Politecnico di Torino

Facoltà di ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica



Prova Finale

World Class Manufacturing, applicazione del pilastro tecnico Autonomous Maintenance

A.A. 2019/2020

Candidato: Lorenzo Di Stefano

Relatore: Luca Iuliano

Tutor aziendale: Enrico Prono

Sommario

In	troduzio	one	4
1.	Mag	neti Marelli	5
	1.1.	Magneti Marelli storia	5
	1.2. F	- Fusione Calsonic Kansei e Magneti Marelli	7
	1.3.	Aree business Magneti Marelli	8
	1.4. <i>l</i>	Exhaust Systems e lo stabilimento di Venaria Reale	9
	1.4.1	. Collettori di scarico	10
	1.4.2	. Convertitori catalitici	11
	1.4.3	. Filtro anti-particolato	12
	1.4.4	. Tecnologia SCR	12
	1.4.5	. Silenziatori	12
	1.4.6	. Terminali di scarico	13
2.	Wor	d Class Manufacturing	14
	2.1.	Definizione	14
	2.2. l	Le origini	14
	2.3.	Metodologia WCM	15
	2.3.1	Total Industrial Engineering – TIE	16
	2.3.2	. Total Quality Management - TQM	16
	2.3.3	. Total Productive Maintenance – TPM	16
	2.3.4	Just In Time – JIT	17
3.	. Pilastri WCM e sistema <i>audit</i>		18
	3.1.	Health & Safety – SAF	19
	3.2.	Cost Deployment – CD	20
	3.3.	Focused Improvement – FI	21
	3.4.	Autonomous Activities - AM & WO	22
	3.5.	Professional Maintenance – PM	24
	3.6.	Quality control – QC	25
	3.7.	Logistics & Customer Service – LCS	26
	3.8.	Early Product/Equipment Management – EPM/EEM	27
	3.9.	People Development – PD	28
	3.10	Environment & Energy – ENV & ENE	29
	3.11	Sistema Audit	30

4.	Pilastro Autonomous Maintenance		
	4.1.	La strategia	31
	4.2.	Analisi Benefici/Costi	32
	4.3.	Definizione KPI e KAI	33
	4.4.	Step 0	34
	4.5.	Step 1 – Pulizia Iniziale	36
	4.6.	Step 2 - Contromisure contro le fonti di sporco e le zone di difficile accesso	38
	4.7.	Step 3 – Standard di pulizia, ispezione e lubrificazione	39
	4.8.	Step 4 – Ispezione generale degli impianti	41
	4.9.	Step 5 – Ispezione autonoma	45
	4.10.	Step 6 – Miglioramento degli standard	46
	4.11.	Step 7 – Sistema di gestione autonoma e completamente applicato	47
5.	Applicazione Pilastro		
	5.1.	Applicazione Step 0	48
	5.2.	Applicazione Step 1 - Pulizia iniziale	53
	5.3.	Applicazione Step 2 - Contromisure contro le fonti di sporco e le zone di difficile	60
	accesso		
	5.4.	Applicazione Step 3 – Standard di pulizia, ispezione e lubrificazione	67
	5.5.	Applicazione Step 4 – Ispezione generale degli impianti	76
6.	Risult	ati e Prospettive	95
7.	Concl	usioni	99
Acronimi			100
Indice delle figure			102
Indice delle tabelle			
Sitografia			106
Bibliografia			

Introduzione

Questo lavoro di tesi è nato grazie ad un'attività di tirocinio che ho avuto la possibilità e la fortuna di svolgere nell'impianto di produzione di sistemi di scarico sito a Venaria Reale e di proprietà della ormai "ex" Magneti Marelli. Lo stage all'interno dell'impianto ha avuto una durata di 6 mesi, iniziando ad ottobre 2018 e terminando a fine marzo 2019. Durante questi mesi ho avuto modo di prendere conoscenza di un ramo della produzione industriale, affrontando numerose problematiche concernenti la produzione e in particolare gli aspetti che riguardano la metodologia World Class Manufacturing, filosofia e tecnica di miglioramento continuo utilizzata in tutti gli impianti produttivi appartenenti al gruppo FCA. Ho avuto modo non solo di avvicinarmi al "pilastro tecnico" Autonomous Maintenance del WCM, ma anche alla gestione, alla pianificazione e al monitoraggio della parte produttiva supportando il responsabile di produzione e due capi UTE (Unità Tecnologica Elementare). In questo lavoro di tesi ho concentrato la mia attenzione sul pilastro tecnico AM, poiché mi ha consentito di misurarmi con la possibilità di apportare sostanziali modifiche e miglioramenti all'isola produttiva di cui mi sono occupato.

Il lavoro che segue parte dalla descrizione della metodologia *WCM* sin dai suoi principi ispiratori e dai suoi pilastri tecnici, per arrivare fino all'applicazione degli elementi che caratterizzano il pilastro tecnico *Autonomous Maintenance* potendoli indagare nella loro applicazione su due macchine di un'isola produttiva dello stabilimento.

La stesura della tesi è avvenuta interamente quando la società *Magneti Marelli* era ancora facente parte del gruppo *FCA*, società attualmente non più proprietaria di *Magneti Marelli* a seguito dell'acquisizione ultimata a maggio 2019 da parte di un'altra azienda leader nel settore *automotive*, *Calsonic Kansei*. Pertanto ho ritenuto opportuno informare il lettore che nei capitoli che seguono mi riferirò all'impianto come era nel momento in cui è stato svolto il tirocinio.

ho anche ritenuto opportuno aggiungere un piccolo paragrafo in cui parlerò dell'acquisizione da parte nella nuova proprietà e di come cambierà o è già cambiato l'approccio e l'organizzazione strutturale dell'azienda stessa in conseguenza di una diversa visione aziendale relativamente alle procedure di gestione.

1. Magneti Marelli

1.1. Magneti Marelli storia

Magneti Marelli nasce l'8 ottobre 1919 a seguito dell'accordo tra Ercole Marelli, già fondatore dell'omonima azienda specializzata nel produrre motori e apparecchi elettrici, e Fiat al fine di avviare la produzione in serie di magneti di accensione di motori a scoppio e per soddisfare la crescente domanda di componenti elettrici.



Figura 1. Vecchio Logo Magneti Marelli

Negli anni '20 Magneti Marelli si rafforza e si diversifica grazie all'ingresso in produzione di magneti per automobili, motocicli, equipaggiamenti elettrici, motori industriali, motori da competizione e per aviazione. A partire dagli anni '30 avvia la produzione di sistemi radio per telecomunicazioni terrestri, ponti radio, aeronautiche e navali. Ma la successiva decisione, nel 1935, di avviare la produzione di candele per automobili e motociclette assieme al settore batterie, darà popolarità e fama a Magneti Marelli per i successivi 50 anni. L'azienda successivamente si espande sempre di più lavorando con i principali Enti statali italiani, tra cui corpi militari e televisione.

Dagli anni '60 le scelte aziendali hanno portato ad una graduale concentrazione nel settore dell'automotive, riducendo quindi progressivamente gli investimenti nelle altre attività ritenute meno strategiche.

Oggi Magneti Marelli opera a livello internazionale nel settore dell'*automotive* come fornitore di prodotti, soluzioni e sistemi ad alta tecnologia. È composta da circa 39000 addetti, 84 stabilimenti produttivi e 15 centri di R&D localizzati in modo capillare in 20 paesi tra Europa e resto del mondo, fatturando 8,52 miliardi di dollari nel 2018. Fornisce prodotti a tutti i principali *car makers* in Europa, Nord e Sud America e Asia, mirando a coniugare qualità e offerta competitiva, tecnologia e flessibilità rendendo disponibili prodotti d'eccellenza a costi competitivi.

Gli obiettivi principali sono quelli di valorizzare il know *how* aziendale per sviluppare, attraverso processi di innovazione continua, soluzioni che contribuiscano alla mobilità secondo criteri di sostenibilità ambientale, sicurezza e qualità della vita all'interno dei veicoli.



Figura 2. Logo Magneti Marelli

1.2. Fusione Calsonic Kansei e Magneti Marelli

Calsonic Kansei è un'azienda leader anch'essa nel settore automotive, in particolare nella produzione di sistemi elettronici e di climatizzazione per autoveicoli e di moduli per abitacoli. Fondata nel 1938 in Giappone, e controllata da Nissan fino al 2016, è stata poi ceduta a Kkr, a sua volta attiva su larga scala in molti settori come per esempio quello immobiliare, delle infrastrutture e dell'energia. Fino a maggio 2019, ha detenuto 95 strutture tra unità produttive e centri per ricerca e sviluppo con 22000 addetti in 15 paesi e dichiarando un fatturato di 8,07 miliardi di dollari nel 2018.



Figura 3. Logo Calsonic Kansei

L'assorbimento della società italiana in quella giapponese sicuramente comporterà uno stravolgimento della struttura aziendale, soprattutto per quanto riguarda la *Magneti Marelli*. Infatti *Calsonic* segue un modello giapponese chiamato *monozukuri* che verrà sicuramente trasferito alla nuova società, metodologia alla costante ricerca di perfezione e innovazione. L'acquisizione ha concesso una liquidità di 6,2 miliardi di dollari al gruppo *Fiat Chrysler Automobiles* e ha portato alla creazione di una nuova società che ha preso il nome italiano *Marelli*, scelta delineata dalla diffusione del nome che l'azienda italiana ha in Europa e nel mondo. La fusione in *Marelli* ha portato all'unione di un enorme team di 62000 dipendenti in 170 stabilimenti che rappresenta il settimo gruppo più grande del pianeta per fatturato nella componentistica per autoveicoli.



Figura 4. Logo Marelli

1.3. Aree business Magneti Marelli

Magneti Marelli opera nel mercato articolandosi in diverse aree di business line:

- Automotive Lighting area business specializzata nello sviluppo, produzione e vendita dei sistemi di illuminazione esterni di autoveicoli;
- **Powertrain** sezione dell'azienda dedicata alla produzione di componentistica per motori e cambi sia manuali che automatizzati, di automobili, motocicli, e veicoli leggeri;
- **Electronic Systems** area business che si occupa della realizzazione di *hardware* e *software* per autoveicoli, ossia quadri di bordo, telematica e navigazione satellitare;
- Suspension Systems linea di business che progetta e produce moduli e componenti di sospensioni e ammortizzatori per varie applicazioni e sistemi più complessi di controllo dinamico del veicolo;
- Exhaust Systems area business impegnata nella fabbricazione di sistemi di scarico,
 convertitori catalitici e silenziatori per veicoli a motore;
- Plastic Components and Modules area che realizza componenti e sistemi complessi in materiale plastico quali plance, console centrali, paraurti e il sistema di alimentazione di carburante;
- Aftermarket Parts and Services business line destinata alla distribuzione e alla commercializzazione dei ricambi, know-how per le officine autorizzate che operano sul mercato indipendente della riparazione.
- Motorsport divisione che sviluppa sistemi elettronici ed elettromeccanici specifici per le competizioni automobilistiche.

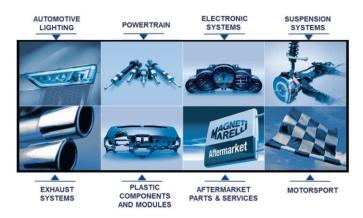


Figura 5. Aree Business Magneti Marelli S.p.A.

1.4. Exhaust Systems e lo stabilimento di Venaria Reale

Il lavoro di tesi è stato svolto nel comprensorio industriale Magneti Marelli S.p.A. di Venaria Reale (TO) all'interno dello stabilimento produttivo della divisione Exhaust Systems, il quale è uno degli unici due presenti sul suolo italiano.

Lo stabilimento ricopre un'area di 16500m² di cui 15500m² (93%) dedicati alla produzione e genera un fatturato di circa 132,3M€ ovvero il 19% dell'intera business line coinvolgendo in totale 160 dipendenti (plant manager, 23 white collars, 136 blue collars).

A livello organizzativo lo stabilimento è strutturato per isole produttive disposte come in Figura 6, in cui ogni isola è dotata di macchinari dedicati che svolgono le seguenti lavorazioni meccaniche: piegatura, calibratura, rastremazione dei tubi, taglio e rullatura di quadrotte e corpi silenziati, inserimento e piantaggio castelletti e monoliti mediante presse; mentre il processo produttivo principale è la saldatura ad arco, sia con apporto di materiale, ossia a filo continuo (saldatura MIG/MAG: Metal-arc Inert/Active Gas), che senza apporto di materiale (saldatura TIG: Tungsten Inert Gas), utilizzando ben 16 Robot, 37 macchine automatizzate e l'abilità manuale degli operatori.



Figura 6. Layout plant Exhaust Systems di Venaria Reale

All'interno dello stabilimento vengono prodotti sistemi di scarico per veicoli a motore con tecnologie avanzate in termini di prestazioni e qualità.

I sistemi di scarico ricoprono due funzioni fondamentali: la riduzione del rumore prodotta dalle onde di pressione dei gas di scarico provenienti dal motore attraverso l'utilizzo di un apposito sistema silenziante e l'abbattimento delle sostanze inquinanti contenute nei gas esausti provenienti dalla combustione che avviene all'interno del motore mediante l'utilizzo di convertitori catalitici.

Sulla base della funzionalità svolta dal sistema di scarico la divisione Exhaust Systems di Venaria distingue i prodotti in due categorie come mostrato in Figura 7: Hot-end e Cold-end. L'Hot-end rappresenta l'elemento del sistema di scarico prossimo al motore ed è costituito da convertitori catalitici, filtri anti-particolato (DPF), collettori di scarico e sistemi SCR; il Cold-end, invece, che rappresenta la parte del sistema di scarico più distante dal motore, è costituita da silenziatori (Muffler), terminali di scarico (codini) e tubazioni complete.

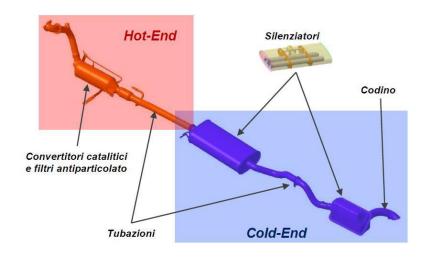


Figura 7. Modello di sistema di scarico

1.4.1. Collettori di scarico

La principale funzione svolta da un collettore di scarico è quella di convogliare i gas esausti verso il sistema di abbattimento delle emissioni e verso il sistema per il silenziamento. È necessario che essi vengano progettati e validati con metodologie specifiche in quanto sono in grado di influire su alcune prestazioni del motore. I collettori di scarico sono prodotti in acciaio stampato o tubolare e utilizzano una soluzione integrata al convertitore catalitico e sono posizionati il più vicino possibile al motore così da garantire pesi minimi e soluzioni compatte.



Figura 8. Collettore di scarico

1.4.2. Convertitori catalitici

Il convertitore catalitico è costituito da un monolite metallico o ceramico sulla cui superficie è deposto il materiale attivo (catalizzatore). L'obiettivo primario di un convertitore catalitico è quello di realizzare con la massima efficienza la conversione degli inquinanti contenuti nei gas esausti.

Per proteggere il monolite da shock termici e vibrazioni viene utilizzato un materassino ceramico che lo avvolge e il tutto è contenuto in un involucro metallico, la protezione esterna è invece saldobrasata.

La costituzione principale del catalizzatore è di ossidi ad alta area superficiale e ossidi promotori sui quali vengono depositati i metalli nobili cataliticamente attivi. L'insieme di questi componenti promuove la conversione del CO, HC e NOx nei sistemi a benzina, e di CO e HC nei sistemi diesel, in anidride carbonica, acqua e azoto.



Figura 9. Convertitore catalitico

1.4.3. Filtro anti-particolato

Il filtro anti-particolato (FAP) è un dispositivo atto all'abbattimento delle emissioni inquinanti da polveri sottili dei motori diesel e lavora utilizzando filtri ceramici a diversa porosità che bloccano le particelle meccanicamente. Il FAP è in grado di rigenerare il filtro stesso mediante la combustione del particolato accumulato al suo interno.



Figura 10. Filtro anti-particolato

1.4.4. Tecnologia SCR

La tecnologia SCR è un sistema di abbattimento degli NOx nelle motorizzazioni diesel costituito da un sistema di dosaggio nello scarico di un liquido riducente, un miscelatore statico e un convertitore catalitico.

1.4.5. Silenziatori

Esistono tre tecniche di silenziamento, le quali possono essere utilizzate anche contemporaneamente, che Exhaust Systems utilizza per produrre Silenziatori Rullati e Silenziatori Stampati:

- Assorbimento: ottenuto utilizzando materiali fonoassorbenti disposte all'interno di opportune cavità;
- 2. *Riflessione*: ottenuta attraverso l'espansione del gas di scarico dai condotti ai volumi delle camere dei silenziatori;
- 3. Risonanza: ottenuta attraverso elementi acustici accoppiando condotti a volumi di espansione.



Figura 11. Silenziatore

1.4.6. Terminali di scarico

Mediante l'utilizzo di processi di formatura e trattamenti di lucidatura e cromatura Magneti Marelli Exhaust Systems produce terminali di scarico che danno un sound e un aspetto estetico sportivo alla vettura.



Figura 12. Terminali di scarico

2. World Class Manufacturing

2.1. Definizione

Il World Class Manufacturing (WCM) è una metodologia utilizzata per la gestione di uno stabilimento produttivo che abbraccia tutti i processi che lo circondano. L'obiettivo è l'eliminazione di tutti gli sprechi e avere un miglioramento continuo delle performance produttive attraverso il coinvolgimento di tutte le persone che lavorano nello stabilimento e l'utilizzo di standard così da garantire al prodotto la qualità richiesta dal cliente.

Le attività dei team aziendali hanno lo scopo di realizzare *Kaizen* (cambiamento in meglio, miglioramento), in modo da azzerare le perdite e ciò che le provoca. Zero difetti, zero incidenti, zero scarti, zero guasti e zero scorte sono l'obiettivo primario del *WCM* che consente di ottenere la soddisfazione del cliente e la riduzione dei costi aziendali. Il miglioramento delle condizioni di lavoro, il rispetto per l'ambiente, l'aumento della sicurezza, la formazione, la motivazione e il coinvolgimento dei lavoratori sono, invece, gli ingredienti fondamentali per arrivare al raggiungimento dell'obiettivo primario.

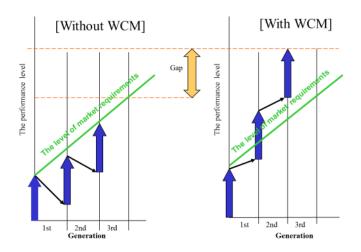


Figura 13. Confronto performance level con e senza l'applicazione del WCM

2.2. Le origini

Il termine World Class Manufacturing è stato utilizzato per la prima volta da Richard J. Schonberger negli anni '80 con l'uscita del suo libro "World Class Manufacturing: The lessons of semplicity applied" in cui, dopo aver analizzato diversi casi di successi industriali americani ma soprattutto giapponesi, ha decritto i vantaggi che derivano da un approccio basato sulla riduzione degli sprechi, dei difetti e sul miglioramento continuo. Da ciò si può dedurre come il WCM abbia una discendenza giapponese, in particolare dalla metodologia Toyota Production System (TPS),

creata tra il 1948 e il 1975 da Sakichi Toyoda, Kiichirō Toyoda, ed in particolare dal giovane ingegnere Taiichi Ōno. Infatti la Toyota, come del resto tutto il Giappone, devastato dalla II Guerra Mondiale, si trovava in gravi condizioni a livello di risorse, perciò c'era la necessità di sviluppare una metodologia produttiva che consentisse di "fare di più con meno", cioè di utilizzare le risorse disponibili nel modo più produttivo possibile con l'obiettivo di incrementare drasticamente la produttività della fabbrica. Un altro contributo notevole allo sviluppo del WCM è stato dato da altre metodologie sviluppate tra gli anni '50 e '80, alcune delle quali rappresentano tutt'ora i principi della metodologia WCM: Lean Manufacturing (Produzione snella), JIT (Just in Time), QRM (Quick Response Manufacturing), TPM (Total Productive Maintenance), TQM (Total Quality Management) e Six Sigma, a cui si aggiunge un'attenta valutazione delle perdite e degli sprechi ai fini di una progettualità coerentemente finalizzata (Cost Deployment).

2.3. Metodologia WCM

La metodologia WCM si fonda sull'equilibrata e coerente applicazione dei principi delle tecniche di gestione: *Total Industiral Engineering (TIE), Total Quality Management (TQM), Total Productive Maintenance (TPM)* e *Just In Time (JIT)*. A tali tecniche il *WCM* va ad integrare lo sviluppo delle risorse umane, dell'ambiente e della sicurezza, utilizzando alla base delle strategie applicative e delle soluzioni operative il principio del *Cost Deployment*, ovvero valuta l'incidenza economica che la soluzione operativa impone in termini di rapporto costi/benefici, e il principio del *People Development*, che ha come obiettivo quello di sviluppare le competenze tecniche necessarie ai lavoratori così da consentirgli di svolgere meglio i compiti loro assegnati.

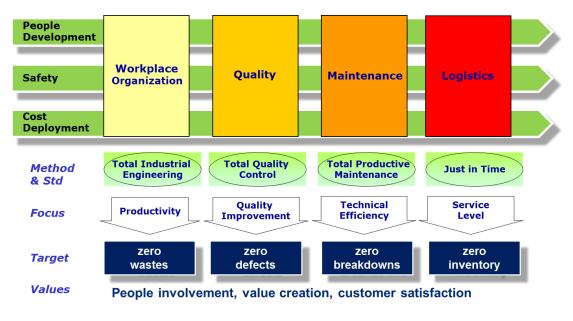


Figura 14. Metodologia del WCM

2.3.1. Total Industrial Engineering – TIE

È un sistema di metodi in cui l'obiettivo è massimizzare la prestazione lavorativa cercando di semplificare le operazioni di lavoro. Il *TIE* si esprime attraverso l'eliminazione di tutte le operazioni innaturali che può compiere un operatore (*Muri*), le operazioni irregolari e fuori dagli standard operativi (*Mura*), e le operazioni che non danno valore aggiunto (*Muda*).

- *Muri:* Possono essere eliminati attraverso uno studio e un'analisi dei movimenti che deve compiere l'operatore;
- *Mura:* Possono essere eliminati adottando operazioni standardizzate anche se c'è la necessità di tempo per identificare il problema;
- *Muda:* Possono essere eliminati attraverso l'identificazione delle attività non necessarie e che perciò non danno valore aggiunto.

