisce una stima sul numero di pacchi che è possibile comporre, abbinando prodotti con stesso codice nell'arco di tempo in considerazione.

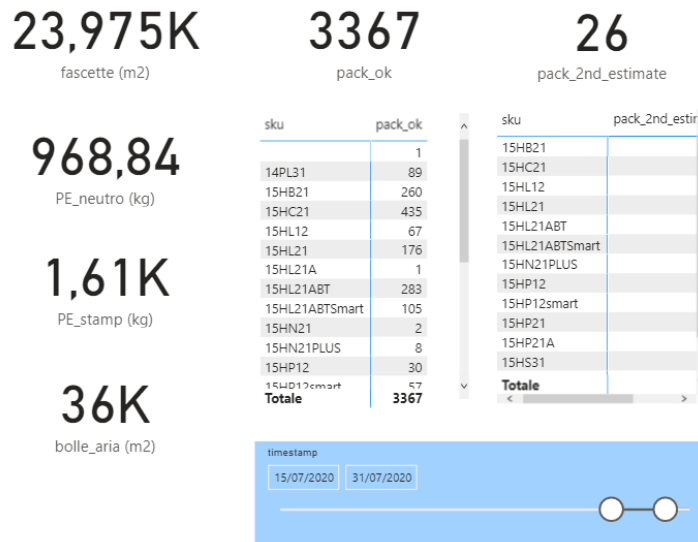


Figura 7.16 – Dashboard “Altri prelievi”

CONCLUSIONI

Per chiudere il mio elaborato riporto delle brevi conclusioni in cui, oltre a mostrare una stima di quello che è il saving ottenibile da P3, sia in termini economici che di disponibilità, vorrei riportare anche delle mie personali considerazioni sull'esperienza.

SAVINGS E BENEFICI

Se riprendiamo le considerazioni economiche fatte al capitolo 5.1, ovvero che un'ora di produzione corrisponde a 1500 m²/h e che un m² ha un valore di 5 €/m², allora 60 minuti possono essere valorizzati economicamente a 7500 €, un minuto vale 125 €.

La tabella 6.1 mostra i tempi di set up relativi ad una singola giornata. Come accennato nel capitolo 5.5, non è possibile considerare veritieri al 100% i valori misurati in fase di analisi AS-IS, per questo motivo di mantenere anche i dati storici raccolti nella campagna 2019, che sicuramente rappresentano meglio la realtà. Nelle ultime due colonne i risultati dei due test condotti dopo l'applicazione delle iniziative di miglioramento SMED.

I dati riportati in tabella relativi all'avvio e spegnimento corrispondono al valore massimo misurato tra i due operatori.

Tabella C.1– Tempi di set up

	Tempo medio da dati storici (min)	Tempo analisi AS-IS (min)	Tempo test 1 (min)	Tempo test 2 (min)
AVVIAMENTO	90	58	38	42
SPEGNIMENTO	30	25	26	30
TOT	120	83	64	72
Perdita (€/gg)	15mila	ca. 10mila	8mila	9mila

Se ci poniamo nell'ottica che qualsiasi tempo non impiegato nella produzione è mancata creazione di valore, quindi perdita, possiamo andare a quantificare una perdita giornaliera, utilizzando la seguente formula:

$$Perdita (\text{€/gg}) = \text{tempo tot in min} * 125 \text{ €/min}$$

La perdita giornaliera, guardando ai dati storici, è pari a 3000 €, circa 60mila€/mese.

Sempre tenendo come benchmark i valori storici, è possibile andare a quantificare quello che è stato il beneficio, anche di carattere economico, che ha portato il progetto SMED, utilizzando la seguenti formule:

$$Saving_{test1} (\text{€/gg}) = 15\text{mila } \text{€/gg} - 8\text{mila } \text{€/gg} = 7\text{mila } \text{€/gg}$$

$$Saving_{test1} (\%) = 100 - \frac{8\text{mila } \text{€/gg} * 100}{15\text{mila } \text{€/gg}} = 46,67\%$$

La tabella 5.20 mostra i savings sia in €/gg, sia in percentuale per i due test, rispetto ai dati storici ed ai valori riscontrati in analisi AS-IS.

Tabella C.2 – Savings giornalieri

	SAVING RISPETTO A I DATI STORICI		SAVING RISPETTO ALL'ANALISI AS-IS	
	(€/gg)	(%)	(€/gg)	(%)
Test 1	7mila	46,67	ca. 2mila	ca. 20,00
Test2	6mila	40,00	ca. 1mila	ca. 10,00

Da una prima osservazione, sembrerebbe che il test 1 dia un maggior beneficio, ma ~~comunque~~ dobbiamo tenere a mente che il numero degli operatori che è stato coinvolto era quasi il doppio rispetto al secondo test. Sarebbe quindi necessaria una valutazione più attenta che comprende anche i costi legati alla manodopera.

Per maggior completezza e per apprezzare ancor di più i benefici risultanti dello SMED, proiettiamo su base annuale le considerazioni fatte precedentemente, considerando una produzione di 202 giorni/anno⁷⁰. Il saving annuale per P3 si

⁷⁰ Nella campagna di analisi iniziale su 7 mesi, i giorni di produzione sono stati 118, attraverso una semplice proporzione possiamo dire che un anno di produzione P3 sia di 202 giorni.

potrebbe aggirerebbe intorno ai 1mln220mila/1mln400mila €, quasi il doppio rispetto alle previsione fatte ad inizio capitolo 5.

Prendiamo ora in considerazione non più l'aspetto strettamente economico/finanziario, ma quello legato alla disponibilità. Per maggior continuità rispetto alle valutazioni fatte inizialmente nel capitolo 5, ci poniamo nella condizione che l'impianto continui a lavorare su un turno unico di 10 ore.

Utilizziamo ancora una volta la formula vista nel capitolo 4.4. Al denominatore poniamo il tempo operativo pianificato, considerando sempre che un anno lavorativo dura mediamente 202 giorni. Mentre al numeratore, il tempo operativo effettivo, dato dalla differenza del tempo pianificato meno le ore di fermo impianto. Per facilità abbiamo considerato che il tempo di down della linea sia causato solo dall'avviamento e dallo spegnimento. Si tratta sì di un'approssimazione, ma comunque assolutamente realistica, visto che, come dimostrato nel capitolo 5.1, queste due ragioni rappresentano più del 70% delle ragioni di mancata disponibilità. Il dato 230 h presente al numeratore non è altro che il risultato di tale operazione:

$$\text{Tempo di fermo impianto (h)} = \frac{\left(\frac{64 \text{ min} + 72 \text{ min}}{2}\right)}{60 \text{ min}} * 202 \text{ gg/anno} = \text{ca. } 230 \text{ h/anno}$$

Calcoliamo, quindi un nuovo indice di availability, ricordando che il valore a inizio progetto era di circa 74,4%.

$$\text{Disponibilità: } \frac{202 \text{ h} - 230 \text{ h}}{202 \text{ gg} * 10 \text{ h}} = \text{ca. } 88,6 \%$$

Il nuovo indicatore di disponibilità è pari ad 88,6%, con un miglioramento del 14,2%. Questo nuovo valore si avvicina moltissimo al benchmark del 90% riferito alla produzione in linea.

Fino ad ora abbiamo parlato di saving che possono essere facilmente quantificabili, ma come discusso nel capitolo 4.7 i benefici dello SMED sono molteplici. Tra tutti vorrei far apprezzare come il progetto, in particolare nelle battute finali, abbia permesso di creare un clima di maggior condivisione e comunicazione in

reparto. Risultato assolutamente da non sottovalutare, ma che anzi, a parer mio, rappresenta proprio l'essenza della cultura Lean.

CONSIDERAZIONI PERSONALI

Se pur i risultati siano molto positivi, vorrei mettere in luce anche alcune criticità in merito a tutta l'esperienza vissuta.