2.3.2. Total Quality Management - TQM

E' un modello organizzativo che tiene conto della qualità in tutti i suoi molteplici aspetti, coinvolgendo e mobilitando tutti i dipendenti per ridurre gli sprechi e ottimizzare gli sforzi. Secondo il *TQM* la qualità non è rappresentata dalla corrispondenza con lo standard, ma è la soddisfazione del cliente: questo reinventa completamente il concetto di qualità, infatti sono gli standard che seguono la soddisfazione del cliente, che quindi partecipa attivamente alla loro definizione. Il controllo qualità non avviene al termine delle operazioni ma soprattutto sul processo, infatti se il processo è di qualità, allora anche il risultato sarà di qualità. A livello organizzativo, nel *WCM*, il *TQM* si esplica con il *Quality Control*, metodo che ha come obiettivo il raggiungimento di zero difetti sia nei processi produttivi che nei prodotti sin dal primo tentativo.

2.3.3. Total Productive Maintenance – TPM

Il *TPM* è un sistema riguardante la manutenzione degli impianti industriali che mira al raggiungimento della massima efficienza produttiva attraverso l'azzeramento delle perdite associate a guasti e micro fermate. Nel modello *TPM* le perdite vengono classificate secondo tre tipologie:

- Perdite per fermate (guasti, cambi produzione, riattrezzaggi, ecc.)
- Perdite per velocità (rallentamenti, micro fermate, ecc.)

Perdite per qualità (scarti, ecc.)

La loro minimizzazione associata al raggiungimento della massima efficienza dell'impianto è misurata attraverso l'indicatore *OEE* (*Overall Equipment Effectiveness*), che rappresenta l'indice di riferimento principale per la misura dei risultati e per l'evidenza dei punti di miglioramento. Per rendere efficiente la manutenzione degli impianti, esistono due pilastri specifici: *Autonomous Maintenance* e *Professional Maintenance* i quali attraverso un meccanismo, sia preventivo che proattivo, rendono l'impianto affidabile in termini di qualità, sicurezza ed efficienza. Affinché il *TPM* possa raggiungere gli obiettivi richiesti, è necessario il coinvolgimento e il supporto di tutta la forza lavoro.

2.3.4. Just In Time – JIT

Il *Just In Time* è una filosofia industriale che significa "appena in tempo", e ha come logica quella di produrre solo ciò che è stato già venduto o che è stato previsto che possa essere venduto in tempi brevi, così da non produrre più per il magazzino, come avveniva in passato; in altre parole il *JIT* ha come obiettivo quello di produrre solo ciò che serve, nelle giuste quantità e al momento più opportuno. Quindi rappresenta un processo di coordinazione dei tempi di effettiva necessità di materiale sulla linea produttiva con la loro acquisizione e disponibilità. Alla base del *JIT* qualsiasi prodotto finito, semilavorato o scorta di materiale rappresenta uno spreco di risorse economiche e un vincolo per l'innovazione continua; infatti più il processo è "snello" più l'industria con i suoi prodotti è vincente.

3. Pilastri WCM e sistema audit

Per poter massimizzare le performance dell'azienda e raggiungere gli obiettivi del modello *WCM* è indispensabile disporre di una solida organizzazione che in termini metaforici può essere paragonata a un tempio sorretto dai vari pilastri che compongono il *WCM*.

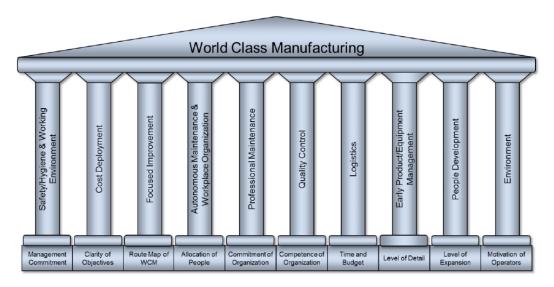


Figura 15. Tempio WCM

Come si può dedurre osservando la Figura 15 il *WCM* è strutturato in totale da venti *pillar* (pilastri) di cui dieci manageriali, rappresentanti le fondamenta, e dieci tecnici, che invece sorreggono la struttura del *World Class Manufacturing*.

I pillar manageriali servono ad assicurare che l'intero sistema sia strutturato in modo adeguato a sostenere le attività svolte dai pilastri tecnici; pertanto rappresentano i prerequisiti funzionali e necessari a implementare le attività tecniche e sono: Leadership forte e coinvolgimento dell'alta direzione, Chiarezza e coerenza degli obiettivi, Pianificazione e programmazione, Standardizzazione, Coinvolgimento dell'intera organizzazione, Motivazione degli operatori, Competenza dell'organizzazione ed allocazione del personale, Orientamento al risultato, Sviluppo della partnership.

I dieci pillar tecnici, invece, costituiscono l'ossatura del WCM e sono: Safety, Cost Deployment, Focused Improvement, Autonomous Maintenance and Workplace Organization, Professional Maintenance, Quality Control, Logistic and Customer Service, Early Product and Equipment Management, Environment, People Development.

3.1. Health & Safety – SAF

La sicurezza del posto di lavoro e la salute dei lavoratori rappresentano aspetti fondamentali, non solo all'interno del modello *WCM*, ma anche a livello normativo ed economico, in quanto ad essa sono associati una serie di costi come quelli legali, assicurativi o dovuti al mancato ritorno economico per perdita di immagine.

L'obiettivo primario del *pillar è* quello di cercare di ridurre il più possibile in numero di incidenti e, per fare ciò, deve necessariamente sviluppare nei lavoratori una cultura sulla prevenzione degli incidenti e sulla sicurezza, migliorando l'ergonomia del posto di lavoro e sviluppando delle competenze professionali specifiche.

L'attività primaria svolta dal *pillar Safety* è quella di andare a identificare e valutare tutti i potenziali rischi analizzando sistematicamente gli incidenti avvenuti ed effettuando audit interni periodici sull'impianto. Inoltre, è di notevole importanza effettuare regolarmente miglioramenti tecnici mediante l'utilizzo di tecnologie all'avanguardia sulle macchine e sul posto di lavoro e formare ed addestrare tutti i lavoratori.

Dal punto di vista del modello *WCM* il pilastro *Safety,* come del resto anche gli altri, è strutturato in 7 step:

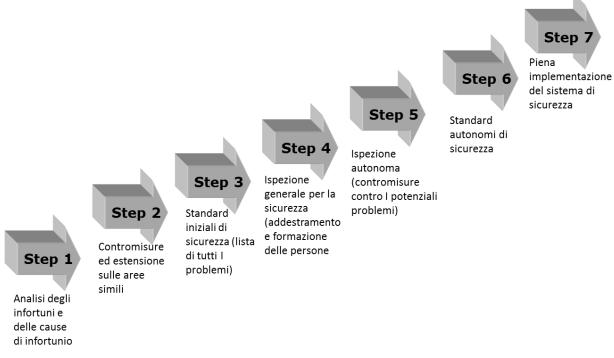


Figura 16. Step Safety

3.2. Cost Deployment - CD

Il pilastro *Cost Deployment* rappresenta una vera e propria guida per l'economia dell'impianto produttivo secondo il modello *WCM*. Infatti è necessario che il *Plant Manager* ed il pillar lavorino in concomitanza per fare in modo da attuare un piano di miglioramento che sia efficace per affrontare nel modo migliore e con le corrette metodologie le causali di perdita più rilevanti.

Lo scopo del pilastro è quello di individuare in maniera sistematica le principali voci di perdita presenti nel sistema produttivo e logistico dello stabilimento, indirizzando le risorse e l'impegno manageriale verso le attività che ne hanno la necessità o maggiori potenzialità.

Attraverso l'ausilio dei *tool* (Matrice perdite/processi; Matrice perdite sorgenti/conseguenti; Matrice perdite sorgenti/costo; Matrice perdite/soluzioni; Matrice costi/benefici) che offre il *WCM*, il pilastro si occupa di localizzare, identificare e valorizzare le perdite, per poi agire scegliendo le metodologie più opportune per eliminarle; infine calcolando il rapporto *benefici/costi* ne valuta il beneficio economico atteso.

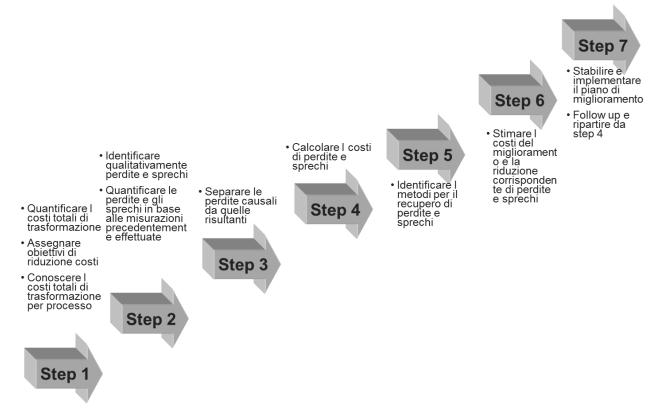


Figura 17. Step Cost Deployment

3.3. Focused Improvement – FI

Il Focused Improvement è un pilastro nato per dare operatività ai progetti provenienti dagli altri pilastri e per eliminare le principali fonti di perdita individuate dal Cost Deployment; quindi il team FI prima va ad analizzare tutte le performance della fabbrica mirando all'eliminazione di tutte le inefficienze che non danno valore aggiunto, dopo si impegna sfruttando le competenze professionali specifiche di problem solving sviluppate a implementare azioni correttive con l'obiettivo di aumentare la competitività del costo del prodotto.

Le attività principali svolte dal pilastro sono innanzitutto quelle di definizione delle operazioni da affrontare, degli obiettivi e delle risorse per la conduzione dei progetti, monitorare il loro andamento e realizzarli dando garanzia e supporto agli altri pilastri.

Il *tool* più utilizzato dal *Focused Improvement* è un ciclo iterativo denominato "*PDCA*" il quale è costituito da quattro fasi distinte:

- P Plan: Ricerca delle cause del problema, delle soluzioni e pianificazione sulla base delle priorità;
- **D** *Do*: Applicazione della soluzione precedentemente pianificata;
- C Check: Verifica e controllo dei risultati ottenuti;
- A Act: Estensione della soluzione se il miglioramento è stato confermato.

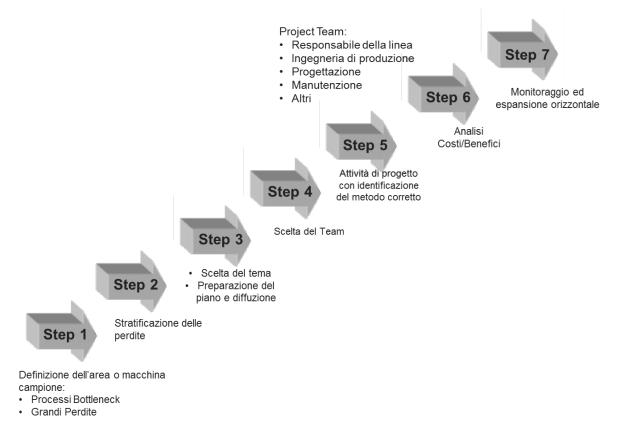


Figura 18. Step Focused Improvement

3.4. Autonomous Activities - AM & WO

Il Pilastro *Autonomous Activities* ha come principale obiettivo quello di ripristinare e mantenere le condizioni di base per prevenire guasti, rendere affidabili i macchinari e creare un'organizzazione del posto di lavoro ottimale. La struttura del pilastro è suddivisa in due attività:

- o Autonomous Maintenance (AM) per quanto riguarda la macchina e le attrezzature;
- o Workplace Organization (WO) per quanto riguarda la postazione di lavoro.

Le attività che riguardano l'*AM* svolgono un ruolo chiave per il mantenimento delle condizioni di base per i macchinari eliminando le condizioni degradate che spesso sono presenti negli impianti. Il complesso delle attività svolte dall'*AM* è raccolto con l'acronimo *CILR* che comprende le seguenti operazioni:

- Cleaning Pulizia
- Inspection Ispezione
- Refastening Serraggio
- Lubrification Lubrificazione

Attività che vengono svolte coinvolgendo gli operatori con l'obiettivo di migliorare l'efficienza globale del sistema produttivo, l'efficacia delle attrezzature e la qualità del prodotto attraverso il controllo del deterioramento, il ripristino e il mantenimento delle condizioni di base.

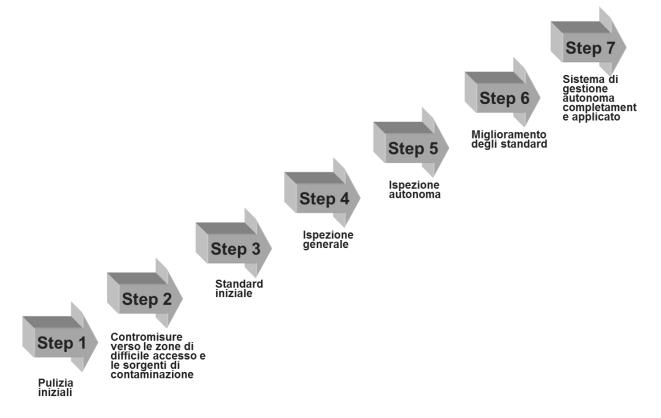


Figura 19. Step Autonomous Maintenance

Le attività che riguardano il *WO* invece si concentrano sul miglioramento della produttività, sull'organizzazione dell'area di lavoro e sulla sicurezza attraverso:

- la minimizzazione delle movimentazioni manuali di materiale;
- l'eliminazione delle operazioni difficili ed innaturali (*muri*), delle operazioni fuori dagli standard definiti (*mura*) e le operazioni che non danno valore aggiunto (*muda*).

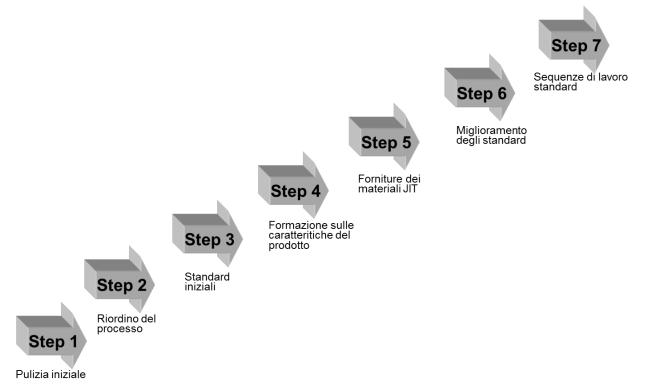


Figura 20. Step Workplace Organization

3.5. Professional Maintenance - PM

Il pilastro *Professional Maintenance* svolge tutte le attività di manutenzione e rappresenta un compito di elevata importanza in quanto molto spesso le manutenzioni e le riparazioni autonome degli operatori non sono sufficienti, perciò è necessario l'intervento di persone specializzate ed esperti delle macchine per sistemare tutti i guasti. Lo scopo primario del pilastro *PM* è quello di arrivare ad avere zero guasti e aumentare l'efficienza dei macchinari riducendo al minimo le micro fermate. Il pilastro prevede sia una manutenzione programmata sia una straordinaria, integrate con le attività del *CD* e dell'*AM*.

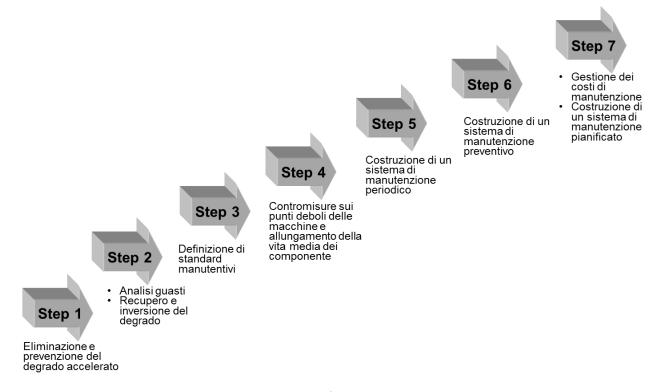


Figura 21. Step Professional Maintenance

3.6. Quality control – QC

Il pilastro *Quality Control* si occupa di gestire un insieme di attività necessarie affinché vengano definite delle condizioni di processo tali da prevenire la generazione di non conformità, ridurre significativamente i guasti, gli scarti e le rilavorazioni e quindi i costi di non qualità.

Il controllo qualità nasce dalle frequenti insoddisfazioni del cliente dovute alla presenza di prodotti difettosi, perciò, il *pillar* deve guidare il suo team affinché sia garantita la corretta qualità dei prodotti minimizzando i costi; per svolgere tutte le attività necessarie per perseguire questi obiettivi si serve di 7 step:

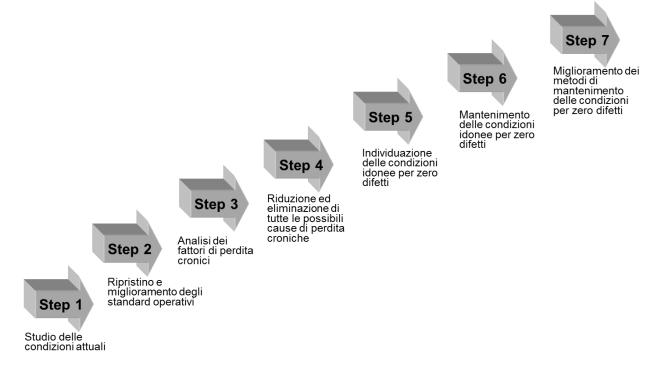


Figura 22. Step Quality Control

3.7. Logistics & Customer Service-LCS

Le politiche aziendali moderne pongono una particolare attenzione sulla gestione dello stock, il quale rappresenta un onere finanziario che grava molto sulla gestione economica di un impianto. Da qui nasce la necessità di ridurre la quantità di prodotti immagazzinati e perciò di avere un controllo della produzione secondo la logica *JIT*.

Una *supply chain* ben sincronizzata è l'aspetto chiave che il *pillar LCS* deve tener presente per garantire il prodotto giusto, al momento giusto e nelle giuste quantità; ed è, inoltre, necessario che ci sia una collaborazione con i fornitori affinché sia garantita una riduzione dello stock e una minimizzazione dei trasporti esterni.

Quindi le attività principalmente svolte da *LCS* consistono nell'organizzazione dei flussi per individuare le perdite e le opportunità e nel miglioramento dei sistemi di programmazione interna ed esterna, dei layout e dei contenitori.

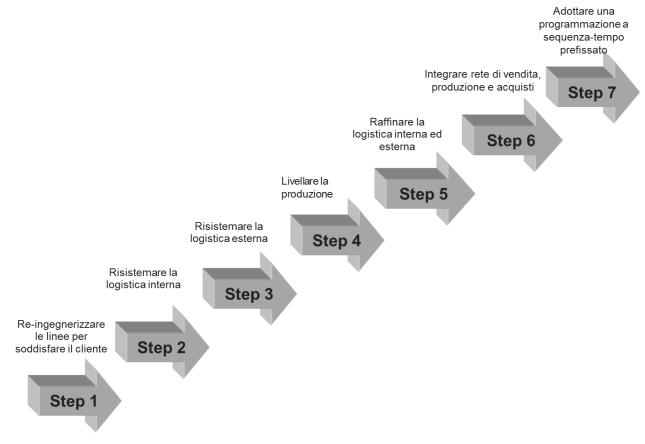


Figura 23. Step Logistics & Customer Service

3.8. Early Product/Equipment Management – EPM/EEM

I prodotti attualmente presenti nel mercato sono molto complessi, pertanto necessitano inevitabilmente di un processo produttivo complesso, nonché in molti casi anche di macchine molto sofisticate.

In un mercato così competitivo come lo è oggigiorno, un'azienda che presenta periodi di inattività dovuti alla lentezza di realizzazione e adeguamento dei propri macchinari e prodotti, difficilmente ha possibilità di portare la *leadership*, pertanto sono necessarie delle figure che si occupano della gestione preventiva di macchinari e prodotti. Queste, nel modello *WCM* sono rappresentate dai *pillar Early Equipment Management (EEM)* e *Early Product Management (EPM)*, i quali, attraverso i 7 step previsti, garantiscono le specifiche tecniche di un prodotto e del suo relativo processo, facendo in modo che quest'ultime rispettino le richieste del cliente.

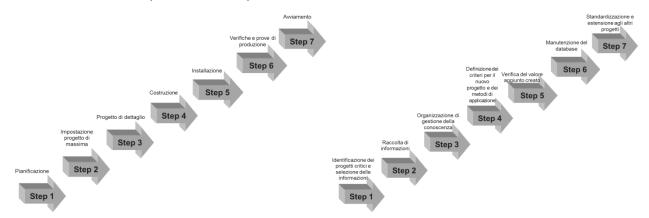


Figura 24. Step Early Equipment Management

Figura 25. Step Early Product Management

3.9. People Development - PD

Le persone costituiscono una parte essenziale dell'azienda perciò devono partecipare il più possibile per fare in modo che si arrivi all'eccellenza produttiva. Infatti è compito del pilastro *PD* coinvolgere le persone al modello *WCM*, di promuoverlo e supportarlo in maniera accurata. In generale il *PD* deve fornire formazione e *training* a tutti i dipendenti in modo da far comprendere al meglio la disciplina del *World Class Manufacturing*, delle sue logiche e dei suoi principali *tool;* inoltre deve sviluppare anche le corrette competenze e abilità per ciascuna postazione di lavoro attraverso un sistema strutturato di addestramento documentandole in modo efficace.

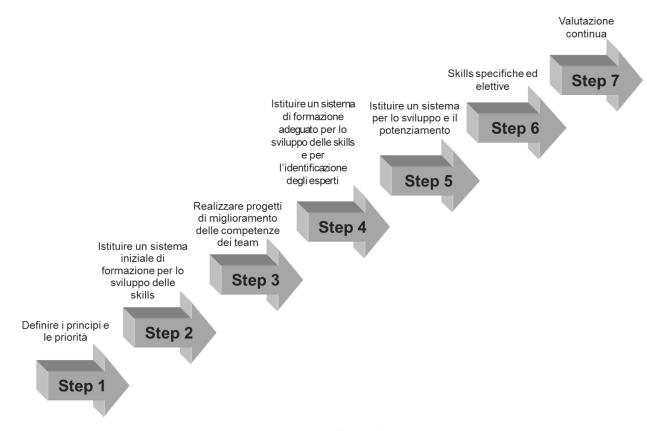


Figura 26. Step People Development

3.10. Environment & Energy – ENV & ENE

La salvaguardia dell'ambiente è un tema molto importante a cui un impianto non può non fare attenzione, infatti il *WCM* dedica appositamente un pilastro che, discostandosi dalla produzione, si occupa esclusivamente dei dispendi energetici e dell'impatto che l'impianto ha sull'ambiente.

Lo scopo del pilastro *Environment* è di garantire una corretta gestione dell'ambiente affrontando i problemi riguardanti l'ambiente di lavoro, ridurre gli sprechi, le perdite e le fonti di sporco e contaminazione.

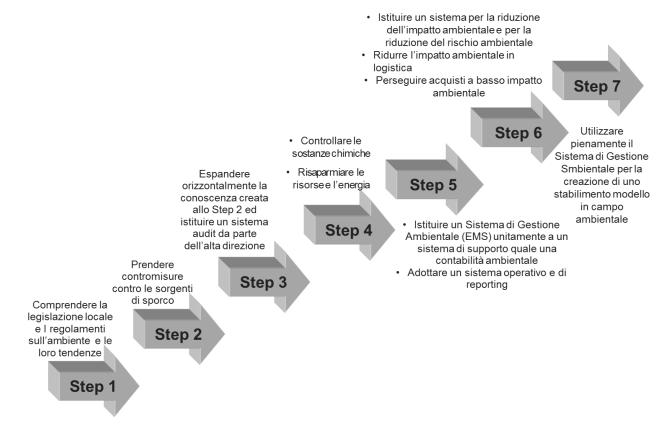


Figura 27. Step Environment & Energy

3.11. Sistema Audit

Il Sistema Audit è stato creato in modo da valutare, supportare e migliorare tutti gli impianti di produzione del gruppo *FCA* che seguono la metodologia *World Class Manufacturing*, ed è strutturato attraverso la valutazione dei 10 pilastri tecnici e dei 10 pilastri manageriali. Lo scopo è quello di misurare le capacità di migliorare le prestazioni di una unità produttiva e di definire il successivo piano di miglioramento a medio periodo.



Figura 28. Logo WCM

Ogni pilastro viene valutato da un auditor esterno che può assegnargli un punteggio da 0 a 5. La somma dei punteggi ottenuti da ogni pilastro determina il valore totale raggiunto dall'impianto.

I criteri di valutazione dei pilastri si basano su tre concetti fondamentali:

- Osservazione del sito produttivo;
- Confronto con le Best Practice aziendali;
- Rispetto della metodologia WCM definita dal sistema dei WCM Audit Criteria.

Una volta effettuata la somma dei punteggi ottenuti da ogni pilastro vengono attribuiti dei premi in base al totale raggiunto:

- Bronze (50 punti), corrispondente alla fase di iniziale applicazione delle metodologie e al raggiungimento dei primi risultati nelle aree modello;
- Silver (60 punti), corrispondente ad una vasta estensione e applicazione delle Best Practice;
- Gold (70 punti), corrispondente ad una completa implementazione della metodologia WCM nell'impianto;
- World Class (85 punti), corrispondente al benchmark di riferimento che gli altri impianti produttivi devono seguire.

4. Pilastro Autonomous Maintenance

L'Autonomous Maintenance fa parte di quelle attività che hanno come scopo principale la prevenzione di guasti a causa della mancanza di condizioni di base. A differenza della *Professional Maintenance*, non è un'attività tecnica, quindi deve essere imparata e applicata da tutte quelle persone che interagiscono ogni giorno con le macchine. È basata sulle capacità dell'operatore, sull'utilizzo dei cinque sensi e viene svolta utilizzando strumenti come pennelli per pulizia, protezioni di plastica per le macchine, spazzole e attrezzature simili.

L'approccio del pilastro AM è sistematico e ha come obiettivo il miglioramento delle macchine e la gestione autonoma da parte degli operatori, che provvedono a fare ispezioni, controllo e ripristino della macchina, eliminando le fonti di sporco, attraverso l'uso degli standard atti ad un miglioramento continuo. Le tipiche operazioni che svolge il pilastro Autonomous Maintenance sono la pulizia, l'ispezione, la lubrificazione e il serraggio.

4.1. La strategia

La strategia adottata dall'*Autonomous Maintenance* è un tema unificatore che guida l'agire. Non si configura come un piano d'azione dettagliato, ma piuttosto rappresenta uno schema di fondo che conferisce unicità di intenti alle decisioni e alle attività. I punti chiave da eseguire per raggiungere il successo devono comprendere:

- Obiettivi chiari e condivisi:

Fase necessaria per assicurare la coerenza tra gli obiettivi, le politiche per raggiungerli e i target di stabilimento. In tale ottica l'avvio di attività riguardanti l'AM può essere mirato all'aumento della produttività dell'impianto, la riduzione dei costi di manutenzione, l'aumento del senso di responsabilità degli operatori e la riduzione di guasti.

Valutazione obiettiva delle risorse:

Le risorse umane, ovvero tutti gli operatori e manutentori, il loro livello tecnico e il numero di persone; le risorse tecnologiche, come strumenti informatici e diagnostici; le risorse fisiche, rappresentate dagli impianti, dalle attrezzature e dalle loro condizioni e prestazioni.

- Analisi dell'ambiente:

Rappresenta tutti i possibili cambiamenti nelle tecnologie, nelle risorse disponibili, nei volumi di produzione, nell'utilizzo degli impianti e nelle macchine.

- Implementazione efficace:

Attraverso le tre fasi precedenti è possibile definire una pianificazione realizzabile. Una corretta pianificazione guida un'efficace implementazione: essere in grado di pianificare bene le attività operative del pilastro significa avere una buona garanzia di raggiungere i risultati previsti nei tempi e nei modi voluti.

Una buona pianificazione agevola notevolmente la gestione operativa delle attività da parte del *Pillar Leader,* perciò deve contenere le seguenti informazioni:

- Attività
- Responsabilità
- Tempistiche di realizzazione
- Livello di confidenza
- Valutazione del rischio

L'owner deve costruire la pianificazione insieme a tutti gli attori coinvolti mettendo a loro disposizione tutti i mezzi e gli strumenti necessari per mettere in atto le attività pianificate, inoltre, gli obiettivi devono essere chiari e soprattutto raggiungibili.

Come detto nei capitoli precedenti il pilastro *Autonomous Maintenance* è strutturato attraverso 3 fasi che comprendono in totale 7 step: le fasi sono: reattiva, preventiva e proattiva. Mentre per la fase reattiva le perdite sono alte e devono essere attaccate, nella fase preventiva e proattiva le perdite sono modeste per tutti i processi, di conseguenza si lavora, dapprima per mantenere le condizioni in cui le perdite non siano più dovute alla mancanza delle condizioni di base, e poi per fare in modo che avvenga il continuo miglioramento.

4.2. Analisi Benefici/Costi

Il calcolo *benefici/costi* (*B/C*) permette di capire se le azioni implementate o da implementare, durante gli *step AM*, hanno generato o genereranno un beneficio superiore ai costi necessari per ottenerlo.

Il beneficio è la somma di tutto ciò che era perdita e viene recuperato, mentre il costo è la somma di tutto ciò che si investe per realizzare lo step. Per i primi 3 step il calcolo *B/C* viene fatto solo a consuntivo, mentre dallo step 4 il calcolo deve essere fatto, oltre che a consuntivo, anche a preventivo in modo da valutare a priori l'opportunità o meno di implementare le azioni previste.

4.3. Definizione KPI e KAI

Per valutare le prestazioni degli impianti e quindi comprendere l'efficacia delle azioni applicate, occorre monitorare ed analizzare valori ed andamento dei *KPI (Key Performance Indicator*) e dei *KAI (Key Activities Indicator*) dell'*AM*:

Per quanto riguarda i KPI, essi sono rappresentati da:

- Numero di guasti per mancanza di condizioni di base;
- Tempo di pulizia ed ispezione (l'obiettivo è ridurlo del 90% rispetto alle condizioni di partenza);
- Analisi rapporto benefici costi
- OEE (Overall Equipment Effectiveness);

Mentre i KAI sono rappresentati da:

- Numero di cartellini emessi ed evasi
- Numero di sorgenti di sporco identificate ed eliminate
- Numero di zone di difficile accesso identificate ed eliminate
- Numero di *OPL*

Di questi, solo alcuni sono stai analizzati in questo lavoro di tesi, in particolare l'OEE.

L'OEE è l'acronimo di Overall Equipment Effectiveness e rappresenta l'efficienza globale dell'impianto su un arco temporale definito e si calcola come prodotto di tre indici di efficienza:

- Disponibilità dell'impianto: $D = \frac{PPT TF}{PPT} = \frac{OT}{PPT}$
- Performance dell'impianto: $P = \frac{TC \cdot NPP}{OT}$
- Qualità del prodotto: $Q = \frac{NPP NPS}{NPP}$

In cui:

 $PPT \rightarrow Planned Production Time$, ovvero il tempo pianificato di produzione;

 $TF \rightarrow \text{Tempo delle fermate};$

 $OT \rightarrow Operating Time$, tempo reale di produzione;

 $TC \rightarrow \text{Tempo ciclo}$;

NPP → Numero di pezzi prodotti;

NPS → Numero di pezzi di scarto o rilavorati;

$$OEE = (D \cdot P \cdot Q) \cdot 100$$

4.4. Step 0

Durante questa fase il *Pillar Leader* deve effettuare una pianificazione coerente con la fase in cui si trova il *Plant* nel rispetto della sicurezza. Un elemento essenziale della pianificazione è la classificazione delle macchine sulla base delle priorità di intervento così da utilizzare al meglio le risorse della manutenzione e allinearsi con gli obiettivi generali. Questa fase è la fase reattiva in quanto le perdite sono elevate ed è la loro valorizzazione a guidare la classificazione delle macchine, e quindi l'attribuzione delle priorità di intervento; perciò il criterio di classificazione scaturisce dal *Cost Deployment*.

Attraverso l'utilizzo del diagramma di Pareto relativo alla *C-Matrix* (matrice perdite - costi), vengono isolate le frazioni di perdita valorizzate relativamente ai guasti e vengono poi scisse nei contributi apportati dalle singole macchine; quindi si procede esplicitando le perdite dovute ai guasti nelle quote assegnate ai pilastri, così che possano essere implementate azioni mirate al non ripetersi del guasto. Sulla base del diagramma di Pareto costruito si vanno successivamente a classificare le macchine in:

- AA Macchine particolarmente critiche
- A Macchine critiche
- B Macchine meno critiche
- *C* Macchine con priorità bassa

Le attività su cui il *pillar* si deve concentrare sono quelle che appartengono alla classe *AA*, le quali rappresentano le principali fonti di perdita dovuta a guasti per mancanza delle condizioni di base.

Terminata questa prima fase si procede con la scelta del team di progetto che consiste di 3 macro-

fasi principali:

- 1. Scelta del Team di Pilastro
- 2. Valutazione delle competenze del Team
- 3. Analisi dei gap formativi e recupero delle competenze necessarie

Ovviamente la selezione delle persone che faranno parte del team è una fase fondamentale per raggiungere gli obiettivi prefissati dal pilastro, infatti il team deve avere un forte senso di responsabilità e appartenenza verso gli impianti.

Nella definizione del team è necessario misurare le competenze *WCM* e le tecniche sulle macchine dei singoli attori del team; una volta definite, devono essere inserite all'interno della *Radar Chart* in cui vengono messi in luce il target previsto, il livello constatato prima e dopo la formazione.

Infine è necessario definire un piano generale delle attività operative di manutenzione autonoma in cui sono esplicitate le fasi di progetti su aree modello e su macchine di classe AA, i quali prendono il nome di Masterplan.

4.5. Step 1 – Pulizia Iniziale

Lo scopo di questo step è l'implementazione delle 5S e di un programma standard di pulizia, ispezione, serraggio e lubrificazione. Le 5S rappresentano l'acronimo di cinque termini che in giapponese illustrano le cinque tappe preliminari fondamentali di azione al fine di migliorare l'efficienza della produttività:

- 1. *Seiri* (separare): Dividere ciò che serve da ciò che non è funzionale all'attività e quindi crea disturbo e spreco di tempo e risorse.
- 2. Seiton (sistemare): Mettere in ordine ed al proprio posto tutto ciò che è utile.
- 3. *Seiso* (pulire): Un ambiente pulito ed ordinato non nasconde le inefficienze quindi il luogo di lavoro, sia esso il reparto produttivo, l'ufficio o la scrivania devono essere gestiti in modo pulito ed ordinato.
- 4. *Seiketsu* (standardizzare): Elevare a standard questo modo di operare che non deve essere relegato ad un'attività da svolgere di tanto in tanto. Il metodo che conduce a razionalizzare risorse e spazi deve essere invece accompagnato da precise procedure operative.
- 5. *Shitsuke* (seguire le regole): Sostenere e diffondere ai colleghi e agli altri reparti questo modo di operare in azienda.

Durante questa fase si iniziano anche ad utilizzare i tag AM, che sono dei cartellini i quali vengono collocati sulla macchina dall'operatore o dal team leader in corrispondenza di anomalie individuate durante l'ispezione. Sono dunque uno strumento per segnalare visivamente problemi e difetti riportandone la descrizione e la soluzione se possibile. Ovviamente questi cartellini devono essere evasi, infatti una copia degli stessi deve essere collocata in un apposito raccoglitore per consentire ai manutentori di poter intervenire per ripristinare il problema. È necessario, inoltre, monitorare l'andamento dei tag emessi e di quelli evasi così da poter valutare i problemi con maggiore attenzione ed eventualmente intervenire attraverso un kaizen (strumento utilizzato per fare un miglioramento).

Il programma standard provvisorio di pulizia, ispezione, serraggio e lubrificazione, detto calendario *CILR*, acronimo di *Cleaning, Inspection, Refastening* e *Lubrification*, deve definire in modo chiaro e semplice le attività che devono essere svolte, le zone della macchina interessate, la frequenza di esecuzione, gli strumenti da utilizzare e le modalità operative, in modo da eliminare le situazioni di deterioramento spesso presenti nei macchinari e nelle isole produttive. Per contenerlo, nello *step* 1, le attività saranno molto numerose e sarà necessario eseguirle più frequentemente, soprattutto lì dove le sorgenti di sporco non possono essere eliminate immediatamente. Per la definizione

delle attività di *AM* da inserire nel calendario *CILR*, che raccolga in modo chiaro le operazioni da compiere, è necessario esaminare il libro macchina, in cui il fornitore ha già inserito le attività di manutenzione preventiva e le attività che possono eseguire direttamente gli operatori, e i *tag*, in modo da far fronte alle anomalie riportate dai cartellini in più rispetto al libro macchina.

Le celle corrispondenti al giorno in cui effettuare l'operazione sono suddivise in quattro triangoli, colorati uno in nero se l'operazione è stata eseguita senza problemi; uno in blu se è stato necessario utilizzare del tempo supplementare rispetto a quello previsto o se è stato eseguito in seguito a causa di lavori extra; uno in rosso se per qualche motivo non si è potuto effettuare l'attività; quindi la compilazione dell'avvenuta attività deve essere fatta segnando con la penna uno dei rispettivi triangoli. Invece il quarto triangolo, collocato in basso, può essere di colore differente in base a ciò che indica: giallo se l'attività pianificata è prevista per mantenere le condizioni di base di pulizia, fucsia se l'attività è stata pianificata come da effettuare necessariamente per non avere problemi legati alla qualità del prodotto, verde se la pulizia è prevista per lavori che richiedono poco tempo (Figura 29).

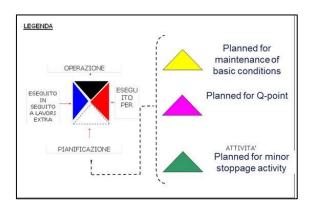


Figura 29. Legenda compilazione celle calendario CILR

4.6. Step 2 - Contromisure contro le fonti di sporco e le zone di difficile accesso

Lo scopo di questo step è eliminare le sorgenti di sporco e rendere le macchine più facilmente accessibili per consentire le pulizie, le lubrificazioni e le ispezioni. Per determinare le zone di difficile accesso e le fonti di contaminazione è necessario creare una mappa che mi identifichi dove si trova e quale è il problema che si presenta. Per identificare le anomalie riscontrate si utilizzano gli *AM tag*, i quali, riportati sulla piantina dell'isola, consentono di realizzare una mappa con elencate e ben localizzate le aree di difficile accesso e le fonti di sporco.

Attraverso l'ausilio dei *Quick Kaizen* ed utilizzando il metodo *PDCA* (*Plan Do Check Act*) si definisce un piano di azione.

			PIAN	O DI AZ	IONE CON	TRO LE SC	RGENTI DI S	PORC	:0
N· ID	N' TAG	DATA EMISSION E	TIPO D	ISPORCO	DOYE	CAUSA	CONTROMISURA DEFINITIVA	RESPON SABILE	DATA EVASIONE
1		WK 212009	*	Sfridi saldatura	Piano appoggio flangia entrata	Mancato contenimento processo saldatura	Realizzazione paraspruzzi flangia	MARIA	WK 24 2009
2	000548	WK 40 2010	**	Polvere + sfridi saldatura	Copertura cuoio pistoncini morsa	Mancato contenimento processo saldatura	Realizzazione lamierini in rame "L"	CONTI	WK 43 2010
3	000549	WK 39 2010	**	Polvere + sfridi saldatura	Torce sld circolari canning	Mancato contenimento processo saldatura	Realizzazione conchiglia + aspirazione localizzata	CONTI	WK 45 2010
4	000562	WK 36 2010	**	Sfridi saldatura	Piano appoggio sld flangia - coppella	Mancato contenimento processo saldatura	Sensore presenza coppella (DA FARE)	CONTI	
5	000563	WK 40 2010	**	Polvere + sfridi saldatura	Torcia sld flangia - coppella	Mancato contenimento processo saldatura	Realizzazione conchiglia + aspirazione localizzata	CONTI	WK 49 2010
6	000574	WK 16 2011	*	Polvere + sfridi saldatura	Cuscinetti morsa canning	Mancato contenimento processo saldatura	Realizzazione coperture in amco	CONTI	WK 20 2011
7	000575	WK 43 2010	\$100 P	Polvere di monolita	Sede posizionamento canning	Processo saldatura non contenuta / aspirata	Realizzazione conchiglia + aspirazione localizzata	CONTI	WK 45 2011
8	000555	WK 43 2010	**	Polvere + sfridi saldatura	Cartierino copertura morsa chiusura non ok	Mancato contenimento processo saldatura	Miglioramento riparo: sporco non entra	CONTI	WK 50 2010
9	000576	WK 42 2010	**	Polvere + sfridi saldatura	Sensore presenza staffa rischio guasto	filancato contenimento processo saldatura	Realizzazione RIPARO	CONTI	WK 51 2010

Figura 30. Piano di azione

Il *Quick Kaizen* è uno strumento molto utile per eseguire un miglioramento rapido utilizzando il ciclo *PDCA*:

- Plan: descrizione del fenomeno seguendo il tool 5W + 1H;
- Do: determinazione della soluzione del problema;
- Check: verifica della soluzione realizzata;
- Act: standardizzazione ed estensione della soluzione;

Ovviamente dopo aver applicato le nuove soluzioni, sarà necessario aggiornare il Calendario *CILR* così da semplificare le operazioni e aggiungerne delle nuove se necessario.

4.7. Step 3 – Standard di pulizia, ispezione e lubrificazione

Poiché l'ostacolo principale nell'applicazione degli standard è dato dal fatto che chi li applica non è lo stesso che li ha definiti, è importante che gli operatori intervengano per migliorare il calendario *CILR*, perciò gli standard temporanei dello *step 3* sono un'evoluzione di quelli provvisori nello step 1. Infatti gli operatori daranno sicuramente suggerimenti rendendo le operazioni più efficaci e più pratiche. L'applicazione delle contromisure per le zone di difficile accesso e le cause di sporco consentono ovviamente di ridurre il numero di cicli *CILR*, le frequenze e le loro durate. Inoltre a favorire l'ottimizzazione dei cicli è la presenza dei *visual management*, che indicano e ricordano, attraverso colori e immagini, quali sono le aree dove eseguire le attività di pulizia, ispezione e lubrificazione. In alcuni casi può essere utile utilizzare dei veri e propri tracciati per indicare con maggiore precisione e attenzione da dove partire per eseguire le attività di pulizia, ispezione e lubrificazione. È inoltre possibile abbinare al codice colore un codice frequenza di intervento o anche una piccola foto, così da permettere, tramite gli adesivi applicati sulla macchina, di visualizzare velocemente il tipo di attività, il suo numero ciclo di riferimento e la frequenza di intervento programmata.

Altri *Visual Management* interessanti, utilizzati principalmente per quanto riguarda le condizioni di lavoro della macchina e la sicurezza degli operatori, sono quelli di tipo visivo che indicano per esempio se un dado si sta svitando, se il liquido refrigerante è al di sotto del minimo indispensabile per il corretto funzionamento della macchina ecc. come mostrato in Figura 31.

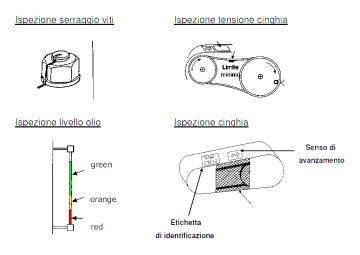


Figura 31. . Visual management: dispositivi visivi

La verifica delle ottimizzazioni, dallo *step 1* allo *step 3*, dei tempi e dei percorsi *CILR* può essere fatta attraverso l'ausilio della *spaghetti chart*, che ci mostra come venivano inizialmente effettuate

le attività (step 1) e come dopo l'utilizzo dei *visual management*, sono divenute meno complesse e più rapide (step 3).

Da questo step in avanti verrà utilizzato il metodo *ECRS* per l'ottimizzazione delle attività *CIRL*. Lo scopo del sistema *ECRS* è quello di prevenire duplicazioni o omissioni nelle ispezioni incorporando standard di pulizia e ispezione di singole macchine in un sistema periodico di ispezione e sostituzione per l'intero processo.

ECRS:

- Eliminate Eliminare controlli doppi o obsoleti non dovuti a guasti.
- Combine Combinare controlli di tipo differente sul medesimo componente.
- Reduce Ridurre combinando i controlli sullo stesso componente.
- Simplify Semplificare metodi di controllo, migliorando e sviluppando strumenti per il controllo visivo immediato.

4.8. Step 4 – Ispezione generale degli impianti

Con il completamento dello *step 3* non si potranno più avere guasti per mancanza delle condizioni di base, quindi, occorre migliorare l'efficienza degli impianti (*OEE*) andando ad attaccare le perdite residue, fornire agli operatori una formazione per accrescerne le *skill* di ispezione e operazione sul processo e svolgere attività di *Focused Improvement* e *Quality Control*, atte a giustificare economicamente la formazione sul processo.

Osservando la Figura 32 possiamo notare un esempio di *OEE*: nella prima colonna abbiamo l'*OEE* che è la nostra efficienza attuale, nelle altre colonne sono mostrate le perdite in base alla causale di perdita e alla loro diversa tipologia di origine.