Per me è stato molto difficoltoso, in particolare inizialmente, l'approccio con gli operatori, probabilmente per il fatto che non mi vedessero come una figura autoritaria, immagino che in ogni caso non volevo assolutamente dare di me; è stato molto difficile il raggiungimento dell'on-boarding. Non è mai facile cambiare il modo di affrontare il proprio lavoro, figurati per persone che lavorano in uno stesso ambiente da oltre 15 anni. Inoltre, solo da pochi anni era andato in pensione il vecchio capo reparto, una persona, a dire degli operatori, che tarpava le iniziative e le innovazioni, quindi in reparto vi era ancora questo "cattivo" retaggio, a causa del quale nessuno era stato abituato ad esporsi particolarmente. In collegamento con ciò che ho appena detto, come del resto per la maggior parte delle PMI del territorio, la conoscenza è ritenuta ~~come~~ una ricchezza individuale, che non va condivisa, nè tramandata, ma tenuta per sé in modo da essere considerati insostituibili per l'azienda. È ancora, purtroppo, una mentalità lontana il fatto che il know-how debba essere condiviso con il proprio team, in modo da accrescere il gruppo e non solo il singolo. Tutto questo l'ho percepito sia indirettamente, osservando semplicemente il lavoro degli operatori, sia direttamente durante i colloqui, in cui, molto spesso, ad ogni mia proposta, la classica risposta era "Non è possibile" o "Abbiamo sempre fatto così", vi era poca proattività nel proporre idee. Infine, benché gli operatori lavorassero insieme da molti anni, molti di loro non sapevano cosa i propri colleghi facessero.

C'è anche da sottolineare come il progetto SMED sia stato di fatto il primissimo contatto diretto e concreto che l'azienda ha avuto con tutta la cultura Lean, quindi ritengo ormale aver riscontrato questa reticenza da parte della workforce, a differenza del management di P3 che invece fin da subito si è dimostrato entusiasta.

Solo verso la fine del progetto ho potuto apprezzare un clima molto più propositivo da parte degli operatori, che hanno compreso l'importanza di provare direttamente sul campo le idee che venivano in mente. Spero vivamente che si siano resi conto che la cultura Lean non porta vantaggi solamente all'azienda, ma anche alla quotidianità di tutte le figure che vi lavorano.

Come anticipato nei capitoli 5.5 e 6.1, le registrazioni e misure delle tempistiche realizzate in fase di analisi AS-IS non possono essere ritenute affidabili e veritiere al 100%, in quanto gli operatori sentendosi osservati, hanno cercato di velocizzare le attività. Fortunatamente, grazie alla campagna di misure condotta nel 2019 e ai dati raccolti dal file Power BI tra i mesi di giugno e luglio 2020, è stato possibile constatare quali ~~effettivamente~~ fossero le reali durate dell'avviamento e spegnimento dell'impianto.

Come già anticipato nel capitolo 5.5, la decisione da parte di P3 di cambiare l'organizzazione dei turni, ha influito notevolmente su tutto il lavoro che era stato portando avanti. Infatti, la definizione delle nuove procedure di set up, evento centrale di tutta la teoria ed applicazione SMED, era stata costruita sul presupposto che ci fossero solamente due operatori ad inizio linea, dedicati all'avviamento ed allo spegnimento. Il fatto che in fase di test le persone fossero il doppio, ha impedito di seguire in maniera rigorosa l'elenco delle attività definite. Inoltre, ~~come è successo~~ i turni e gli orari degli operatori sono soggetti ad una altissima variabilità, e quindi non è possibile prevedere se effettivamente si manterrà questo nuovo orario o se si ritornerà a quello precedente. L'aver effettuato un secondo test ricreando le condizioni della situazione AS-IS, è stato fondamentale, ed ha ancor più valorizzato i risultati raggiunti.

Un'altra difficoltà che ho incontrato nel percorso è stato il fatto che P3 non avesse individuato alcun project manager interno che seguisse l'andamento del progetto più da vicino, con cui mi potessi confrontare direttamente e condividere la responsabilità delle azioni che intraprendevo.

Inoltre, sia per l'azienda cliente P3, ma anche, a mio avviso, per la stessa AzurroDigitale, è stato in alcuni frangenti difficile distinguere il progetto SMED dal progetto "Campagna misure". Infatti, i due si sono sovrapposti in particolare

nella realizzazione del file Power BI. Probabilmente c'è stata una mancanza di una comunicazione chiara, da parte di entrambe le parti ed anche della sottoscritta, che favorisse la distinzione in maniera netta delle finalità dei due progetti.