Figura 32. Esempio di andamento dell'OEE

Lo *step 4* di *AM* ha come obiettivo l'eliminazione di tutte le perdite dell'impianto dovute alla causale *machine*. Infatti le causali possibili che ci possono essere sono: *machine*, *man*, *method* e *material*, ovvero rispettivamente macchina, uomo, metodo e materiale (Figura 33), perciò andiamo a ricollocare sulla base delle causali le perdite legate alla disponibilità, prestazione e qualità.

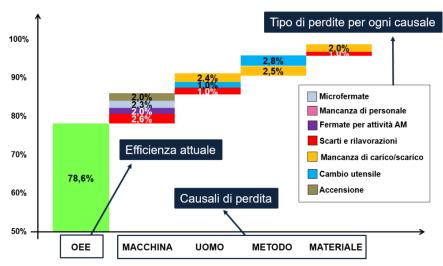


Figura 33. Esempio di perdite relative ad ogni causale

Come si può osservare in Figura 33 le perdite dell'impianto dovute alla causale *macchina* sono a sua volta suddivise in sottocategorie di perdite; la sottocategoria in rosso: "scarti e rilavorazioni", fa riferimento a problemi legati alla qualità. Infatti, nella prima parte dello *step 4*, ci si focalizza proprio su questa tipologia di perdita attaccandola attraverso un approccio composto da 7 step che prende il nome di *Quality Maintenance* (Figura 34):

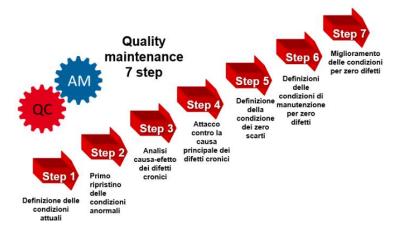


Figura 34. Quality Maintenance 7 step

- **Step 1**: Attraverso l'ausilio della *QA-Matrix* si riescono a definire le attuali condizioni dell'impianto poiché consente di priorizzare in modo corretto le problematiche in modo da eliminare le non conformità del prodotto e migliorare il processo. Durante l'analisi delle problematiche è utile servirsi di alcuni *tool* che ci offre il *WCM* come:
 - 5W+1H: in cui attraverso sei domande (Cosa? Quando? Dove? Chi? Quale? Come?)
 ci permette di analizzare in modo oggettivo il problema per meglio identificarlo;
 - 4M Analysis: nella quale si riportano tutte le possibili cause del problema, quindi si eliminano quelle che non si sono verificate, fino ad arrivare a quella reale;

- 5 Whys: in cui una volta identificata la causa potenziale è necessario chiedersi il perché si sia sviluppata per 5 volte consecutive, fino ad identificare la causa radice.
- **Step 2**: Provo a migliorare le condizioni operative standard utilizzando comuni utensili da lavoro. Se si osserva che il miglioramento ha avuto effetto e quindi che da quel momento in poi ci sono 0 difetti, si può passare direttamente allo *step 5*, altrimenti proseguo con lo *step 3*, poiché vuol dire che è necessaria un'analisi più approfondita.
- **Step 3**: Se il problema non è risolvibile rapidamente si può fare affidamento ai *tool* che ci offre il *WCM*, ovvero lo *Standard Kaize*n e la *Processing Point Analysis* (*PPA*), attraverso i quali riesco quasi certamente a giungere alla soluzione del problema.
- **Step 4**: In questo step ovviamente devono essere analizzati i risultati provenienti dal *Kaizen* e dalla *PPA*, e dovranno essere applicate le contromisure atte alla risoluzione del problema.
- **Step 5**: Utilizzando l'*X-Matrix* e la *QM-Matrix*, che sono rispettivamente, il primo, un *tool* che ci permette di correlare il difetto creato con l'anomalia sul componente della macchina e con i parametri che dobbiamo tenere sotto controllo affinché questo problema non si presenti nuovamente, il secondo, invece, definisce le condizioni ottimali e il metodo di controllo (*SOP*, *ciclo AM*, *ciclo PM*, ecc) per ciascun parametro della *X-Matrix* in modo da evitare il ripetersi del problema generato in precedenza.
- **Step 6**: Tutti i punti dell'impianto sui quali nascono delle attività definite dalla *QM-Matrix* diventano dei *Q-Point*, quest'ultimi mettono in evidenza che se non vengono fatte le attività di *AM* o di *PM* previste per quei punti, si possono generare in seguito dei problemi di qualità sul prodotto. I *Q-Point* dovranno poi essere riportati nei *calendari AM* e quindi verranno create anche nuove *SOP*.
- Step 7: L'ultimo step dell'approccio *Quality Maintenance* consiste nell'utilizzare un *tool* che prende il nome 5 *Question For O Defects* (5 domande per zero difetti), che rappresenta un modulo composto da 5 domande a cui bisogna rispondere, sulla base delle risposte si può definire con quale percentuale si riesce a garantire il non ripetersi dei problemi di qualità. Questa percentuale prende il nome di *Q-Factor* e da un risultato positivo se è maggiore di 80.

Nonostante sono state eliminate le perdite di qualità dovute a *macchina*, sono ancora presenti alcune perdite che non sono associabili alla qualità, ma ad altre tipologie sempre appartenenti a perdite relative a *macchina*, quindi lo *step 4* prosegue fino all'eliminazione di tutte queste perdite. Una su tutte è la perdita relativa alle micro fermate.

La procedura di attacco alle micro fermate è composta da 7 step:

- **Step 1:** è il primo passo per la definizione del tema per il miglioramento, dove resta necessario definire anche in questo caso un team di collaboratori.
- **Step 2:** è la fase in cui devono essere raccolti tutti i dati relativi alle micro fermate e quindi anche la definizione degli obiettivi che si vogliono raggiungere.
- **Step 3:** in questa fase è necessario analizzare il processo passo dopo passo e confrontarlo con quello standard affinché possano essere determinati eventuali problemi o errori.
- **Step 4:** questo step consiste nell'analisi del fenomeno, dalla sua individuazione alla sua evoluzione lungo le ore del turno e delle settimane.
- **Step 5:** una volta determinato il fenomeno è necessario agire per la determinazione delle cause che lo hanno generato, quindi in questo *step* devono essere utilizzati tutti *tool* necessari affinché la causa radice venga messa in luce.
- **Step 6:** in questa fase viene utilizzata la procedura *PDCA* con lo scopo di attuare un miglioramento che riduca al minimo le micro fermate
- **Step 7:** l'ultimo step ha lo scopo di elevare a standard tutte le modifiche migliorative e mantenere i valori target prefissati in futuro.

4.9. Step 5 – Ispezione autonoma

Le principali attività che devono essere svolte in questo *step* sono quelle di fornire agli operatori istruzioni che consentano loro di gestire le performance e l'operatività del processo e i metodi per il controllo delle anomalie, per fare ciò risulta necessario l'intervento di altri pilastri come il *Focused Improvement* e *Quality Control* così da giustificare anche economicamente la formazione degli operatori.

Nello *step 5* è necessario focalizzarsi sul processo quindi devono essere attaccate le perdite residue nei fattori *man, method* e *material*. Anche in questo caso vengono strutturate le attività attraverso 7 step:

Le attività devono, dunque, svolgersi come segue:

- 1. Identificare il problema da risolvere con l'*Autonomous Maintenance* (scarti, micro fermate, cambi tipo, ecc.);
- 2. Identificare il fattore del processo (man, method, material) coinvolto nel problema
- 3. Identificare la eventuale formazione necessaria all'operatore, focalizzata sulle parti del processo coinvolte;
- 4. Effettuare una valutazione economica *B/C* a priori in base ai costi previsti per la formazione e ai benefici attesi dalla risoluzione del problema;
- 5. Effettuare l'eventuale formazione;
- 6. Analizzare e risolvere il problema con il contributo dell'operatore ricorrendo a *tool* di *problem solving (Standard Kaizen, Major Kaizen,* ecc.) sul tema di *man, method, material*;
- 7. Effettuare una valutazione economica *B/C* a consuntivo in base ai costi della formazione sostenuti e ai benefici ottenuti dalla risoluzione del problema.

4.10. Step 6 – Miglioramento degli standard

Con lo *step 6* si entra nella fase proattiva, quindi lo scopo è quello di andare a ridurre le variazioni del tempo ciclo creando procedure chiare e standardizzate per ottenere una manutenzione autonoma sicura e funzionale.

Ci sono 5 concetti principali che devono essere seguiti:

- Machine & Process Data Analysis:

Per comprendere la causa radice delle perdite restanti nell'equipaggiamento delle postazioni di lavoro e attaccarle immediatamente, l'operatore deve essere in grado di monitorare e analizzare in tempo reale i dati delle operazioni. I dati non sempre possono essere ottenuti in tempo reale o attraverso software, in questi casi infatti è necessario raccoglierli periodicamente e confrontarli con quelli standard.

- Technical Equipment Velocity Optimization:

Per gli operatori, è molto difficile identificare quali siano le perdite di velocità operativa quando non è visibile la variazione, tuttavia attraverso l'implementazione di un sistema di raccolta dati online risulta molto più facile determinare quali sono i possibili colli di bottiglia del processo.

- NVAA Improvement

La riorganizzazione del luogo di lavoro e del processo sono state già fatte, anche con l'aiuto del WO, il cui obiettivo resta sempre l'eliminazione delle operazioni difficili e innaturali (MURI), delle irregolarità (MURA) e degli sprechi (MUDA).

- Line Balancing

Il bilanciamento delle linee è fondamentale per fare in modo che non ci siano tempi morti durante le operazioni. Infatti senza un bilanciamento dei tempi di lavoro delle macchine e delle operazioni che avvengono contemporaneamente verrebbe speso tempo operativo utile per attendere il termine di altre attività, generando inevitabilmente uno spreco.

- Arrangement of Spares and Tools

Avere un armadietto dedicato alle attività relative alla manutenzione autonoma posto in prossimità delle postazioni di lavoro dovrebbe già essere presente nello *step* 6 e dovrebbe seguire l'impostazione data dalla teoria delle *5S*. Deve contenere al suo interno tutti gli strumenti necessari per le attività previste dal *CILR calendar* e deve essere l'operatore stesso il diretto responsabile degli strumenti di lavoro al suo interno, accertandosi che vengano sostituiti con la frequenza necessaria tale da consentirne un ottima funzionalità.

4.11. Step 7 – Sistema di gestione autonoma e completamente applicato

È l'ultimo degli step relativi al pilastro AM ed il suo scopo è quello di migliorare le attività e standardizzare i miglioramenti in linea con le politiche e gli obiettivi aziendali e dello stabilimento e ridurre i costi eliminando gli sprechi nel posto di lavoro.

Generalmente è strutturato secondo 5 concetti principali:

- Engineer Operator Concept

Per poter iniziare le attività che fanno parte dello *step* 7 dell'*AM*, gli operatori devono aver raggiunto il livello 4 che consiste nell'essere in grado di effettuare interventi manutentivi sulle macchine, di fare proposte che portano ad un miglioramento continuo e di saper fare analisi e controlli sulla qualità dei prodotti e dei processi.

- Daily Production Management By The Operator

A differenza dei sistemi convenzionali, una volta che è stata implementata completamente la gestione della manutenzione autonoma, gli operatori non devono più essere a conoscenza solamente della propria *UTE*¹, ma anche dei processi a monte e a valle di esso.

- Cost Management By The Operator

Dopo aver attaccato tutte le perdite residue che abbassavano nell'OEE, l'operatore è capace di attaccare e proporre progetti per i costi materiali diretti e indiretti sul suo posto di lavoro.

- Very Close Collaboration Between PM&AM

Durante lo *step* 6, l'operatore ha acquisito molte conoscenze grazie alla collaborazione con la *PM* che gli sono servite per portare a termine al meglio le attività relative al *CIRL calendar*, alla macchina e ai processi. Nel settimo *step* queste conoscenze gli consentono di poter intervenire in autonomia per effettuare piccole riparazioni sotto la supervisione della *PM*.

- Design In

Giunti a questo punto ci si aspetta che l'operatore che ha raggiunto questo livello di preparazione sia in grado di trasmettere le sue conoscenze ai suoi colleghi ed espandere i miglioramenti effettuati su altre macchine e processi.

¹ L'**Unità Tecnologica Elementare** (UTE) è un insieme di due o più macchine connesse fisicamente attraverso un sistema di trasporto dei materiali e di sistema di buffer di immagazzinamento. È un modello produttivo che sostituisce l'isola di montaggio, che a sua volta viene dopo la catena di montaggio (dalla catena si è passati all'isola, e dall'isola alla UTE). https://it.wikipedia.org/wiki/Unit%C3%A0_Tecnologica_Elementare

5. Applicazione Pilastro

5.1. Applicazione Step 0

Attraverso l'utilizzo del diagramma di Pareto relativo alla *C-Matrix* costruito dal *Cost Deployment*, si possono distinguere in modo dettagliato le macchine che generano le perdite economiche maggiori. In Figura 35 si può osservare come la postazione *OP 10* relativa all'isola *HE2 MIXER* rappresenta una delle maggiori perdite economiche del *plant* infatti è stata oggetto di studio e miglioramento nei mesi che hanno preceduto l'*audit* svoltosi a fine marzo 2019.

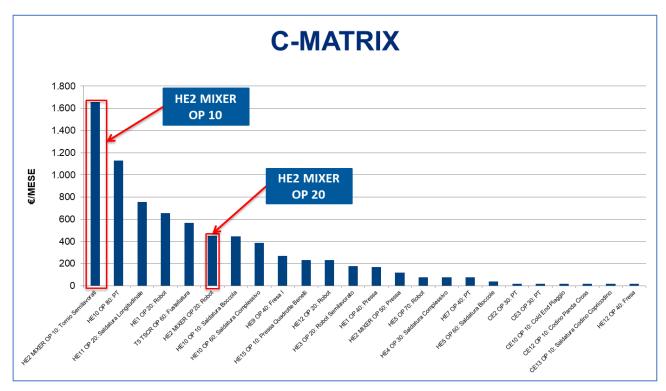


Figura 35. Pareto relativo alla C-Matrix

È quindi stato necessario definire un piano di azione, il *Masterplan* (Figura 35), mirato ad ottenere un abbattimento dei costi per tutte le isole del *plant*, in particolare per le macchine di tipo *AA*, ovvero "macchine particolarmente critiche".

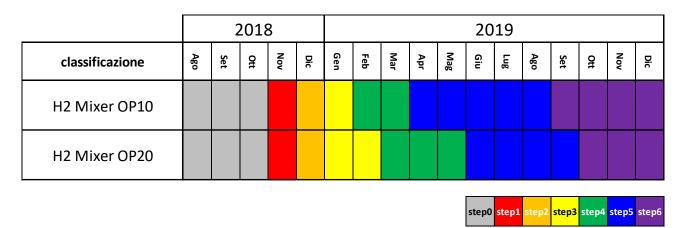


Figura 36. Masterplan

È ben visibile in Figura 36 come la macchina *OP 10* risulta essere di tipo *AA*, pertanto, si è partiti analizzando l'intera isola dando particolare attenzione alla macchina interessata; mentre per quanto riguarda l'*OP 20* dell'*HE2 MIXER* si può osservare che è di tipo *A*, quindi non rappresenta una macchina critica, ma si è deciso comunque di attaccarla visto l'intervento necessario all'*OP 10*. L'*HE2 MIXER*, dove la sigla *HE* sta per *hot end*, mentre *mixer* è il nome del prodotto, è un'isola che produce un componente del sistema di scarico della gamma *Iveco Daily*, che rappresenta uno dei principali clienti dello stabilimento, visti i volumi produttivi degli ultimi anni.



Figura 37. Prodotto finito dell'isola produttiva HE2 MIXER

Il prodotto, visibile in Figura 37 ha lo scopo di miscelare i fumi di scarico con l'urea, ed è interposto tra il *Diesel Particulate Filter (DPF)*, ovvero il filtro antiparticolato, e il *Selective Catalyc Reduction* (*SCR*), filtro atto ad abbattere gli *NOx* generati dalla combustione.

L'isola produttiva *HE2 MIXER* (Figura 38) è costituita da un sistema di cinque operazioni eseguite da due operatori, in cui il *Takt Time* è di 15 pezzi l'ora: un tornio di saldatura costituito da tre stazioni differenti (*OP 10*), un robot con due tavole di saldatura (*OP 20*), un tornio di saldatura manuale (*OP 30*), un banco per la prova tenuta (*OP 40*) ed infine una pressa per l'aggraffatura dei ripari calore applicati sul pezzo (*OP 50*).

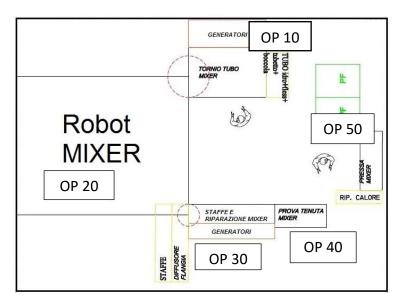


Figura 38. Layout isola HE2 MIXER

Come già detto in precedenza si è partiti attaccando il tornio di saldatura OP 10 nel quale vengono eseguite tre operazioni contemporaneamente:

1. Nella prima stazione, sulla sinistra della macchina, avviene la saldatura dell'ogiva (o boccola) per l'iniezione dell'urea sul tubo idroformato, che è già stato sottoposto ad un'operazione di rastrematura in un'altra isola dell'impianto;

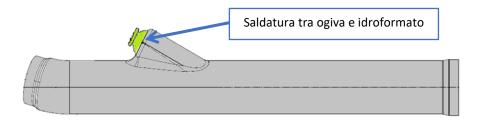


Figura 39. Prima stazione di saldatura dell'OP 10

2. Nella seconda stazione, nella parte centrale della macchina, avviene la saldatura di un tubetto su una flangia che nel complessivo è localizzata all'ingresso dei fumi di scarico;

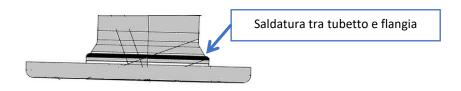


Figura 40. Seconda stazione di saldatura dell'OP 10

3. Nella terza stazione di saldatura, sulla destra della macchina, viene utilizzato il prodotto della seconda stazione per essere saldato ad un flessibile;

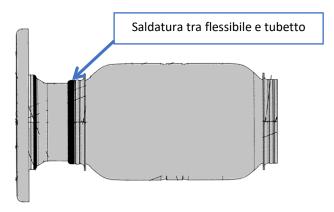


Figura 41. Terza stazione di saldatura dell'OP 30

L'OP 20 invece è composta da un robot con due tavole di saldatura sulle quali viene posizionato il diffusore (Mixer), un tubetto, il flessibile e il tubo idroformato, i quali vengono saldati insieme per ottenere il prodotto come in Figura 42.

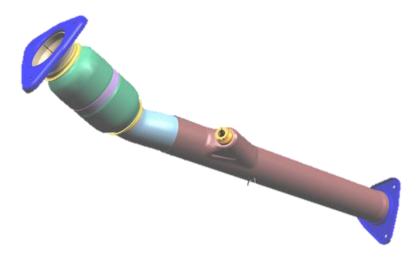


Figura 42. prodotto dopo l'OP 20

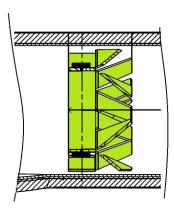


Figura 43. Mixer

Una volta comprese quali sono le operazioni che avvengono nell'*OP 10* e all'*OP 20*, è stato indispensabile creare un team di progetto, il quale è stato definito attraverso la *radar chart*, un *tool* che consente di evidenziare le *skill* di ogni membro. In Figura 44 è stata riportata la *Radar Chart* in cui vengono rappresentate le competenze medie dell'intero team.

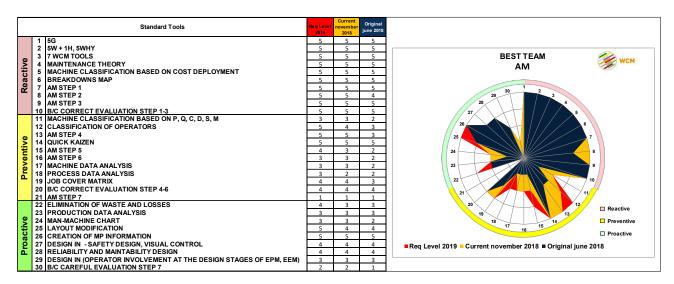


Figura 44. Radar chart team di progetto

Infine è stata analizzata l'intera isola per mettere in evidenza i rischi che si corrono durante la lavorazione in isola come raffigurato in Figura 45.

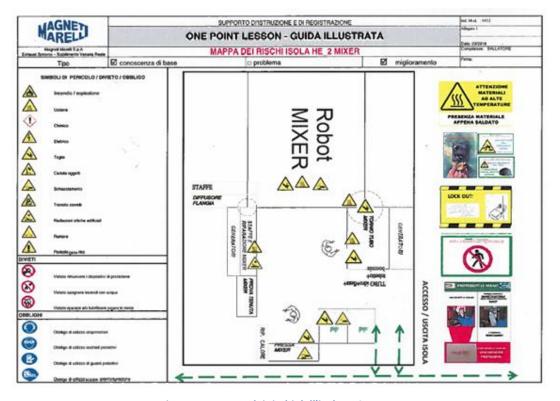


Figura 45. Mappa dei rischi dell'isola HE2 MIXER

5.2. Applicazione Step 1 - Pulizia iniziale

Come già detto in precedenza le attività principali che devono essere svolte nello *step 1* sono l'implementazione delle *5S* e la definizione di uno standard di pulizia. Ovviamente, essendo presenti oggetti metallici taglienti e appuntiti, è stato necessario fornire agli operatori tutti i *DPI* (dispositivi di sicurezza individuale) e tutte le attrezzature per eseguire un lavoro in sicurezza. Questa fase serve per trovare sia eventuali problematiche presenti sia per avere spunti per migliorare le postazioni di lavoro. Solo chi lavora quotidianamente a stretto contatto con le macchine può avere l'accortezza di cogliere alcuni segnali, quali rumori, vibrazioni, perdite, mancanza di viti, sporco ecc.

Le operazioni eseguite sono state:

• Separare: Per poter lavorare in modo efficiente senza spreco di tempo e di risorse è necessario avere una buona organizzazione degli strumenti di lavoro, perciò risulta di notevole importanza eliminare tutto ciò che non serve. Utilizzando i tag, sono stati identificati un gran numero di oggetti e strumenti che l'operatore non utilizzava ma che erano comunque presenti in isola, quindi sono stati sistemati in alcune odette poste su un pallet adibito ad area di quarantena, per poi essere eliminati quindici giorni dopo salvo reclami da parte degli operatori.