Infine, sicuramente ha giocato un ruolo decisivo tutta la situazione che ci siamo trovati a fronteggiare, mi riferisco al lockdown ed alle restrizioni imposte dal Covid-19. Certamente questo stato straordinario ha notevolmente dilatato i tempi di tutto il progetto, il quale sarebbe dovuto partire a marzo per concludersi in giugno, invece ha preso l'avvio solamente all'inizio dell'estate.

IL TO BE DI P3 SRL E AZZURRODIGITALE

Per quanto riguarda il futuro, l'azienda sta ormai lavorando da diversi anni, insieme all'Università di Padova, nella ricerca e sviluppo di una nuova tecnologia di deposito del materiale. L'obiettivo di P3 Srl è quello di ampliare la propria produzione in continua con una seconda linea più performante e veloce, che, avendo un sistema di getto diverso, non comporterà più i problemi di spreco di materiale, di formazione e spostamento di montagne di poliuretano. Quindi molto probabilmente tutto il set up di avviamento e spegnimento sarà completamente diverso. Nel momento in cui la soluzione verrà trovata ~~probabilmente~~ anche l'attuale impianto verrà modificato.

Per quanto riguarda la relazione tra AzzurroDigitale e P3, indipendentemente dal progetto SMED, continua l'avanzamento del progetto "Campagna misure" con la speranza poi di replicarlo anche nel reparto ISOMAC. Rappresenterebbe una grande innovazione, con l'applicazione di tecnologie IoT, machine learning, data analysis, in un contesto di PMI veneta.

A parer mio la grande innovazione di questo progetto di tesi è stato quello di aver portato un caso studio in cui Lean e digital transformation si fondono. Spero di aver dimostrato come la digitalizzazione, le tecnologie IoT, gli strumenti di business intelligence etc. possano essere al servizio di metodologie lean oramai già più che consolidate, ed anzi accrescerne ancor più i benefici.

APPENDICE

APPENDICE A

Di seguito le tabelle utilizzate per l'analisi AS-IS del set up di avviamento e spegnimento, operatori Aurelio e Fabio.

Tabella A.1 – Ciclo gramma operatore Aurelio, inizio turno-inizio linea

N°	Desc. att	Tipo att.	Tipo att.2	Op	IED/OED	Strum	T (s)	%
1	Prelievo guanti	Prelievo di strumenti		Aurelio	IED	Guanti	5	0,143
2	Spostare montagne davanti al macinatore per creare spazio	Pulizia	Spostamenti	Aurelio	IED		60	1,717
3	Staccaggio nylon laterale, lato macinatore	Pulizia		Aurelio	IED		100	2,861
4	Rimozione montagne di poliuretano, spostandole verso il lato macinatore, con staccio nylon sotto	Pulizia	Spostamenti	Aurelio	IED	Pala	155	4,435
5	Prelievo lama aria, con spostamento della scala	Prelievo di strumenti		Aurelio	IED	Lama d'aria	30	0,858
6	Pulizia con lama d'aria per spostare verso il macinatore	Pulizia		Aurelio	IED	Lama d'aria	170	4,864
7	Pulizia area lato console	Pulizia		Aurelio	IED	Scopae	160	4,578

						pa- letta		
8	Pulizia lato macinatore	Pulizia		Aurelio	IED	Scop a e pa- letta	50	1,431
9	Posizionamento telo inferiore	Lubrificazione		Alberto e Aurelio	IED	Cutter e telo nylon	60	1,717
10	Pulizia lato macinatore	Pulizia		Aurelio	IED	Scop a	35	1,001
11	Posizionamento telo inferiore	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Cutter, telo nylon, nastro adesivo e pro- fili	180	5,150
12	Fissaggio teli sotto al nastro di colata	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Na- stro adesivo	50	1,431
13	Pulizia "chiodini" lato macinatore	Pulizia		Aurelio	IED	Cutter	30	0,858
14	Taglio telo laterale	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Aurelio	IED	Cutter e due teli nylon	90	2,575
15	Applicazione telo laterale lato macinatore	Smontaggio/montaggio		Alberto	IED	Teli nylon,	120	3,433