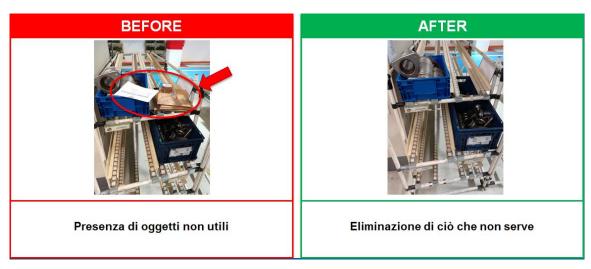


Figura 46. Prima e dopo aver ordinato gli strumenti di pulizia

 Sistemare: Una volta rimasti solamente gli strumenti utili, è stato necessario posizionarli in modo adeguato per migliorare l'ergonomia dell'isola e quindi limitare i movimenti e i passi degli operatori. Infatti in ogni postazione, con l'aiuto dei manutentori, sono stati messi ganci e contenitori per fare in modo che ogni oggetto avesse il proprio posto e che nulla venisse posizionato casualmente in isola. Ovviamente è stato tutto etichettato così da non confondere le posizioni e quali strumenti sono necessari nelle macchine.



Figura 47. Prima e dopo la sistemazione delle punte della saldatrice

Pulire: Lavorare in un ambiente pulito consente di evidenziare rapidamente anomalie e problematiche difficilmente riscontrabili altrimenti. Per svolgere una pulizia accurata è stato necessario coinvolgere 3 operatori e fermare la produzione per alcune ore, così da consentire agli operatori di pulire adeguatamente e di rimuovere lo sporco accumulato col tempo. Le zone risultate particolarmente impegnative da pulire sono state ovviamente quelle in vicinanza delle torce di saldatura in ogni macchina, infatti molti pallini di saldatura si erano incollati alle attrezzature.



Figura 48. Condizioni prima e dopo la pulizia di alcune attrezzature

Standardizzare: Questa fase è fondamentale per fare in modo che l'isola produttiva venga gestita in modo autonomo dagli operatori, in particolare per quanto riguarda le operazioni di pulizia e ispezione. Per fare ciò è stato necessario coinvolgere gli operatori che solitamente lavoravano in quell'isola così da comprendere al meglio quali erano le parti che più avevano bisogno di essere mantenute in condizioni ottimali e con quale strumento. Grazie alla loro collaborazione è stato definito un primo standard di calendario CILR, in cui non è stato possibile definire i tempi delle singole operazioni poiché ancora non si conoscevano le tempistiche reali. Infatti è stato deciso di lasciare circa mezzora a fine turno da dedicare all'esecuzione delle attività previste. In Figura 49 è raffigurato il calendario CILR provvisorio, il quale è strutturato a partire dalla prima colonna sulla sinistra con la data in cui è stata iniziata l'attività, a seguire c'era la macchina di riferimento, la tipologia di operazione da compiere, la quale può essere di pulizia, ispezione o serraggio, invece, non è presente la lubrificazione poiché è un'attività imputabile al pilastro PM viste le macchine utilizzate nell'HE2 MIXER. Le colonne successive indicano il turno a cui fanno riferimento le attività, le SOP corrispondenti, il componente interessato, la descrizione dell'attività, l'origine dell'attività, che può essere da un tag, dal pilastro PM o dalla qualità, la frequenza, che può essere giornaliera, settimanale o mensile, la durata e lo stato macchina. Quest'ultimo in particolare indica se l'attività deve essere effettuata a macchina ferma o in funzione. Infine, sulla destra sono state inserite una serie di celle che identificano i giorni del mese corrispondente, in particolare alcune sono evidenziate con un quadratino giallo che sta ad indicare che in quel determinato giorno deve essere effettuata l'attività corrispondente.

WCI	AM	IV				N	C		2018										
MACCHINA	TIPOLOGIA	TURNO	SOP n°	COMPONENTE	DESCRIZIONE	ORIGINE ATTIVITA'	FREQUENZA [GIORNI]	DURATA [MINUTI]	STATO MACCHINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HE2 MIXER OP 10: TORNIO SEMILAVORATI	PULIZIA	1	P1	ATTUATORI PORTATORCIA TORNIO	PULIRE UTILIZZANDO CARTABLU	TAG	6		FERMA	\blacksquare	П	П	\blacksquare	\blacksquare	+	+	\blacksquare	\blacksquare	\exists
HE2 MIXER OP 10: TORNIO SEMILAVORATI	PULIZIA	1	P2	SALDATRICI	PULIFE CONSGRASSATORE E CARTA BLU	TAG	6		FERMA							+	\equiv	П	\blacksquare
HE2 MIXER OP 10: TORNIO SEMILAVORATI	ISPEZIONE	1	I1	FLUSSIMETRI SALDATRICI E MANOMETRO PRESSIONE	VERIFICARE RANGE	PM	1		LAVORA										\blacksquare
HE2 MIXER OP 10: TORNIO SEMILAVORATI	ISPEZIONE	1	12	SALDATRICI	CONTROLLO LIVELLO LIQUIDO REFRIGERANTE SALDATRICI CAVO MASSA	PM	6		FERMA						+	+	\blacksquare		\exists
HE2 MIXER OP 10: TORNIO SEMILAVORATI	SERRAGGIO	1	S1	VITI DI SERRAGGIO	VERIFICARE IL CORRETTO SERRAGGIO	TAG	6		FERMA						+		\blacksquare		\exists
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	PULIZIA	1	Р3	TAVOLA DI SALDATURA A	PULIZIA CON CARTA BLU E SGRASSANTE IN PARTICOLARE ZONE CONTATTO PEZZO	TAG	3		FERMA						+	+	\exists		\exists
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	PULIZIA	1	P4	TAVOLA DI SALDATURA B	PULIZIA CON CARTA BLU E SGRASSANTE IN PARTICOLARE ZONE CONTATTO PEZZO	TAG	3		FERMA						+	+	\exists		\exists
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	PULIZIA	1	P5	CABINATO	PULIZIA CON SCOPA E PALETTA	TAG	1		FERMA										\blacksquare
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	PULIZIA	1	P6	ROBOT	PULIZIA CON CARTA BLU E SGRASSANTE	TAG	6		FERMA								\blacksquare		\blacksquare
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	PULIZIA	1	P7	SALDATRICE	PULIFIE CONSGRASSATORE E CARTA BLU	TAG	6		FERMA								\blacksquare		
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	ISPEZIONE	1	13	FLUSSIMETRI SALDATRICI E MANOMETRO PRESSIONE	VERFICARE RANGE	PM	1		LAVORA										
HE2 MIXER OP 20: ROBOT	ISPEZIONE	1	14	SALDATRICI	CONTROLLO LIVELLO LIQUIDO REFRIGERANTE SALDATRICI	PM	6		FERMA										
	MACCHINA HE MESER OF 16. TORNO SMINLAVORATI HEJ MESER OF 15. TORNO SMINLAVORATI HEJ MESER OF 26. ROBOT	MACCHINA HIZ MIXER OP 10: TORNIO SMILLAVORATI HEZ MIXER OP 10: TORNIO SMILLAVORATI HEZ MIXER OP 10: TORNIO SMILLAVORATI HEZ MIXER OP 10: TORNIO HIZ MIXER OP 10: TORNIO SMILLAVORATI HEZ MIXER OP 10: TORNIO SMILLAVORATI HEZ MIXER OP 10: TORNIO HEZ MIXER OP 20: ROBOT	MACCHINA	MACCHINA	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOP n° COMPONENTE HEZ MEXER OP 10: TORNO SUMLAVORATI HEZ MEXER OP 10: TORNO SUMLAVORATI HEZ MEXER OP 10: TORNO SUMLAVORATI HEZ MEXER OP 10: TORNO SERRAZORATI HEZ MEXER OP 20: ROBOT SERRAZORATI HEZ MEXER OP 20: ROBOT HEZ MEXER OP 20: ROBOT SERRAZORATI HEZ MEXER OP 20: ROBOT HEZ MEXER OP 20: ROBOT SERRAZORATI SERVER OP 20: ROBOT HEZ MEXER OP 20: ROBOT SERVER OP 20: ROBOT SE	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE HEZ MOKER OF 10 TORNO SEMILAVORATI HEZ MOKER OF 20 TORNO PULIZIA 1 P3 TAVOLA DI SALDATURA A PRINTOLAR DESCRIZIONE HEZ MOKER OF 20 TORNO PULIZIA 1 P4 TAVOLA DI SALDATURA B PRINTOLAR POCO CONTROTTORNO HEZ MOKER OF 20 TORNO PULIZIA 1 P5 CABRIATO HEZ MOKER OF 20 TORNO PULIZIA 1 P6 ROBOT PULIZIA 1 P6 ROBOT PULIZIA 1 P7 SALDATRICE PLANCACOR CONTROTTORNO HEZ MOKER OF 20 TORNO PULIZIA 1 P7 SALDATRICE PLANCACOR CONTROTTORNO PULIZIA PULIZ	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE DESCRIZIONE ORIGINE ATTUTION PULIZIA 1 P.1 ATTUTORI PORTATORICA TORNIO PULIZIA 1 P.2 SALDATRICI PLASSMETI ES SALDATRICI SANDALAVORAN ISPEZIONE 1 1 FILISSMETI ES SALDATRICI PLASSMETI ES	HE2 INJECT DESCRIZIONE MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOP n° COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ TORRIO HE2 MERITO PIS TORRIO SEMILAZIONATI HE2 MERITO PIS TORRIO SEMILAZIONATI HE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA R PRINCENZIA RESORGANISMITE TAG 3 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA R PRINCENZIA RESORGANISMITE TAG 3 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA R PRINCENZIA RESORGANISMITE TAG 3 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA R PRINCENZIA RESORGANISMITE TAG 4 TAG 5 TAG 6 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA R PRINCENZIA RESORGANISMITE TAG 1 TAG 6 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA R PRINCENZIA RESORGANISMITE TAG 1 TAG 6 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAVOLA DI SALDATURA PALBACON/CANTARLUS SORRISMITE TAG 6 THE3 MERITO PIS TORRIO DI ULIZIA 1 PA TAGOLORIO TAGO TAGO TAGO TAGO TAGO TAGO TAGO TAG	HEZ INTIXER MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOP N° COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGNNI) HEZ MORRE OF 10: TORNO SEMILAVORATI HEZ MORRE OF 20: ROBOT PULLIZIA 1 P.2 SERRAGGIO 1 S.1 VITI DI SERRAGGIO VIPPICARE MADICE PULLIZIA 1 P.3 TAVOLA DI SALDATIRIA HEZ MORRE OF 20: ROBOT PULLIZIA 1 P.4 TAVOLA DI SALDATURA PRINTEDARE COMPRESSIONIE TAG 3 HEZ MORRE OF 20: ROBOT PULLIZIA 1 P.4 TAVOLA DI SALDATURA PRINTEDARE COMPRESSIONIE TAG 3 HEZ MORRE OF 20: ROBOT PULLIZIA 1 P.5 CABRIATO PULLIZIA 1 P.5 CABRIATO PULLIZIA 1 P.5 CABRIATO PULLIZIA 1 P.5 CABRIATO PULLIZIA 1 P.6 ROBOT PULLIZIA 1 P.7 SALDATRICE PRINTEDARE CONSCRIPTOREZO TAG 6 HEZ MORRE OF 20: ROBOT PULLIZIA 1 P.7 SALDATRICE PULLIZIA 1 P.6 ROBOT PULLIZIA 1 P.7 SALDATRICE PRINTEDARE CONSCRIPTOREZO PM 1 1	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA GIGINNI FREQUENZA DURIZIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA GIGINNI FREQUENZA DURIZIA TORNO PULIZIA TORNO PULIZIA TP ATTIVATORI PORTATORCIA PLIFEUTILIZZANZO CARTABLU TAG 6 FERMA MEZINICA TO TORNO SPEZIONE TORNO SPEZIONE TIPOLOGIA TURNO SPEZIONE TIPOLOGIA TURNO SPEZIONE TIPOLOGIA TURNO SPEZIONE TIPOLOGIA TORNO SPEZIONE TIPOLOGIA TURNO SPEZIONE TIPOLOGIA TURNO SPEZIONE TIPOLOGIA TORNO SPEZIONE TORNO SPEZIONE TIPOLOGIA TORNO TIPOLOGIA TIPOLOGIA TORNO TOR	HE2 INIXER MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE DESCRIZIONE ATTIVITA FREQUENZA GIORNI IMMUNI MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA FREQUENZA GIORNI IMMUNI MACCHINA TAG FLIPEURIZZANZOCASTIABLU TAG FLIPEURIZZANZOCASTIABLU TAG FREMMA MACCHINA TAG FREMMA FREMMA MACCHINA TAG FREMMA FREMMA MACCHINA TAG FREMMA FREMMA FREMMA FREMMA MACCHINA TAG FREMMA FRE	HEZ INIXER MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE DESCRIZIONE ATTIVITA GIGINNI INITITI MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE DESCRIZIONE ATTIVITA GIGINNI MINUTI MACCHINA TAG FERMA TORRIO PLIEZIA 1 P.1 ATTIVATORI PORTATORCIA TORRIO PLIEZIA 1 P.2 ATTIVATORI PORTATORCIA TORRIO PLIEZIA 1 P.2 ATTIVATORI PORTATORCIA TORRIO PLIEZIA 1 P.2 ALDATRICI PLESCONSGRASSATORE CARTABLU TAG 6 FERMA FERMA THE MACCHINA THE MACCHINA INITITI SPEZIONE 1 1.1 FULUSSIMETRI SALDATRICI MANONICETRO PRESSIONE MINUTIONI SPEZIONE 1 1.2 SALDATRICI PRICE MANONICETRO PRESSIONE MINUTIONI SERRAGGIO 1 S.1 VITI OI SERRAGGIO VIPPICAPE MACCE MINUTIONI SERRAGGIO 1 S.1 VITI OI SERRAGGIO VIPPICAPE MACCE MINUTIONI SERRAGGIO TAG 6 FERMA THE MACCHINA THE MAC	HEZ INTIXER MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA TIPOLOGIA TURNO PULIZIA 1 P.1 ATTIVITA TORIO PULIZIA 1 P.2 SALDARICI REZ MOKER OF 10 TORINO SANDAJORINI TIPOLOGIA TURNO PULIZIA 1 P.2 SALDARICI TORINO SERIALOGIA TORINO SERIALOGIA TIPOLOGIA TURNO PULIZIA 1 P.2 SALDARICI TORINO SERIALOGIA TORINO SERIALOGIA TIPOLOGIA TURNO SERIALOGIA TORINO SERIALOGIA TURNO SERIALO	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ORIGINE ATTUTITA' GIGNORI) FREQUENZA ATTUTITA' GIGNORI) FREGUENZA MACCHINA 1 P1 ATTUATORI PORTATORICIA TORRIO PULIZIA 1 P2 SALDATRICI PLUSSIMETRI SALDATRICI E MACCHINA ISPEZIONE 1 P1 FREMA INFORMACIONI ISPEZIONE 1 P2 SALDATRICI PLUSSIMETRI SALDATRICI E MACCHINA ISPEZIONE ISPEZIONE 1 P2 SALDATRICI PRIMACONI INFORMACIO PI ISPEZIONE 1 P3 TAVOLA DI SALDATURA P PRIMICIOLIZIONE PRIMACONI PRIMA	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPA* COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGNONI TURNO SOPA* COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGNONI TURNO SOPA* COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGNONI TURNO PULIZIA 1 P1 ATTIVATORI PORTATORCIA TORRIO PULIZIA 1 P2 SALDATRICI PARFECCORGORASSATORE CONTABLU TAG 6 FERMA 1 LAVORA INFORMACIONI ISPEZIONE 1 PLUSSIMETE SALDATRICI MACCHINA SERRAGGIO SERRAGGIO 1 SI FULSSIMETE SALDATRICI MACCHINA SORRIO SERRAGGIO SERRAGGIO 1 SI VITI DI SERRAGGIO VIDINICA GIULIULIULIU SERRAGGIO VIDINICA GIULIULIU SERRAGGIO VIDINICA GIULIULIULI SERRAGGIO VIDINICA GIULIULI SERRAGGIO VIDINICA GIULI SERRAGGIO VIDINICA GIULIULI SERRAGGIO VIDINICA GIULI SERRAGGIO VIDINICA GIULIULI TAG 6 FERMA VIDINICA GIULI SERRAGGIO VIDINICA GIULIULI TAG 6 FERMA VIDINICA GIULIU SERRA	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGINII TURNO SOPN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGINII TURNO ORIGINE FREQUENZA CORRIGINA CININII MACCHINA TIPOLOGIA TURNO PULIZIA 1 P1 ATTIVITÒRIO TORNO TORNO PULIZIA 1 P2 SALDATRICI P2 SALDATRICI MARCONESCAMSSATCRE CARTABLU TAG 6 FERMA FERMA TAG 1 LAVORA TIPOLOGIA TURNO PERMA MACCHINA TORNO PULIZIA 1 P2 SALDATRICI FREGORIA TURNO SANDARIO SERRAGGIO SERRAGGIO 1 S1 VITI DI SERRAGGIO VERPICARE RINGE CONTROLLO RILLICIAZIO SERRAGGIO TAG 6 FERMA FERMA FILLIA TAG 6 FERMA FERMA FILLIA TAG 7 T	MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGINNI TURNO SOPN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITÀ GIGINNI TURNO ORIGINE FREQUENZA GIGINNI TURNO DIRITA FERMA TAG 6 FERMA MACCHINA TAG 6 FERMA TAG 6 FERMA TAG 7 FERMA TORNO TORNO DILIZIA 1 P2 SALDATRICI FALSENIETE SALDATRICI FALSENIETE SALDATRICI FALSENIETE SALDATRICI FERMA TORNO SANDAJORINI SPEZIONE 1 12 SALDATRICI FERMA TORNO SANDAJORINI SPEZIONE 1 1 1 TAYORA TAVOLA DI SALDATURA PRIZACOCICARITABLU TAG 6 FERMA TORNO SANDAJORINI SERRAGGIO 1 SI TAVOLA DI SALDATURA PRIZACOCICARITABLU TAG 6 FERMA TAG 7	HE2 INIXER MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPR' COMPONENTE DESCRIZIONE DESCRIZIONE ATTIVITA' FRQUENZA FRUINZIA FRUI	HE2 INIXER MACCHINA TIPOLOGIA TURNO SOPIN COMPONENTE DESCRIZIONE ATTIVITA TORIO DESCRIZIONE DESCRIZIONE DESCRIZIONE ATTIVITA TORIO TORIO NEZ MORRE OF 50 TORINO SEMILAVOLATI HEZ MORRE OF 10 TORINO SEMILAVOLATI HEZ MORRE OF 10 TORINO SEMILAVOLATI HEZ MORRE OF 10 TORINO SEMILAVOLATI SPEZIONE 1 11 FULISSIMETRI SALDATRICI MANOMETRIO PRESSONE MICHAELOGIA MANOMETRIO PRESSONE MANOMETRI

Figura 49. Calendario CILR provvisorio

 Seguire le regole. L'ultima fase è stata probabilmente la più complessa in quanto consiste nel diffondere agli operatori questo metodo di operare. Infatti è stato necessario seguire gli operatori per tre settimane nell'ultima mezzora del turno affinché venissero rispettate tutte le attività previste nel calendario CILR.

Al termine dello *step 1* è stata effettuata l'analisi del *B/C* e sono stati monitorati il numero dei guasti, i tempi impiegati nell'effettuare le attività previste dal calendario *CILR*, l'andamento dei *tag* aperti ed evasi, il numero di *SOP* e *OPL* e l'andamento dell'*OEE*, il tutto confrontato con il valore che era presente dello *step 0*.

• Andamento tempistiche delle attività previste dal calendario CILR:

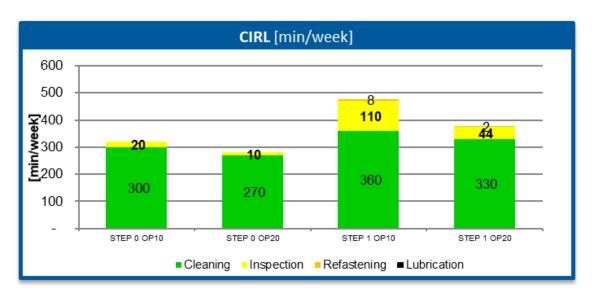


Figura 50. Andamento tempi calendario CILR

Come si osserva in Figura 50 dallo *step 0* allo *step 1* c'è stato un notevole incremento delle attività di pulizia in quanto trattandosi di un impianto in cui viene effettuata per lo più saldatura lo sporco risulta essere inevitabile, da ciò nasce l'esigenza di una pulizia accurata che ha richiesto molto tempo nelle macchine interessate. Per quanto riguarda le attività di serraggio, che prima non venivano prese in considerazione, nello *step 1* si è voluto dare attenzione a molte viti e bulloni che potevano rappresentare un rischio per la sicurezza dell'operatore, perciò è presente del tempo in più. La lubrificazione, come detto anche in precedenza, non rappresenta una necessità nei macchinari utilizzati.

• Andamento dei guasti dovuti ad AM:

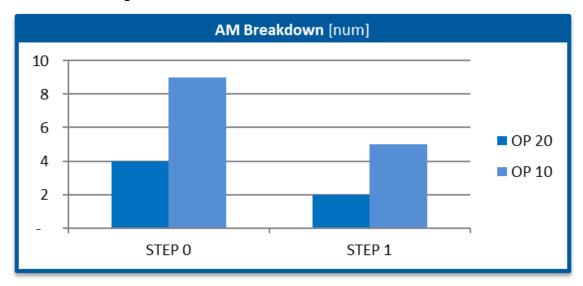


Figura 51. Andamento guasti

Osservando la Figura 51 si può notare come le attività del calendario *CILR* abbiano avuto un grande impatto riducendo notevolmente il numero di guasti *AM* rispetto allo *step 0*.

• Andamento dell'OEE:

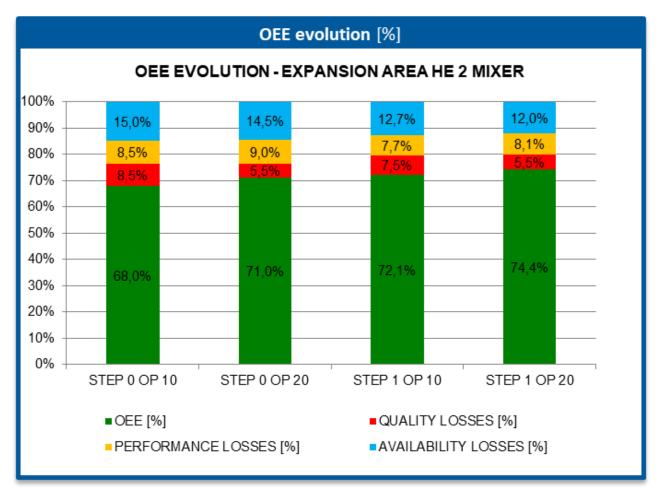


Figura 52. Evoluzione OEE

Anche in questo caso le attività del calendario *CILR* hanno portato a un beneficio aumentando il punteggio di *OEE*.

Andamento tag:

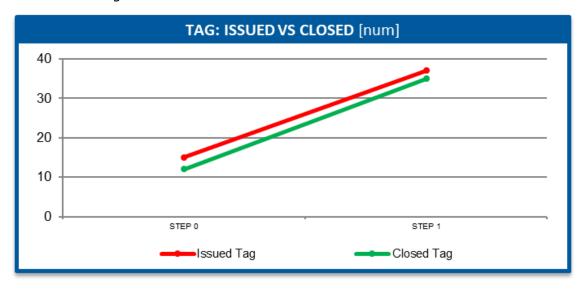


Figura 53. Andamento tag aperti e chiusi

Mentre nello *step 0* erano stati aperti 15 *tag* ed evasi 12, si può osservare in Figura 53 come c'è stato un notevole aumento di *tag* emessi e di quelli evasi, in numero rispettivamente 37 e 35, proprio perché durante l'applicazione delle *5S* è stato necessario utilizzarne altri 25.

Analisi B/C:



Figura 54. Analisi B/C

Osservando la Figura 54 si può notare come il valore del *B/C* ottenuto è inferiore ad uno, ciò vuol dire che in questo primo step si è andati in perdita. Apparentemente potrebbe sembrare che le operazioni effettuate non siano state vantaggiose, in realtà un valore inferiore ad uno è

accettabile in questa fase in quanto le attività del calendario *CILR* e le ore di stop dell'isola hanno influenzato notevolmente i benefici, abbassandoli, aumentando di conseguenza i costi. Di seguito sono riportate le equazioni utilizzate per calcolare il valore dei benefici e dei costi:

$$B_{step1} = (x + y + z + w + h) \cdot \frac{12}{t}$$

$$C_{step1} = l + m + n + q + s \cdot \frac{12}{t}$$

In cui:

- x → Delta perdita recuperata per guasti dovuti a mancanza di AM;
- y → Delta perdita recuperata per tempo di pulizia macchina;
- z → Delta perdita recuperata per tempo di ispezione;
- $w \rightarrow$ Delta perdita recuperata per tempo di lubrificazione;
- $h \rightarrow$ Delta perdita recuperata per fermi brevi legati al degrado.
- ullet Ore di manodopera impiegate nella formazione moltiplicate per il costo orario dell'operatore;
- $m \rightarrow$ Ore del formatore, se interno, moltiplicate per il costo orario della manodopera;
- $n \rightarrow$ costo della società di training, se esterna;
- q → Costo del materiale didattico;
- s → Costo dei cicli introdotti nello step in corso, in aggiunta rispetto allo step precedente, a fronte dei guasti avvenuti;
- $t \rightarrow \text{periodo di tempo considerato, espresso in mesi.}$

5.3. Applicazione Step 2 - Contromisure contro le fonti di sporco e le zone di difficile accesso

Come già detto in precedenza l'obiettivo dello *step 2* è quello di eliminare le sorgenti di sporco localizzate nelle macchine e renderle maggiormente accessibili per poter effettuare le attività previste dal calendario *CILR*. Prima di poter agire ed attuare le modifiche di cui le macchine avevano bisogno è stato fondamentale individuare le zone di difficile accesso e le fonti di sporco. Gli operatori hanno dato un notevole contributo poichè, lavorando nell'isola quotidianamente hanno consentito di creare una mappa (Figura 55) in cui vengono evidenziati i punti critici: in blu sono rappresentate le *HAA* (*Hardness Access Area*), ovvero le zone di difficile accesso, e in rosso le *SOC* (*Source Of Contamination*), ovvero le sorgenti di sporco.

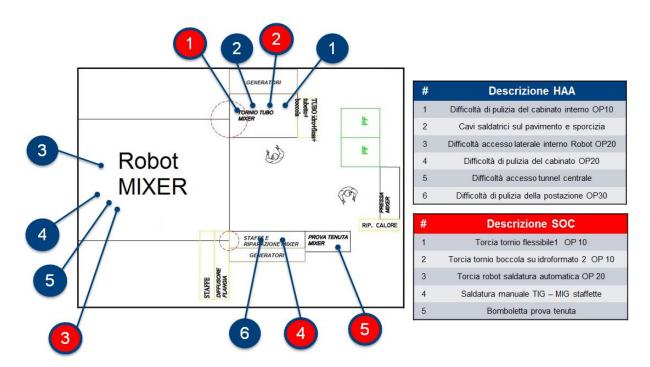


Figura 55. Mappa HAA e SOC

Una volta localizzate le criticità si è proceduto creando due piani di azione, uno per le zone di difficile accesso e uno per le fonti di sporco, in cui sono state elencate le proposte con le modifiche da effettuare per migliorare le macchine.

MA	GNET PIANO AZI							
#	Cosa	Cosa Dove Responsabile		osa Dove Responsabi		Costo	Beneficio	в/с
1	Chiusura tunnel centrale con alluminio	Robot	PRONO	855	1762	2,1		
2	Inserimento griglie raccolta sfridi lateralemente al tunnel di passaggio	Inferiore tavole	DI STEFANO	900	1820	2,0		
3	Inserimento griglie raccolta sfridi tunnel centrale	Inferiore tavole centrale	DI STEFANO	450	728	1,6		
4	Inserimento carter inferiore tornio saldatura boccola	Tornio zona sinistra	PRONO	410	1092	2,7		
5	Carter base saldatura flessibile e flangia	Tornio zona destra	PRONO	410	1092	2,7		
6	Chiusura posteriore fino altezza schizzi	Tornio posteriore	PRONO	745	2737,28	3,7		
7	Contenimento laterale tornio entrambe estremità	Tornio lati	PRONO	340	931,84	2,7		
				4110	10163	2,5		

Tabella 1. Piano di azione delle zone di difficile accesso HAA

MAGNET PIANO AZIONE SORGENTI SPORCO											
#	Cosa	Dove	Responsabile	Costo	Beneficio	в/С					
1	Modifica attrezzatura tenuta flangia inferiore con materiale antiaderente	Tavole 1-2	ELIFANI	420	1601,6	3,8					
2	Contenimento posteriore tornio	Tornio posteriore	PRONO	238	1164,8	4,9					
3	Inserimento base raccolta sfridi saldatura	Tornio inferiore	DI STEFANO	244	728	3,0					
4	Inserimento canalina inferiore raccolto in prossimità della tenda	Tornio frontale	PRONO	252	728	2,9					
5	Inserimento allumionio zona tavole robot	Robot saldatura	PRONO	1150	1369	1,2					
6	Utilizzo copritorcia per evitare dispersione schizzi saldatura	Robot torcia	PRONO	745	4368	5,9					
				3049	9959	3,3					

Tabella 2. Piano di azione delle zone fonti di sporco SOC

Per determinare le azioni da intraprendere è stato utilizzato, come detto in precedenza, il metodo *PDCA*, attraverso il quale sono stati creati alcuni *Quick Kaizen* che hanno consentito di determinare le azioni migliorative.

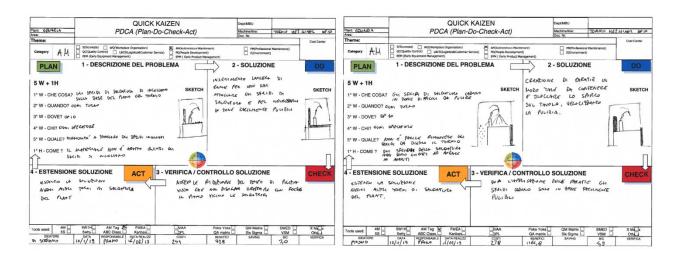


Figura 56. Quick kaizen OP10

In Figura 56 sono stati riportati due dei *Quick Kaizen* che sono stati fatti, i quali mostrano in particolare come, attraverso il *tool 5W+1H*, si è scelto di utilizzare delle lamiere di rame per vincolare la caduta degli sfridi di saldatura nella parte anteriore del tornio (*OP 10*) e per farli cadere sul rame stesso così da facilitarne la pulizia a fine turno. Come si osserva il vantaggio in termini di *B/C* è stato di 4,9 per uno e 3,0 per l'altro ma ovviamente il *B/C* finale è dato della media di tutti quelli provenienti dalle modifiche effettuate come mostrato in Tabella 1. In Tabella 2, invece, si possono osservare alcune delle modifiche effettuate come per esempio le paratie in rame e la canalina in prossimità della tenda (Figura 57).

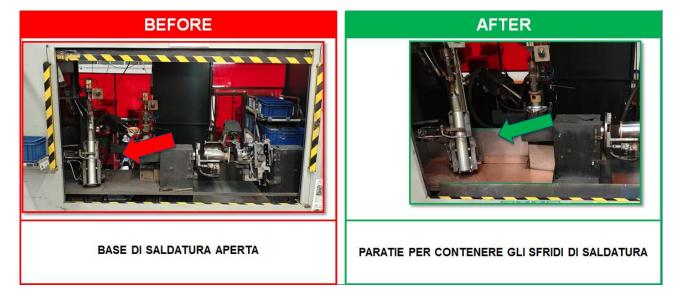


Figura 57. Before - After che mostra le modifiche effettuate

Come previsto dal *WCM* anche al termine dello *step 2* sono stati analizzati gli andamenti dei *KPI* e dei *KAI*:

• Andamento tempistiche delle attività previste dal calendario CILR:

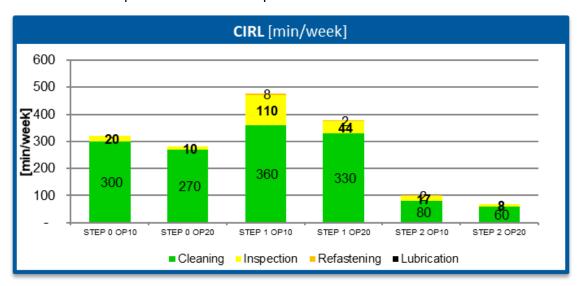


Figura 58. Andamento tempi calendario CILR

Come si può osservare dalla Figura 58, le modifiche effettuate nel tornio *OP 10* e nel robot *OP 20* hanno permesso di ridurre dell'80% il tempo CILR calcolato nello *step 1*. Grazie a questo miglioramento gli operatori hanno la possibilità di dedicare maggior tempo alla produzione.

• Andamento dei guasti dovuti ad AM:

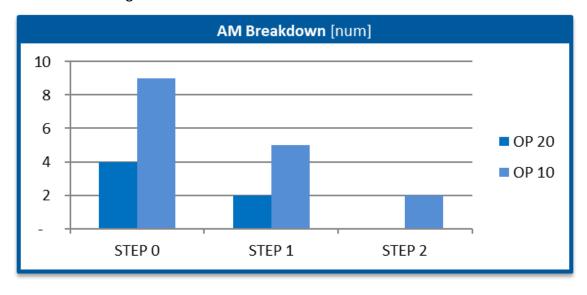


Figura 59. Andamento guasti

Le attività CILR sono state molto efficaci per quanto riguarda i guasti relativi *all'Autonomous Maintenance*, infatti durante il periodo relativo allo *step 2* non sono stati registrati guasti nell'*OP*

20, mentre ne sono stati registrati solamente 2 nell'OP 10. Ciò dimostra come sia di notevole importanza mantenere l'ambiente di lavoro pulito e ben organizzato.

• Andamento dell'OEE:

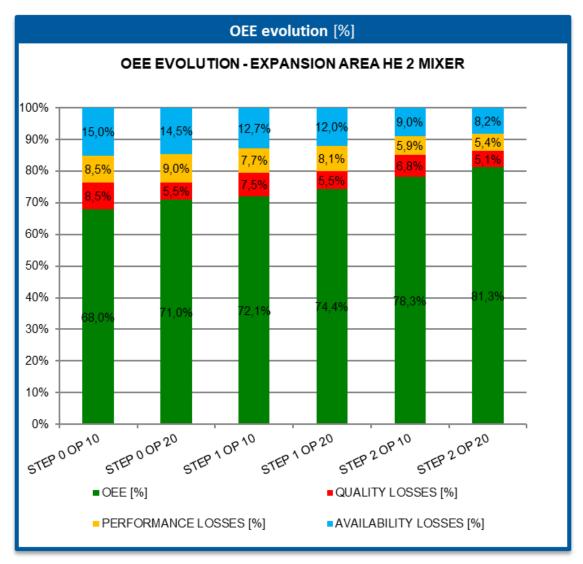


Figura 60. Andamento OEE

Il numero dei guasti *AM* è direttamente correlato alla qualità del prodotto, infatti una riduzione di questi comporta certamente un aumento dell'*OEE*, che quindi ci mostra come la prestazione delle due macchine prese in considerazione sia di gran lunga migliorata aumentando di quasi 6 punti percentuali nell'*OP* 10 e di 7 nell'*OP* 20.

Andamento tag:

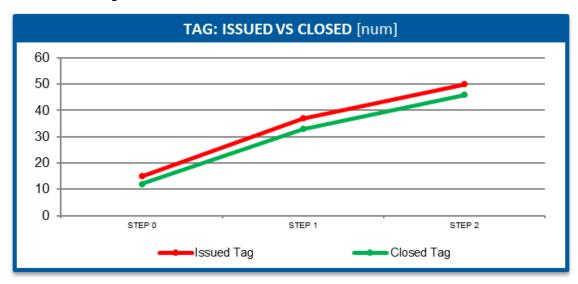


Figura 61. Andamento tag aperti e chiusi

Come si evince dalla Figura 61 il numero dei *tag* aperti tra lo *step 1* e lo *step 2* è diminuito rispetto a quello tra lo *step 0* e lo *step 1*. È normale osservare questo andamento in quanto le principali criticità dovevano essere state già eliminate negli step precedenti, di conseguenza la differenza tra gli step riguardante il numero dei *tag*, dovrebbe andare via via decrescendo attraverso gli step.

• Analisi B/C:

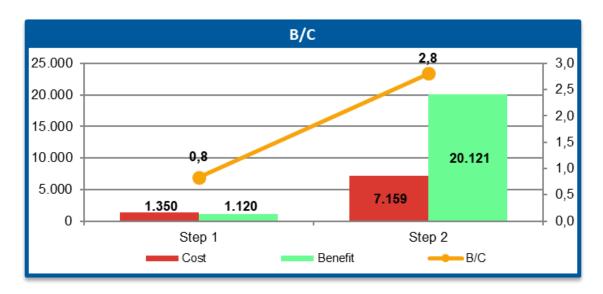


Figura 62. Analisi B/C

Nello *step 2* il valore del *B/C* è completamente differente rispetto allo *step 1*, infatti osservando la Figura 62 si può notare l'enorme differenza di spesa economica e il corrispettivo risparmio ottenuto attraverso le modifiche fatte. Essendo il *B/C* maggiore di uno le spese hanno portato a un beneficio, il quale è rappresentato dal risparmio di tempo che l'operatore deve dedicare

all'adempimento delle attività previste dal *CILR*, di conseguenza, il tempo risparmiato risulta spendibile per la produzione.

Di seguito sono state riportate le equazioni utilizzate per il calcolo del B/C:

$$B_{step2} = (x + y + z + w + h) \cdot \frac{12}{t}$$

$$C_{step2} = l + m + n + q + s + v \cdot \frac{12}{t}$$

In cui:

- $x \rightarrow$ Delta perdita recuperata per guasti dovuti a mancanza di AM;
- $y \rightarrow$ Delta perdita recuperata per tempo di pulizia macchina;
- z → Delta perdita recuperata per tempo di ispezione;
- w → Delta perdita recuperata per tempo di lubrificazione;
- $h \rightarrow$ Delta perdita recuperata per fermi brevi legati al degrado.
- ullet Ore di manodopera impiegate nella formazione moltiplicate per il costo orario dell'operatore;
- $m \rightarrow$ Ore del formatore, se interno, moltiplicate per il costo orario della manodopera;
- n → costo della società di training, se esterna;
- q → Costo del materiale didattico;
- s → Costo dei cicli introdotti nello step in corso, in aggiunta rispetto allo step precedente,
 a fronte dei guasti avvenuti;
- $t \rightarrow$ periodo di tempo considerato, espresso in mesi.
- v → costo cicli introdotti nello step in corso, in aggiunta allo step precedente, a fronte dei guasti avvenuti.

5.4. Applicazione Step 3 – Standard di pulizia, ispezione e lubrificazione

Gli obiettivi che devono essere perseguiti nello *step 3* sono due: stabilire un calendario standardizzato relativo alle attività di *AM* e stabilire uno standard delle attività *CILR*. Infatti lo standard provvisorio definito nello *step 1* è stato modificato, grazie sia alle migliorie fatte nello *step 2*, sia per la praticità che gli operatori hanno acquisito nell'effettuare le attività del calendario raggiungendo uno standard temporaneo.

			WCM AN	M MAINTENANCE PLAN HE2 MIXER		2019											G	EN	N/	NIO									
DATA INIZIO ATTIVITA'	MACCHINA	SOP	COMPONENTE	DESCRIZIONE	ORIGINE ATTIVITA	FREQUENZA [GIORNI]	1	2	3	4 5	6	7	8 9	10	11	12 1	3 14	15	16 1	7 18	19 2	21	22	23 2	24 25	26 2	7 28	29 3	31
01/01/2019	OP 10	P1	TORCE	PULIZIA TORCE + CAMBIO PUNTA=>SPAZZOLA	PM	1	-	_			+	Н	П	Н	Н			Н	П		H	Н	Н		П		H	Н	H
01/01/2019	OP 10	P2	ATTREZZATURE	PULIZIA ATTREZZATURE + PIANO TORNIO -> SPAZZOLA	РМ	1	H	1							Н			Н	Н			H			H		F	Н	H
01/01/2019	OP 10	I1	SALDATRICI	FLUSSIMETRI SALDATRICI E MANOMETRI PRESSIONE	PM	1	H		H						Н				П						H		H	П	
02/01/2019	OP 10	РЗ	ATTREZZATURE	PULIZIA ATTREZZATURE -> PANNO	PM	7	H	H							Н			П	Н				Н		₩		H	Н	\square
03/01/2019	OP 10	P4	INTERNO TORNIO + SALDATRICI	PULIZIA INTERNO TORNIO + SALDATRICI => SPAZZOLA	TAG	7	H		H					H				Н					Н		H			H	H
04/01/2019	OP 10	12	SALDATRICI	CONTROLLO LIVELLO LIQUIDO REFRIGERANTE SALDATRICI	PM	7			+			\blacksquare			Н								Н	+	H			П	\blacksquare
01/01/2019	OP 10	S1	VITI DI SERRAGGIO	VERIFICARE IL CORRETTO SERRAGGIO	TAG	7		\blacksquare	-		H	\blacksquare		Н	Н			H			-		Н	-	H			П	\blacksquare
																												П	
01/01/2019	OP 20	P5	TAVOLE DI SALDATURA	PULIZIA ZONE DI CONTATTO PEZZO CON SPAZZOLA DI FERRO	TAG	1			H						Н			Н							Н			П	Ŧ
02/01/2019	OP 20	P6	CABINATO	PULIRE GRIGLIE DI RACCOLTA CON SCOPA E PALETTA	TAG	7	H		H			\blacksquare		H								H		H	H				H
03/01/2019	OP 20	P7	TAVOLE DI SALDATURA	PULIZIA ZONE DI CONTATTO PEZZO CON CARTA BLU E SGRASSATORE	TAG	7	H	H	H			H	H	H	Н			Н	H		-	Н	H	H	H		H	H	H
04/01/2019	OP 20	13	SALDATRICI	CONTROLLO LIVELLO LIQUIDO REFRIGERANTE SALDATRICI	TAG	7	H						H	H	Ш			Н	Н				Н	H	H			H	\blacksquare

Figura 63. Calendario CILR all'inizio dello step 3

Come si può osservare in Figura 63 le date di inizio attività non si riferiscono più al 2018 ma al 2019, si tenga comunque presente che, nel calcolo dell'andamento dei tempi delle attività *CILR*, il conteggio non ha subito alcuna modifica, in quanto è stato calcolato manualmente e ne è stata fatta una media per il monitoraggio e l'analisi. Poiché gli operatori lamentavano un'eccessiva complessità del calendario, dovuta all'alto numero di dati presenti, è stato utile e conveniente semplificare la struttura rendendola di più facile lettura e interpretazione. Si è provveduto a rimuovere la colonna relativa al tempo impiegato dagli operatori per effettuare le singole attività, ed è stata eliminata la colonna relativa alla tipologia di attività, indicando il significato dei colori: verde, giallo, blu che rispettivamente rappresentano pulizia, ispezione e serraggio. In un secondo momento è stata cancellata anche la colonna relativa al turno infatti, nell'isola, sono stati posti due calendari relativi uno al primo e uno al secondo turno, identificati con l'etichetta corrispondente ed infine è stata rimossa la colonna relativa allo stato della macchina poiché ogni attività deve essere effettuata a macchina ferma eccetto l'ispezione dei flussimetri attraverso i quali si può verificare il passaggio del gas solo quando le saldatrici sono in funzione.

Osservando ancora la Figura 63 si può notare come alcune attività sono contrassegnate con *PM* nella sezione di origine attività infatti, alcune operazioni di pulizia ed ispezione sono state passate

dalla *Professional Maintenance* all'*Autonomous Maintenance* eseguendo un'apposita *checklist* come mostrato in Figura 64.

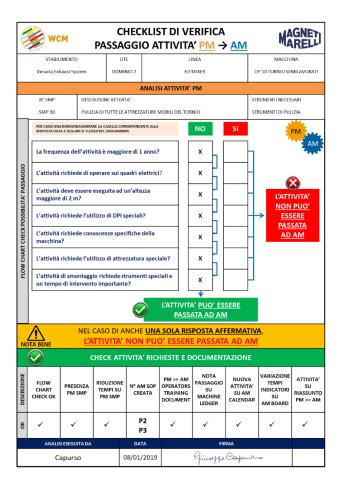


Figura 64. Checklist PM -> AM

Per velocizzare l'adempimento delle attività previste dal calendario si è preferito utilizzare i visual management i quali sono stati incollati sulle macchine, come mostrato in Figura 64, così da consentire agli operatori di notare a colpo d'occhio dove fosse necessario effettuare l'attività. Purtroppo non è stato possibile collocare i visual management all'interno della macchina per motivi di sicurezza infatti la saldatura, provocando scintille, avrebbe potuto incendiarli mettendo in pericolo gli operatori. I visual management utilizzati si riferiscono al nome della SOP così da poter essere non solo visibili immediatamente ma anche messi in relazione all'attività presente sul calendario. C'è da notare inoltre, che non è stato necessario utilizzare la spaghetti chart per analizzare le tempistiche in quanto il calendario CILR era già nato con una struttura tale da seguire l'ordine delle macchine così come è stato progettato il processo produttivo, quindi avrebbe rappresentato solo un'attività in più da svolgere poiché l'ordine delle attività da eseguire era già ottimizzato.