				e Aurelio		mollettoni e cutter		
16	Applicazione telo laterale lato console	Smontaggio/montaggio		Alberto e Aurelio	IED	Teli nylon, mollettoni e cutter	170	4,864
17	Prelievo materiali per montaggio testa	Prelievo di strumenti		Aurelio	IED	Guan- ti, Scot- tex, di- stac- cante, pen- nello e spa- to- letta	60	1,717
18	Pulizia rullo e "zona convogliatore"	Pulizia		Aurelio	IED	Spa- to- letta e Scot- tex	130	3,720
19	Applicazione distaccante sul convogliatore e rullo (lato console)	Lubrifica- zione		Aurelio	IED	Di- stac- cante	60	1,717
20	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applica- zione	Lubrifica- zione	Sposta- menti	Aurelio	IED	Spa- tola	80	2,289

	distaccante (lato macinatore)							
21	Pulizia rullo e "zona convogliatore"	Pulizia		Aurelio	IED	Spatola e scotte	40	1,144
22	Tirare alluminio verso imboccatura			Aurelio ed Alberto	IED		55	1,574
23	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applicazione distaccante (lato macinatore)	Lubrificazione		Aurelio	IED	Distaccante	15	0,429
24	Tirare alluminio verso imboccatura			Aurelio	IED		20	0,572
25	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applicazione distaccante (lato macinatore)	Lubrificazione		Aurelio	IED	Distaccante	80	2,289
26	Pulizia rullo e "zona convogliatore"	Pulizia		Aurelio	IED	Spatola e Scotex	85	2,432
27	Applicazione distaccante sul convogliatore e rullo (lato macinatore)	Lubrificazione		Aurelio	IED	Distaccante	45	1,288
28	Regolazione convogliatore	Controllo		Aurelio	IED		50	1,431

	(lato macinatore)							
29	Posizionamento fascette lato macinatore	Controllo		Aurelio	IED		110	3,147
30	Mettere via strumenti	Spostamenti		Aurelio	IED		30	0,858
31	Regolazione convogliatore (lato console)	Controllo		Aurelio	IED		20	0,572
32	Taglio e applicazione nylon protettivi delle fascette (entrambi i lati)	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Aurelio	IED	Cutter, 2 pezzi di nylon e biadesivo	150	4,292
33	Taglio 3 pannelli	Controllo	Spostamenti	Aurelio	IED	Cutter, pannelli con spessore di produzione	60	1,717
34	Inserimento pannelli all'imbocco del nastro		Spostamenti	Aurelio	IED		180	5,150
35	Regolazione fascetta (lato macinatore)	Controllo		Aurelio	IED		60	1,717

36	Pulizia con lama d'aria zona bobine	Pulizia	Spostamenti	Aurelio	IED	Lama d'aria	30	0,858
37	Indossare tuta e dpi	Prelievo di strumenti		Aurelio	IED	Tuta e dpi	90	2,57
38	Attesa partenza	Spostamenti		Aurelio	IED		210	6,009
39	Posizionamento scala dentro zona spruzzo	Prelievo di strumenti		Aurelio	IED	Scala	20	0,572
40	Spostamento fino zona fine tunnel	Spostamenti		Aurelio	OED		90	2,575
41	Attesa arrivo materiale			Aurelio ed Artur	OED		50	1,431
42	Attesa arrivo materiale buono			Aurelio ed Artur	OED	Cutter	30	0,858
43	Verifica post taglio del materiale	Controllo		Aurelio ed Artur	OED		180	5,150
							58,25 (s)	
							3495 (min)	100

Tabella A.2 – Ciclo gramma operatore Fabio, fine turno-inizio linea

N°	Desc. Att.	Tipo att.	Tipo att.	Op	IED/OED	Strum.	T (s)	%
1	Taglio bobina per fine produzione	Smontaggio/montaggio		Fabio	OED	Cutter	10	0,79
2	Chiusura valvola aria	Regolazione parametri		Fabio	IED		30	2,37

3	Spegnimento azoto ed aria compressa	Regolazione parametri	Spostamenti	Fabio	IED		25	1,98
4	Posizionare console in manuale per pulizia e reset allarmi	Regolazione parametri	Spostamenti	Fabio	IED		40	3,16
5	Spegnimento pompe polili ed isocianato, sala mescole	Regolazione parametri		Fabio	IED		20	1,58
6	Reset allarmi	Regolazione parametri		Fabio	IED		10	0,79
7	Chiusura aspiratore generale in sala mescole	Regolazione parametri		Fabio	IED		15	1,19
8	Cambio polycat	Smontaggio/montaggio		Fabio	IED	Muletto	70	5,53
9	Prelievo nuovo serbatoio polycat	Movimentazione di materiali	Spostamenti	Fabio	IED	Muletto	80	6,3
10	Apertura tappo serbatoio polycat	Smontaggio/montaggio	Prelievo di strumenti	Fabio	IED	Martello e chiave a griffo	60	4,74 %
11	Posizionamento polycat	Movimentazione di materiali	Spostamenti	Fabio	IED	Muletto	60	4,74
12	Inserimento siringa nel serbatoio polycat	Smontaggio/montaggio		Fabio	IED		5	0,40
13	Rimozione telo laterale, lato console	Smontaggio/montaggio		Fabio	IED		85	6,72

14	Smontaggio testa	Smontaggio/montaggio	Prelievo di strumenti	Fabio	IED	Chiavi da 14 e 16 e griffo	80	6,32
15	Pulizia testa	Pulizia		Fabio	IED	Ace-tone, chiavi varie, fresa e lama d'aria	135	10,67
16	Smontaggio singoli pezzi testa ed immersione in friggitrice	Movimentazione di materiali		Fabio	IED	Ugello, 2 spacc a flusso, valvola di non ritorno ed innesto aria	130	10,28
17	Chiusura porte sala mescole	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Fabio	IED		20	1,58
18	Chiusura portone principale	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Fabio	IED		50	3,9
19	Muletto sotto carica	Movimentazione di materiali	Spostamenti	Fabio	IED		75	5,93

20	Chiusura portone ductal	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Fabio	IED		5	0,40
21	Spegnimento compressore ed essiccatore	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Fabio	IED		100	7,91
22	Spegnimento macinatore e luci tunnel	Smontaggio/montaggio	Spostamenti	Fabio	IED		30	2,37
23	Pulizia per raggruppare materiale dentro cabina	Pulizia		Fabio	IED	Scopa	120	9,49
24	Spegnimento luci sala mescole	Smontaggio/montaggio		Fabio	IED		10	0,79
							21,08	
							(s)	
							1265	100
							(min)	

APPENDICE B

Di seguito le tabelle utilizzate per il disegno TO BR del set up di avviamento e spegnimento, operatori Aurelio e Fabio

Tabella B.1 – Attività AV/NAV Aurelio, inizio turno-inizio linea

N°	Desc. att.	IED/O ED	T (s)	%	AV/N AV	Spunti
1	Prelievo guanti	IED	5	0,143		
2	Spostare montagne davanti al macinatore per creare spazio	IED	60	1,717		Queste attività verranno effettuate durante lo

						spegnimento dell'impianto.
3	Staccaggio nylon laterale, lato macinatore	IED	100	2,861		Queste attività verranno effettuate durante lo spegnimento dell'impianto.
4	Rimozione montagne di poliuretano, spostandole verso il lato macinatore, con staccio nylon sotto	IED	155	4,435		Queste attività verranno effettuate durante lo spegnimento dell'impianto.
5	Prelievo lama aria, con spostamento della scala	IED	30	0,858		La scala dovrà essere già spostata
6	Pulizia con lama d'aria per spostare verso il macinatore	IED	170	4,864		
7	Pulizia area lato console	OED	160	4,578		Effettuare la pulizia in un momento successivo, quando l'impianto è già in funzione
8	Pulizia lato macinatore	OED	50	1,431		Effettuare la pulizia in un momento successivo, quando l'impianto è già in funzione
9	Posizionamento telo inferiore	IED	60	1,717		
10	Pulizia lato macinatore	OED	35	1,001		Effettuare la pulizia in un

						momento successivo, quando l'impianto è già in funzione
11	Posizionamento telo inferiore	IED	180	5,150		
12	Fissaggio teli sotto al nastro di colata	IED	50	1,431		
13	Pulizia "chiodini" lato macinatore	IED	30	0,858		Appendere i due teli laterali al più tardi possibile, in modo che intralcino meno il passaggio degli operatori
14	Taglio telo laterale	IED	90	2,575		Utilizzare sistemi pokayoke per il taglio del telo oppure eseguirlo come OED
15	Applicazione telo laterale lato macinatore	IED	120	3,433		Appendere i due teli laterali al più tardi possibile, in modo che intralcino meno il passaggio degli operatori
16	Applicazione telo laterale lato console	IED	170	4,864		
17	Prelievo materiali pulizia zona rullo, convogliatore e lati nastro	IED	60	1,717		Costruire uno scaffale/gancio per riporre