Figura 65. Visual Management nel tornio OP 10

Durante questa fase è stato anche utilizzato l'approccio *Eliminate, Combine, Reduce e Simplify,* che ha consentito di eliminare l'attività lunga e difficoltosa di pulizia manuale della torcia di saldatura del robot. Questa modifica è stata possibile grazie all'istallazione di un sistema di pulizia automatica posizionato all'interno dell'area di lavoro (Figura 66) infatti, dopo aver aggiunto il ciclo di pulizia al programma del robot, è stato possibile ridurre le attività *CILR* di circa 33 minuti a settimana.



Figura 66. Sistema di pulizia automatica della torcia di saldatura

Un'altra modifica, osservabile in Figura 67, è stata quella di raggruppare e spostare nella parte anteriore della macchina i manometri e i flussimetri nello stesso punto così da poter essere controllati a colpo d'occhio dall'operatore senza dover ogni volta girare attorno alla macchina e verificare il loro funzionamento uno ad uno, miglioria che ha permesso di risparmiare 8 minuti a settimana.

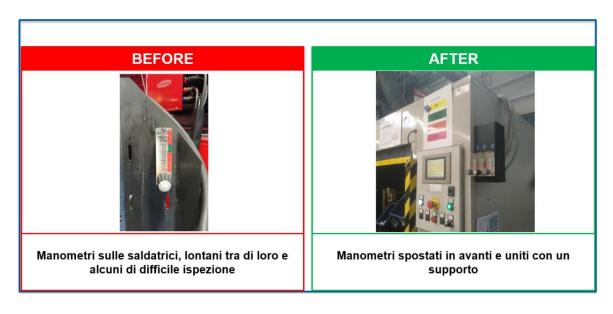
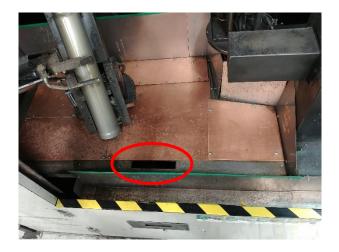


Figura 67. Before - After che mostra lo spostamento dei flussimetri

Una volta aggiunto il rame nello *step 2* i pallini di saldatura non si incollavano più sul piano del tornio, ma l'operatore, per pulire, era obbligato ad utilizzare scopa e paletta in spazi ridotti rendendo l'operazione sì più rapida rispetto a prima, ma abbastanza scomoda e lenta. Perciò si è deciso di aggiungere delle feritoie che, mettendo in collegamento il piano del tornio con dei cassetti, consentivano all'operatore di spingere gli sfridi al loro interno senza dover utilizzare la paletta per raccoglierli quindi, una volta che gli sfridi erano caduti nelle feritoie, era necessario solamente svuotare i cassetti in appositi secchi posti nei pressi dell'isola (Figura 68). È da notare come questa piccola modifica abbia cambiato notevolmente le attività da compiere dell'operatore, riducendone i tempi *CILR* di 26 minuti a settimana in totale- Infatti, grazie al rame e all'aggiunta delle feritoie, non è stato più necessario utilizzare la spatola e la paletta.



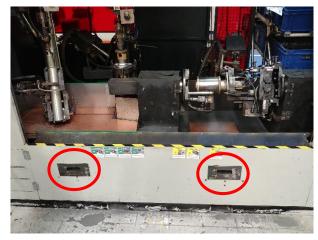


Figura 68. Feritoie e cassetti

Per quanto riguarda le *SOP* sono state adeguatamente modificate ed aggiornate poiché, viste le modifiche effettuate sulle macchine, le attività di pulizia sono aumentate come numero ma si sono ridotte come tempo impiegato. Alcune modifiche, come per esempio l'aggiunta delle barriere nella parte posteriore del tornio e l'aggiunta dei cassetti per la raccolta sfridi, hanno consentito agli operatori di non dover più aggirare il tornio di saldatura e aprirlo per pulirlo e di non dover nemmeno infilarsi all'interno della macchina per raccogliere gli sfridi caduti a terra, così come per le paratie in rame. Si può concludere dicendo che, se in precedenza gli sfridi di saldatura incollati alla macchina dovevano essere grattati con la spazzola di ferro e la spatola, dopo le modifiche, l'operatore può servirsi della spazzola a setole morbide per spingere gli sfridi nelle feritoie lasciandoli cadere nel cassetto, consentendogli di utilizzare la spazzola di ferro solamente in alcune zone impossibili da pulire diversamente.



Figura 69. SOP (Standard Operation Procedure)

È stato considerato concluso lo *step 3* a fine febbraio quando si sono azzerati i guasti per mancanza di condizione di base, quindi si è andati ad analizzare direttamente a consuntivo i risultati ottenuti e, come negli altri step, sono stati analizzati gli stessi *KAI* e *KPI*:

• Andamento tempistiche delle attività previste dal calendario CILR:

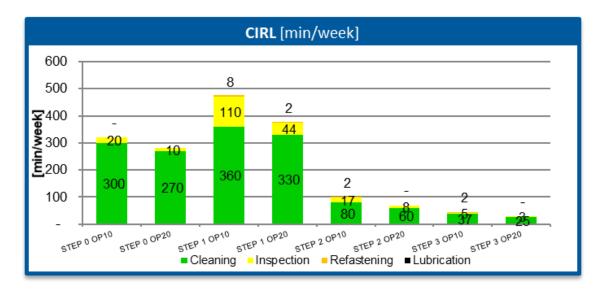


Figura 70. Andamento tempistiche calendario CILR

Come mostrato in Figura 70 l'andamento dallo *step 2* allo *step 3* è ancora discendente a dimostrazione del reale vantaggio apportato dalle modifiche effettuate, riducendosi circa del 55% nell'*OP 10* e 59% *nell'OP 20*. Ciò ha permesso agli operatori di poter dedicare il tempo risparmiato alla produzione.

• Andamento dei guasti dovuti ad AM:

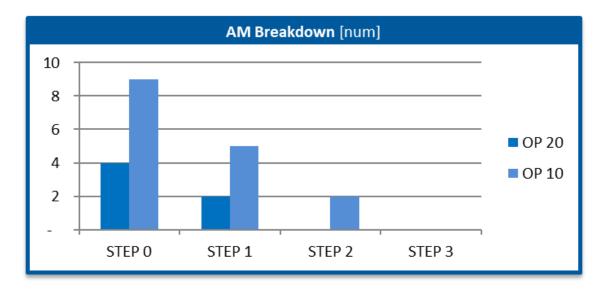


Figura 71. Andamento guasti

In Figura 71 è stato messo in evidenza come il numero dei guasti per mancanza di condizioni di base si sia azzerato, condizione necessaria per poter definire lo *step 3* concluso. Infatti, se si

dovessero ripresentare altri guasti con questa causale, bisognerà tornare indietro con gli step e effettuare nuove modifiche tali da farli azzerati.

• Andamento dell'OEE:

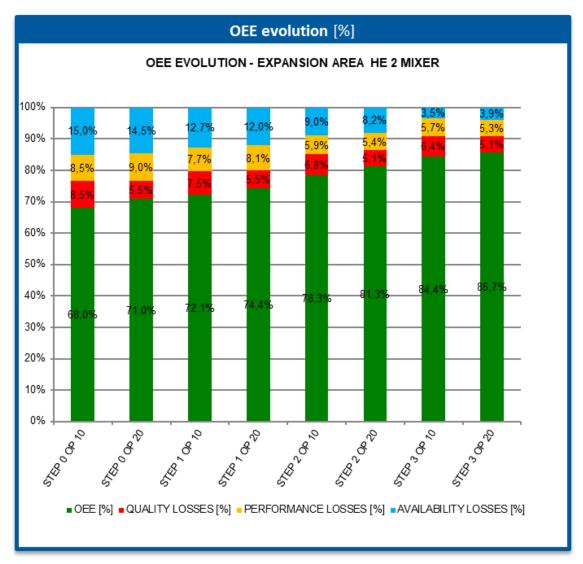


Figura 72. Andamento OEE

È scontato un aumento del punteggio dell'*OEE* poiché, come già accaduto negli step precedenti, una riduzione dei guasti non può che portare un beneficio, come si può osservare in Figura 72. Il punteggio dell'*OEE*, però, non ha raggiunto il 100%, e per questo motivo esistono step successivi al terzo. Infatti, il gap di circa 15% da recuperare sia per l'*OP* 10 che per l'*OP* 20 non è imputabile a guasti causati da mancanza di condizioni di base, bensì a guasti dovuti a altre quattro categorie, ovvero machine, method, man e material le quali dovranno essere ancora analizzate.

Andamento tag:

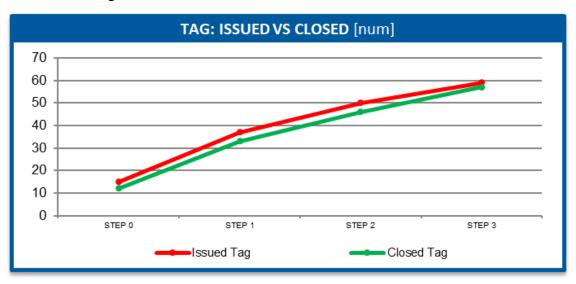


Figura 73. Andamento tag aperti e chiusi

Analizzando le curve in Figura 73 e tralasciando il fatto che sono stati chiusi quasi tutti i *tag* nello *step 3* è importante notare come, la differenza dei *tag* aperti di step in step, è andata via via riducendosi dimostrando che le modifiche fatte sulla macchina hanno portato realmente ad un miglioramento delle condizioni dell'isola poiché, una riduzione in termini di numero di *tag*, è traducibile in una riduzione di problemi presenti nell'isola produttiva. Il fatto che sono stati chiusi la maggior parte dei *tag* indica, invece, un buon lavoro svolto da parte della manutenzione, che, appena li ha ricevuti, è tempestivamente intervenuta per risolvere ogni problema.

Analisi B/C:

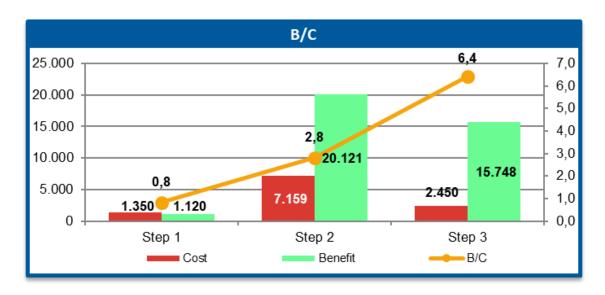


Figura 74. Analisi B/C

Come già visto negli altri step l'analisi *B/C* deve dare un valore maggiore di uno altrimenti, viene meno la convenienza nell'effettuare le modifiche. Osservando la Figura 74 si nota un *B/C* pari a 6,4, valore molto positivo e presumibile, poiché le migliorie sulle macchine e l'ottimizzazione dei cicli del calendario *CILR* hanno portato ad un aumento produttivo riducendo contemporaneamente il numero dei guasti e il tempo dedicato alle attività.

Di seguito sono riportate le equazioni utilizzate per calcolare il valore dei benefici e dei costi:

$$B_{step3} = (x + y + z + w + h) \cdot \frac{12}{t}$$

$$C_{step3} = l + m + n + q + s \cdot \frac{12}{t}$$

In cui:

- $x \rightarrow$ Delta perdita recuperata per guasti dovuti a mancanza di AM;
- y → Delta perdita recuperata per tempo di pulizia macchina;
- z → Delta perdita recuperata per tempo di ispezione;
- $w \rightarrow$ Delta perdita recuperata per tempo di lubrificazione;
- $h \rightarrow$ Delta perdita recuperata per fermi brevi legati al degrado.
- ullet Ore di manodopera impiegate nella formazione moltiplicate per il costo orario dell'operatore;
- $m \rightarrow$ Ore del formatore, se interno, moltiplicate per il costo orario della manodopera;
- n → costo della società di training, se esterna;
- q → Costo del materiale didattico;
- s → Costo dei cicli introdotti nello step in corso, in aggiunta rispetto allo step precedente,
 a fronte dei guasti avvenuti;
- $t \rightarrow \text{periodo di tempo considerato, espresso in mesi.}$

5.5. Applicazione Step 4 – Ispezione generale degli impianti

Come già affermato in precedenza, giunti al quarto step, non ci devono più essere guasti per mancanza di condizioni di base, perciò è stato analizzato l'*OEE* ottenuto nello *step 3* e sulla base di questo è stato deciso di intervenire prima sull'*OP 10* piuttosto che sull'*OP 20* visto che l'*OEE* del primo era più basso del secondo e quindi necessitava di avere una maggiore attenzione.

La prima analisi che deve essere effettuata in questo step è quella di andare a categorizzare le cause che comportano un abbassamento dell'*OEE*. Per fare ciò la metodologia *WCM* del pilastro *AM* prevede di scomporre le cause in 4 macro categorie (Figura 75): *Machine, Method, Man, Material*. Lo *step 4* si sofferma nelle cause relative alla macchina che, a sua volta, deve essere scomposta in altre micro categorie che riguardano la macchina stessa. Così facendo si giunge ad un risultato espresso in percentuale che esprime quale sia la causa maggiore che comporta perdite nel processo.

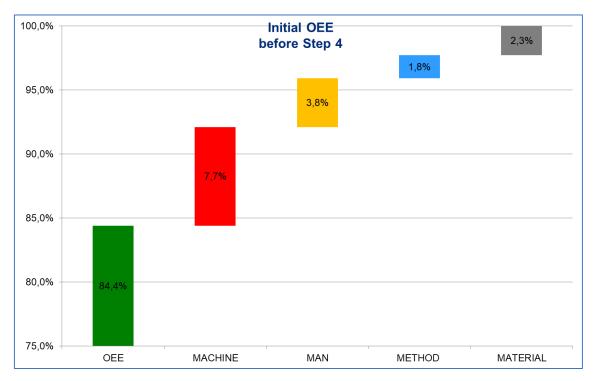


Figura 75. OEE iniziale, diviso per le 4 macro categorie

La traduzione in percentuale delle perdite è calcolata allo stesso modo dell'*OEE* ma viene rappresentata la parte mancante al raggiungimento del 100%. La categorizzazione delle perdite è stata effettuata associando ad ogni evento di perdita la relativa causale. Sono state analizzate 3 settimane e ne è stata fatta la media, infine è stata determinata la micro categoria suddividendo allo stesso modo tutte le macro categorie come visibile in Figura 76.

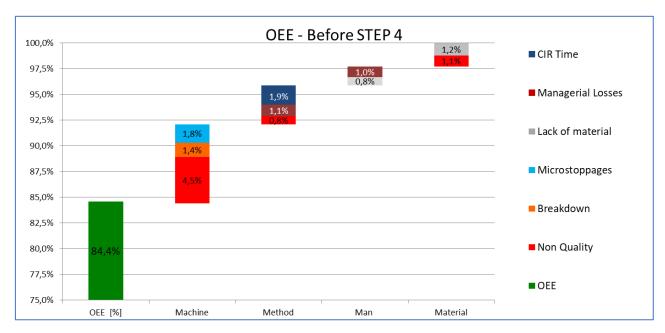


Figura 76. OEE iniziale, diviso per macro e micro categorie

Nella macro categoria *Machine* ciò che più contribuisce ad abbassare l'*OEE* è legato a problemi di qualità del prodotto ed è 4,5% dell'*OEE* totale.

Prima di procedere attaccando le perdite legate alla qualità del prodotto è stata fatta un'analisi preventiva *benefici/costi* per valutarne i vantaggi o, eventualmente, gli svantaggi che avrebbe apportato come mostrato nelle tabelle sottostanti Tabella 3 e Tabella 4:

	TIPOLOGIA	Beneficio recupera mesi)	to nel tempo t (in	Beneficio stimat me	o in un anno (12 si)	Beneficio totale per step		
	BENEFICI	formula	[€]	formula	[€]	Formula	[€]	
(2)	PERDITA CHE SI PREVEDE DI RECUPERARE PER SCARTO LEGATO A PERDITE DI QUALITA'	x	988	$x' = \frac{x * 12}{t}$	11852			
STEP 4 (A PRIORI)	PERDITA CHE SI PREVEDE DI RECUPERARE PER RILAVORAZIONI	у	261	$y' = \frac{y*12}{t}$	3137	BENEFICIO = x' + y' + z'	17989	
	PERDITA CHE SI PREVEDE DI RECUPERARE PER ALTRI FATTORI	z	250	$z' = \frac{z * 12}{t}$	3000			

Tabella 3. Analisi Benefici step 4 per problemi legati alla qualità del prodotto

	TIPOLOGIA COSTI	Co	sti	Costo totale per step		
		formula	[€]	formula	[€]	
	COSTO PREVENTIVO DEL TRAINING	I	600			
RIOR)	COSTO A PREVENTIVO DEL FORMATORE (INTERNO/ESTERNO)	m	0			
STEP 4 (PRIOR)	COSTO A PREVENTIVO INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO	n	1800	COSTO = l + m + n + q	2400	
	COSTO A PREVENTIVO DEL MATERIALE	q	0			

Tabella 4. Analisi Costi step 4 per problemi legati alla qualità del prodotto

Come si osserva in Figura 77, i benefici sono molto più alti rispetto ai costi, il rapporto *B/C* ha dato come risultato 7,49, quindi dall'analisi preliminare effettuata è stato determinato che sarebbe stato conveniente attaccare le perdite dovute a difetti di qualità.

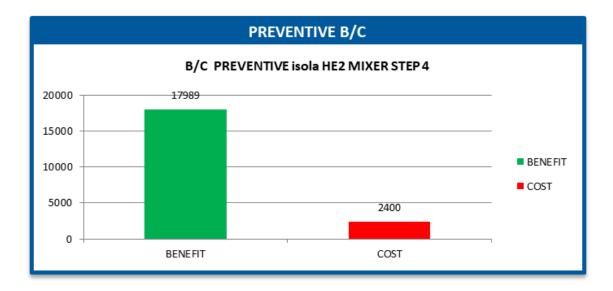


Figura 77. Analisi B/C preventiva relativa alle perdite legate alla qualità del prodotto

Quindi si è partiti identificando quale, tra le tante problematiche di qualità, fosse la più impattante a livello di costi. Per fare ciò è stata calcolata a livello economico la perdita settimanale e a quale pezzo fosse legata. Dalla Figura 78 si deduce che quasi tutti i difetti erano dipesi da scarti di saldatura dell'idroformato.

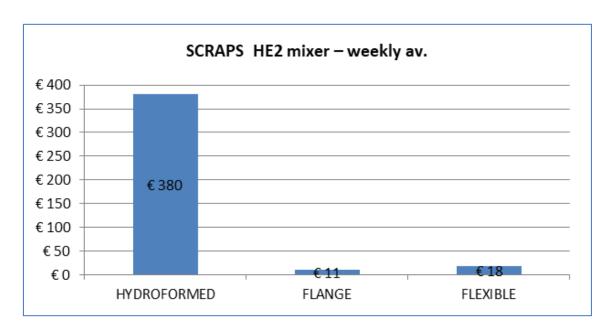


Figura 78. Perdita economica suddivisa per i pezzi che vendono saldati nell'OP 10 dovuta a difetti di qualità

Le problematiche principali che si sono presentate in merito ai difetti di qualità erano sostanzialmente due:

• Saldatura perforata, visibile in Figura 79:

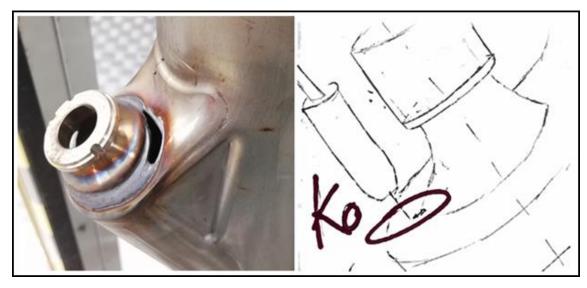


Figura 79. schizzo e foto di una Saldatura perforata tra ogiva e idroformato

Mancanza di compenetrazione, visibile in Figura 80:

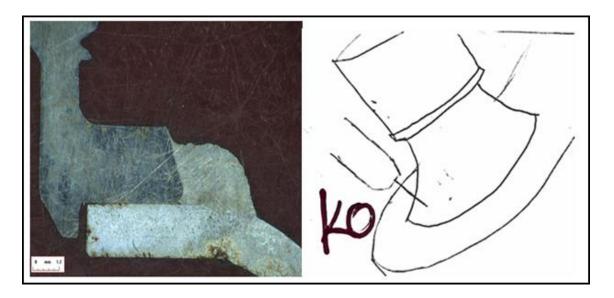


Figura 80. Schizzo e foto di una saldatura con mancanza di compenetrazione tra ogiva e idroformato

La fase successiva è stata quella di andare a comprendere la causa scatenante i due fenomeni citati sopra. Per fare ciò sono stati analizzati tutti i fenomeni e i paramenti attraverso i quali avviene la saldatura e quindi i difetti legati ad essa.

Seguendo gli step che prevede la procedura *PDCA* è stato fatto un *kaizen* sul supporto per il tubo idroformato. Infatti dall'analisi dei *5 Whys,* mostrata in Tabella 5, è stata determinata la necessità di sostituire il supporto fisso con un sistema a spinta pneumatica che permettesse un'auto sistemazione del tubo idroformato in funzione della tolleranza.

5 WHYs

Factor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	Actions
Saldatura circolare perforata o "incollata"	La saldatura non è ripetitiva	non è ripetitiva	Le tolleranze del tubo idroformato comportano delle variazioni sul posizionamento	La macchina non è progettata per rispettare le tolleranze del tubo	L'appoggio del tubo è rigido	Modifica dell'attrezzatura utilizzando un sistema di spinta pneumatica che regoli la posizione del tubo la posizione del tubo in funzione della tolleranza

Tabella 5. Analisi 5 Whys

A distanza da una settimana dall'idea di modifica e dalle soluzioni che sono state proposte il pilastro PM ha messo in atto le modifiche richieste sul supporto come visibili in Figura 81.