						tutti gli strumenti utilizzati dall'operatore che sta dal lato macinatore
18	Pulizia rullo e "zona convogliatore"	IED	130	3,720		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
19	Applicazione distaccante sul convogliatore e rullo (lato console)	IED	60	1,717		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
20	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applicazione distaccante (lato macinatore)	IED	80	2,289		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
21	Pulizia rullo e "zona convogliatore"	IED	40	1,144		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
22	Tirare alluminio verso imboccatura	IED	55	1,574		Questa attività dovrà essere eliminata, il team dello spegnimento dovrà effettuare un taglio dell'alluminio accurato in

						modo che alla mattina l'alluminio sia già imboccato.
23	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applicazione distaccante (lato macinatore)	IED	15	0,429		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
24	Tirare alluminio verso imboccatura	IED	20	0,572		Questa attività dovrà essere eliminata, il team dello spegnimento dovrà effettuare un taglio dell'alluminio accurato in modo che alla mattina l'alluminio sia già imboccato.
25	Pulizia bordo lamiera e bordo piano colata, con applicazione distaccante (lato macinatore)	IED	80	2,289		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
26	Pulizia rullo e "zona convogliatore"	IED	85	2,432		Definire un percorso ben preciso in modo da evitare troppi spostamenti.
27	Applicazione distaccante sul convogliatore e rullo (lato macinatore)	IED	45	1,288		Definire un percorso ben preciso in

						modo da evitare troppi spostamenti.
28	Regolazione convogliatore (lato macinatore)	IED	50	1,431		Utilizzare delle soluzioni poka-yoke, come tacche per aiutarsi nel posizionamento del convogliatore
29	Posizionamento fascette lato macinatore	IED	110	3,147		
30	Mettere via strumenti	IED	30	0,858		Costruire uno scaffale/gancio per riporre tutti gli strumenti utilizzati dall'operatore che sta dal lato macinatore
31	Regolazione convogliatore (lato console)	IED	20	0,572		Utilizzare delle soluzioni poka-yoke, come tacche per aiutarsi nel posizionamento del convogliatore
32	Taglio e applicazione nylon protettivi delle fascette (entrambi i lati)	IED	150	4,292		Costruire uno scaffale/gancio per riporre tutti gli strumenti utilizzati dall'operatore che sta dal lato macinatore

33	Taglio 3 pannelli	IED	60	1,717		Ipotizzare di tagliare i pannelli come OED
34	Inserimento pannelli all'imbocco del nastro	IED	180	5,150		
35	Regolazione convogliatore (lato macinatore)	IED	60	1,717		Utilizzare delle soluzioni poka-yoke, come tacche per aiutarsi nel posizionamento del convogliatore
36	Pulizia con lama d'aria zona bobine	IED	30	0,858		
37	Indossare tuta e dpi	OED	90	2,575		
38	Attesa partenza	OED	210	6,009		Cercare di ottimizzare il tempo
39	Posizionamento scala dentro zona spruzzo	OED	20	0,572		
40	Spostamento fino zona fine tunnel	OED	90	2,575		
41	Attesa arrivo materiale	OED	50	1,431		
42	Attesa arrivo materiale buono	OED	30	0,858		
43	Verifica post taglio del materiale	OED	180	5,150		
			3495 (s)			
			58,25 (min)	100		

Tabella B.2 – Attività AV/NAV Fabio, fine turno-inizio linea

N°	Desc. Att.	IED/O ED	T (s)	%	AV/N AV	Spunt
1	Taglio bobina per fine produzione	OED	10	0,79		
2	Chiusura valvola aria	IED	30	2,37		
3	Spegnimento azoto ed aria compressa	IED	25	1,98		
4	Posizionare console in manuale per pulizia e reset allarmi	IED	40	3,16		
5	Spegnimento pompe polioli ed isocianato, sala mescole	IED	20	1,58		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
6	Reset allarmi	IED	10	0,79		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
7	Chiusura aspiratore generale in sala mescole	IED	15	1,19		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
8	Cambio polycat	OED	70	5,53		Attività che sarà svolta OED
9	Prelievo nuovo serbatoio polycat	OED	80	6,32		Attività che sarà svolta OED
10	Apertura tappo serbatoio polycat	OED	60	4,74		Attività che sarà svolta OED
11	Posizionamento polycat	OED	60	4,74		Attività che sarà svolta OED

12	Inserimento siringa nel serbatoio polycat	OED	5	0,40		Attività che sarà svolta OED
13	Rimozione telo laterale, lato console	IED	85	6,72		Studiare un Kit head
14	Smontaggio testa	IED	80	6,32		Studiare un Kit head
15	Pulizia testa	IED	135	10,67		
16	Smontaggio singoli pezzi testa ed immersione in friggitrice	IED	130	10,28		
17	Chiusura porte sala mescole	IED	20	1,58		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
18	Chiusura portone principale	IED	50	3,95		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
19	Muletto sotto carica	IED	75	5,93		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
20	Chiusura portone DUCTAL	IED	5	0,40		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
21	Spegnimento compressore ed essiccatore	IED	100	7,91		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
22	Spegnimento macinatore e luci tunnel	IED	30	2,37		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti

23	Pulizia per raggruppare materiale dentro cabina	IED	120	9,49		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
24	Spegnimento luci sala mescole	IED	10	0,79		Definire percorso per ottimizzare gli spostamenti
			1265 (s)			
			21,08 (min)	100		

BIBLIOGRAFIA

Agustiady T. K., Cudney E. A., 2015, *Total Productive Maintenance, Strategies and Implementation Guide*, CRC Press, Boca Raton, Florida

Blackstone M. e Spencer J., 1992, *APICS Dictionary*, APICS

Calzavara M., 2018, *Dispense del corso di Impianti meccanici*, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

Chan Kim W., Mauborgne R., 2005, *Blue ocean strategy*, Harvard Business Review, Boston

Filippini R. e Biazzo S., 2019, *Dispense del corso di Gestione sviluppo prodotto*, anno accademico 2019/2020, Università di Padova

Iasinti M. e Lakhani K., 2020, *Competiting in the age of AI*, Harvard Business Review, Boston

King P., 2009, SMED in the processes industries: improved flow through shorter product changeovers , *IEG mag*, pp. 4-5

King P., 2017, *Lean thinking per le aziende di processo*, HOEPLI, Milano

King P. e King J., 2013, *The product wheel handbook*, CRC Press, Taylor & Francis Group

Krafcik J., 1988, *Triumph of the Lean Production System*, Sloan Management Review

Liker J., 2003, *The Toyota way*, HOEPLI, Milano

Marcon A., 2018, *La metodologia 5S, il caso AZA Spa*, lezione nell'ambito del corso Gestione snella dei processi, docente prof. Panizzolo, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

Nakajima S., 1988, *Introduction to TPM: Total Production Maintenance*, Productivity Press, Minnesota

Ohno T., 1988, *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon

Panizzolo R., 2018, *Dispense del corso di Gestione snella dei processi*, anno accademico 2018/2019, Università di Padova

Schito G., 2012, *La metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED): una rassegna della letteratura*, Tesi di laurea, anno accademico 2011/2012, Padova, pp. 23-29

Shingo S., Dillon A., 1983, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Productivity Press, Cambridge

Slack N., Brandon-Jones A., Johnston R., Betts A., Vinelli A., Romano P., Danese P., 2013, *Gestione Delle Operations E Dei Processi*, Pearson, Milano

Ulutas B., 2011, An application of SMED methodology, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 5, n. 7, pp. 1194

Womack J.P., Jones D.T., Roos D., 1988, *The Machine That Changed the World*, Macmillan, New York

Zennaro I., 2018, *Dispense del corso di Impianti meccanici*, anno accademico 2017/2018, Università di Padova

SITOGRAFIA

<https://www.bcsoa.it/>

<https://www.makeitlean.it/blog/lean-production-7-sprechi>

<https://www.azzurrodigitale.com/>

<https://www.p3italy.it/azienda/organizzazione/>

<https://www.p3italy.it/p3-nel-mondo/>