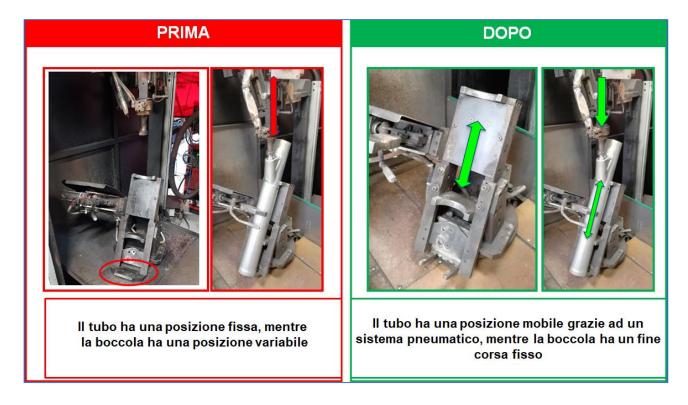


Figura 81. Prima e dopo della modifica del supporto per il tubo idroformato

Ovviamente, come previsto dal *WCM*, prima di confermare che la modifica abbia realmente apportato un vantaggio alla macchina, sono stati fatti i dovuti controlli servendosi della *X – Matrix*, della *QM – Matrix* e del *5QF0D*.

Nella Tabella 6 vi è *l'X-Matrix*, fondamentale per definire le possibili anomalie ed associarle alle attrezzature responsabili. Questa matrice deve essere letta a partire dal difetto quindi, spostandoci in senso antiorario, ci sono tutte le possibili problematiche che possono portare a fenomeni anomali. Ruotando si determina la relativa componentistica a cui fanno riferimento i fenomeni anomali e ruotando nuovamente si può leggere quale deve essere la condizione per un corretto funzionamento della macchina.

M	AGN	E					ХМ	ATR	XIX				H2 M	IXER	MAC	HINE	NE OP 10 saldatura ogiva - idroformate		oformato	
×										Assi tornio 👫										×
	X									Sistema basculante								×		
		X								Rulli traina filo								×		
			×							Massa							×			
				X						Generatore 🗐						×				
					X					Guaina					×					
						X				Punta guida filo 🔊				X						
							X			Filo sld			×							
								X		Diffusore 🥩		×								
									X	Flussimetro	X									
pondenza del asse rotazione	sculante deve spinta dell'ogiva stone idraulico	(pulizia ogni 300 gni 5000 pz)	egro (ok/nok)	= 3-5	asata (Pulizia ni 300 pz)	Cambio punta 50 pz)	mm da punta	e pulito (pulizia i0pz)	0-15 NL/min	WACHINE COMPONEN A ABNORMAL PHENOMENA WASHING MENA WASHING WE MAN AND AND AND AND AND AND AND AND AND A		A						001	H	25
Indice in corrispondenza del taglio su tavola asse rotazione	Il sistema basculante deve muoversi con la spinta dell'og da parte del pistone idraulic	i non usurati pz, cambio o	cavo massa integro (ok/nok)	V=5-7; I=3-5	Guaina non intasata (Pulizia guaina ogni 300 pz)	Punta integra (Cambio punta progr. 50 pz)	Stick out 10/12mm da punta	Diffusore integro e pulito (pulizia ogni 50pz)	Portata gas 10-15 NL/min	NAL	Portata gas fuori range	Diffusore gas torcia sid usurato	Stick out non regolato	Punta guida filo usurata	Guaina scorrimento filo intasata	Parametri sld [V,I] non regolati	Massa posizionata in modo errato	Rulli traina filo sporchi e usurati	Bloccaggio del sistema basculante	Assi tornio non azzerati
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	difetti di saldatura	X	X	X	×	X	X	×	×	X	X

Tabella 6. X-Matrix

Una volta giunti a questo punto è stato necessario servirsi della *QM – Matrix, tool* fondamentale all'interno del quale vengono non solo definiti i parametri che devono essere verificati, ma anche i valori di riferimento, la frequenza, il tipo di controllo e l'impatto che lo scostarsi da essi comporta in termini di difetti. La *QM – Matrix*, visibile in Tabella 7, è quindi necessaria per determinare dei parametri critici che devono essere monitorati durante la produzione.

Il passo successivo è stato *5QFOD* che è l'acronimo di *5 domande per 0 difetti,* il cui obiettivo è quello di verificare se le modifiche implementate abbiano raggiunto l'obiettivo. Il *tool* è strutturato attraverso una serie di 5 domande a cui bisogna rispondere per ogni componente interessato prima e dopo aver implementato le modifiche, sulla base delle risposte si ottiene un punteggio che viene poi riportato sotto forma di percentuale rispetto al massimo ottenibile, che prende il nome di *Q - Factor*.

Nel nostro caso è stato ottenuto un punteggio iniziale di *Q - Factor* di 77,6%, mentre dopo l'implementazione delle modifiche si è raggiunto l'82,4%.

	MAGNET			Il sistema basculante deve muoversi con la spinta dell'ogiva da parte del pistone idraulico	Rulli non usurati (pulizia ogni 300 pz, cambio ogni 5000 pz)	cavo massa integro (ok/nok)	V=5-7; I=3-5	Guaina non intasata (Pulizia guaina ogni 300 pz)	Punta integra (Cambio punta progr. 50 pz)	Stick out 10/12mm da punta	Diffusore integro e pulito (pulizia ogni 50pz)	Portata gas 10-15 NL/min
		Component	assi tornio	sistema basculante	rulli traina filo	massa	generatore	guaina	punta guida filo	filo sld	diffusore	flussimetro
	STANDARD	Parameter	verifica indice	verifica movimento sistema basculante	verifica rulli programmato	verifica massa	verifica visiva parametri nel range	pulizia guaina cambio bobina	cambio punta ogni 50 pz	stick out 10-12mm da punta	verifica stato diffusore	portata gas 10-12 NL/min
QM- Matrix		Reference Value					V=6 I=4			11		11
		Tollerance					±1			±1		±1
		Measuring Tool	visivo	visivo	pannello di controllo	visivo	visiva	pannello di controllo	pannello di controllo	pinza	visivo	visivo
	CHECK	Frequency	inizio turno	ogni pezzo	al cambio bobina	inizio turno	inizio turno	al cambio bobina	ogni 50 pz	ogni cambio punta	ogni cambio punta	inizio turno
		Responsability [AM / PM]	AM	AM	PM	PM	PM	PM	AM	AM	AM	AM
1		Standard Document	SOP3	Q3	SMP	SMP	SMP	SMP	Q2	SOP2	Q1	SOP1
		Q POINT		Q					Q		Q	
		HIGH		Н					Н		Н	
	IMPACT	MEDIUM				М	М	M		М		
		LOW	L		L							L

Tabella 7. QM - Matrix

Come mostrato nella Tabella 7 sono state determinate tre verifiche necessarie e notevolmente impattanti in termini di qualità del prodotto:

- Verifica del movimento del sistema basculante;
- Condizione, integrità e cambio della punta di saldatura ogni 50 pezzi;
- Pulizia e integrità del diffusore.

Pertanto, a seguito dei vantaggi ottenuti e dell'azzeramento dei difetti dovuti a problemi legati alla qualità, è risultato necessario aggiungere queste tre ispezioni al *CILR Calendar*, e creare conseguentemente le rispettive *SOP*.

È stata fatta nuovamente l'analisi dell'*OEE* dopo aver effettuato l'attacco alle perdite legate alla qualità del prodotto ed il nuovo risultato è stato di 88,9% rispetto all'84,4% prima dell'implementazione delle modifiche (Figura 82).

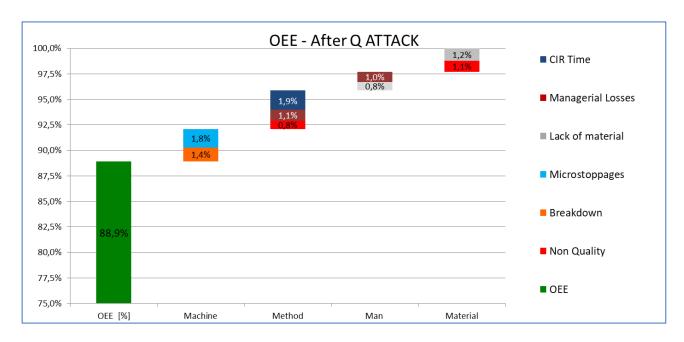


Figura 82. OEE dopo l'attacco alle perdite legate alla qualità

L'azione successiva, una volta giunti all'azzeramento delle perdite per problemi legati alla qualità del prodotto, è stata quella di andare ad attaccare le micro fermate in quanto fenomeno più impattante, come visibile nella Figura 82.

Anche per quanto riguarda le micro fermate è stato necessario eseguire un'analisi preventiva benefici/costi come visibile nella Tabella 8 e Tabella 9.

	TIPOLOGIA BENEFICI	Beneficio recupera mesi)	to nel tempo t (in	Beneficio stimat me	o in un anno (12 si)	Beneficio totale per step		
	DENEFICI	formula	[€]	formula	[€]	formula	[€]	
G	PERDITA CHE SI PREVEDE DI RECUPERARE PER SCARTO LEGATO A MICRO FERMATE	x	0	$x' = \frac{x * 12}{t}$	0			
STEP 4 (A PRIORI)	PERDITA CHE SI PREVEDE DI RECUPERARE PER RILAVORAZIONI	у	0	$y' = \frac{y*12}{t}$	0	BENEFICIO = x' + y' + z'	1287	
	PERDITA CHE SI PREVEDE DI RECUPERARE PER MICRO FERMATE	z	107	$z' = \frac{z * 12}{t}$	1287			

Tabella 8. Analisi Benefici step 4 per problemi legati a micro fermate della macchina

	TIPOLOGIA COSTI		Costi	Costo totale per step		
		formula	[€]	formula	[€]	
	COSTO PREVENTIVO DEL MATERIALE	I	400			
)R)3333	COSTO A PREVENTIVO DEL FORMATORE (INTERNO/ESTERNO)	m	110			
STEP 4 (PRIOR)3333	COSTO A PREVENTIVO INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO	n	150	COSTO = l + m + n + q	660	
	COSTO A PREVENTIVO DEL TRAINING	q	0			

Tabella 9. Analisi Costi step 4 per problemi legati a micro fermate della macchina

Come si può vedere nella Figura 83 i benefici sono maggiori rispetto ai costi, infatti il B/C è risultato di 1,95, valore quindi accettabile per proseguire con l'analisi relativa alle micro fermate.

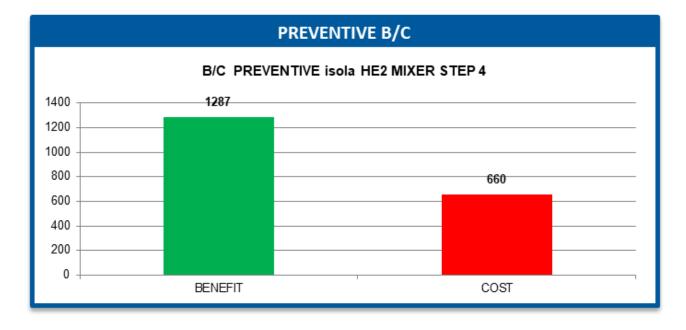


Figura 83. analisi B/C preventiva relativa alle micro fermate

Per poter comprendere al meglio le motivazioni delle micro fermate, che spesso si presentavano nel tornio di saldatura dell'isola produttiva in esame, è stato di fondamentale importanza analizzare la macchina nel suo complesso ed in particolare prendere in esame i sensori che la caratterizzano poiché rappresentavano gli elementi che più impedivano l'avvio della macchina. Quindi è stata creata una mappa come mostrato in Figura 84.

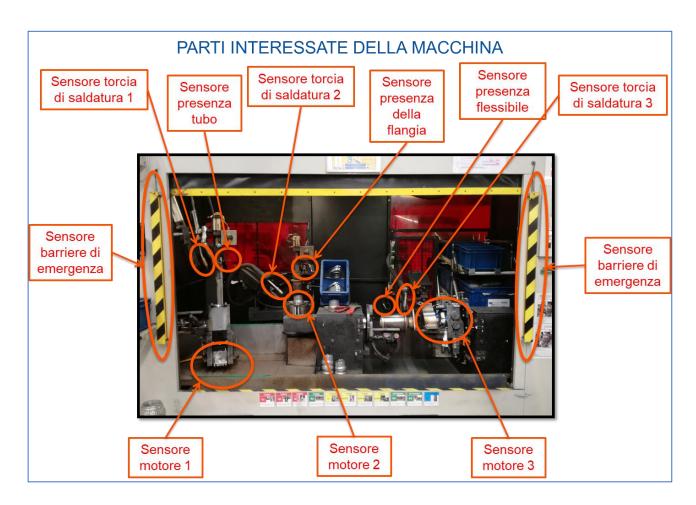


Figura 84. Parti interessate del tornio di saldatura

In Figura 84 sono evidenziati tutti i sensori che compongono il tornio di saldatura, in particolare i sensori di presenza, che rappresentano gli elementi fondamentali che consentono o meno l'avvio del ciclo, e i sensori delle barriere di emergenza, anch'essi di fondamentale importanza al fine di evitare incidenti. Quest'ultimi però non intervengono sull' avvio della macchina, ma interrompono il funzionamento di essa solamente in caso di pericolo, ovvero quando sono attraversati da un qualsiasi oggetto. Invece i sensori di presenza servono per accertare il corretto posizionamento del tubo idroformato, della flangia e del flessibile, condizione necessaria affinché la macchina possa essere avviata.

La fase successiva è stata quella di analizzare nel dettaglio il processo che viene seguito dalla macchina da quando inizia a quando finisce il ciclo, operazione fondamentale per determinare la motivazione che portava all'interruzione del ciclo o al non avvio dello stesso. In Figura 85 è mostrato il funzionamento del ciclo.

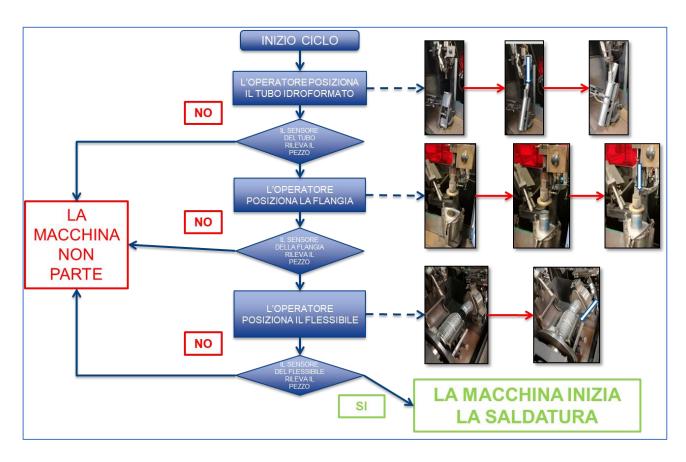


Figura 85. Diagramma di flusso del tornio di saldatura OP 10

Il passo successivo è stato quello di stabilire un target da raggiungere, e successivamente di confrontare quel valore con il tempo realmente perso per ogni fermata relativa ad ogni sensore. Il target è stato imposto a 5 minuti per settimana, valore che è poi risultato completamente differente dopo 3 settimane di analisi (Figura 86).

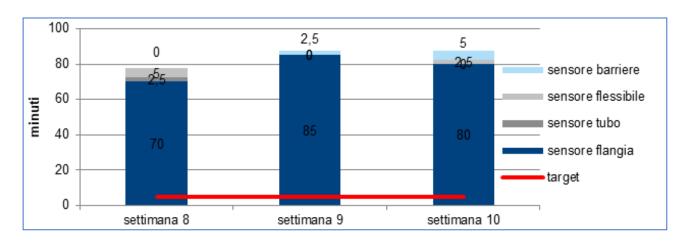


Figura 86. Raccolta dati delle micro fermate dei sensori

Come si può osservare in Figura 86 il sensore che ha creato più problemi di avvio della macchina è stato il sensore di presenza della flangia. Infatti nelle settimane di analisi la perdita per interruzioni causate da un mancato rilevamento del pezzo è stata tra i 70 e gli 85 minuti.

Durante l'analisi tra la settimana numero 8 e la 10 non sono stati raccolti solamente i dati relativi al tempo perso per ogni micro fermata, ma anche come le micro fermate si sono distribuite nell'arco della giornata lavorativa. Questo tipo di analisi è stata fatta per ogni sensore ma, essendo più problematico il sensore di presenza della flangia, è stato riportato il solo andamento di quest'ultimo, facendo una media del numero di fermate avvenute nell'arco delle settimane tra la 8 e la 10 incluse. Come si osserva in Figura 87, le ore del giorno vanno dalle 06:00 alle 22:00, questo perché l'isola produttiva lavorava su due turni giornalieri, in cui il cambio turno era alle 14:00.

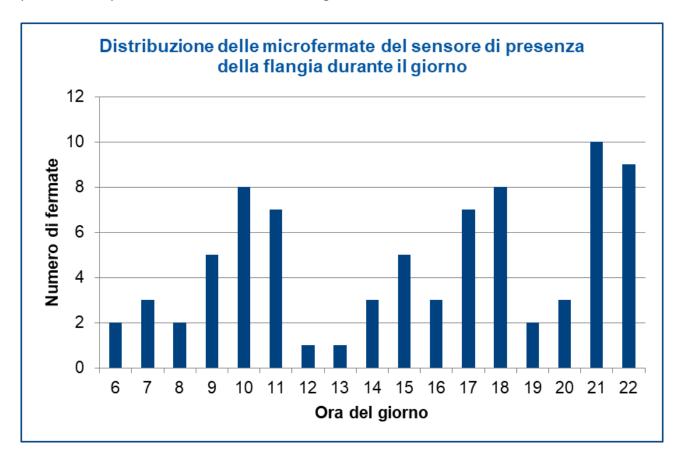


Figura 87. Distribuzione delle micro fermate del sensore di presenza della flangia durante il giorno

Osservando l'andamento delle micro fermate si può notare come in alcuni orari c'era una notevole ed evidente riduzione delle stesse, in particolare in corrispondenza delle 12:00 e delle 19:00, orari in cui era prevista la pausa di 30 minuti, tempo nel quale ovviamente la macchina non era in funzione. Questo andamento è stato necessario per comprendere quando avvenivano le micro fermate. Infatti, osservando con attenzione si nota in generale un andamento crescente nell'arco della giornata e, più nel dettaglio, quando la macchina lavora di continuo, mentre si osserva una riduzione appena dopo le pause.

Il *WCM* prevede di servirsi dei suoi strumenti per giungere alla determinazione delle cause che generano problemi e ci siamo serviti di due *tool* fondamentali:

- Il *5W+1H* è uno strumento che consente di descrivere il problema che avviene in una determinata macchina attraverso 6 domande. In Tabella 10 è mostrato quello usato nel nostro caso specifico.

WHAT	Cosa è suc	cesso? Che problema si è presentato?	Le performance della macchina sono basse a causa di continue fermate dovute a un malfunzionamento del sensore di presenza della flangia			
WHEN	o saltuaria/i	uccesso? Si è verificato durante una lavorazione continua intermittente? In che fase di produzione (all'avvio, urno, casualmente, in fase di cambio tipo o di cambio	Le fermate avvengono quando la macchina lavora di continuo (non dopo un numero definito di pezzi), ci sono poche microfermate dopo il cambio turno e dopo le pause			
WHERE	Su che part	sto il fenomeno ? (Linea, Macchina, robot) e o materiale in particolare hai visto il fenomeno ? mente si è evidenziato il problema ?	II fenomeno si presenta principalmente sul sensore di presenza della flangia			
WHO	Oppure suc	il fenomeno ? Tutti ? cede solo con alcuni operatori o alcuni turni ? ini quale comportamento specifico può aver causato il	Accade con tutti gli operatori e non è relativo alle loro abilità o conoscenza della macchina			
WHICH	Che trend h Per esempi cambio turn	eristiche sono legate al fenomeno ? a il fenomeno ? o il fenomeno è più frequente il lunedì mattina, o dopo il o, o dopo il cambio tipo ? E' di natura casuale ? zioni avviene ?	Accade maggiormente al sensore della flangia, casualmente anche agli altri sensori			
HOW	Come è can	rerificato il fenomeno? nbiato lo stato delle macchine rispetto alle condizioni e il fenomeno avviene, con che frequenza (ogni ora, ogni mese)?	Il sensore non identifica la presenza del pezzo			
Descrizione Fenomeno:		l'effettiva presenza del pezzo nel luogo	ica legata al sensore della flangia che non rileva in cui è posizionato, questo tende a non funzionare ite, e il numero dei sui malfunzionamenti si riduce orrelazioni con gli operatori			

Tabella 10. 5W+1H

• Il *5Whys* è uno strumento che consiste nel rispondere alla domanda "perché?" finché non si giunge alla causa radice del problema. Normalmente attraverso 5 domande si riesce già ad arrivare ad una prima risposta. In Tabella 11 è riportato l'utilizzo dello strumento nel nostro caso specifico.

Factor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	Actions
II PLC casualmente non consente di avviare il ciclo	Il sensore di presenza della flangia non è in grado di rilevare il pezzo	Quando la macchina lavora di continuo il sensore perde la sensibilità alla presenza	Perchè si surriscalda il sensore di presenza	perchè è montato vicino alla zona dove avviene la saldatura	Perchè è l'unica posizione disponibile	Sostituire il sensore attuale con uno nuovo resistente alle alte temperature

Tabella 11. 5Whys

Giunti a questo punto è stato quindi determinato il problema: il sensore che era stato utilizzato fino a quel momento era un sensore che risentiva delle variazioni termiche, e soprattutto alle alte temperature non era in grado di funzionare correttamente. Quindi è stata contattata l'azienda fornitrice dei sensori di presenza e sono stati acquistati alcuni che avevano come caratteristica la maggiore resistenza alle variazioni termiche per fare delle prove. Nella settimana successiva sono stati montati i nuovi sensori e la macchina è stata messa ancora una volta sotto analisi per 2 settimane per verificarne l'effettivo buon funzionamento.

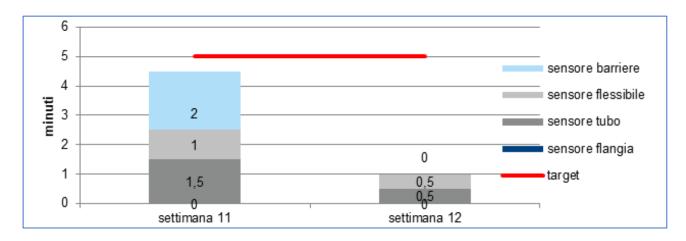


Figura 88. Raccolta dati delle micro fermate con i nuovi sensori resistenti alle alte temperature

In Figura 88 si può notare il netto miglioramento apportato grazie ai nuovi sensori resistenti alle alte temperature. Il vantaggio apportato ha fatto sì che questa tipologia di sensori venisse montata non solo sull'*HE2 MIXER* ma anche su tutti gli altri torni di saldatura all'interno dell'impianto.

Si è quindi verificato il nuovo valore di *OEE*, visibile in Figura 89.

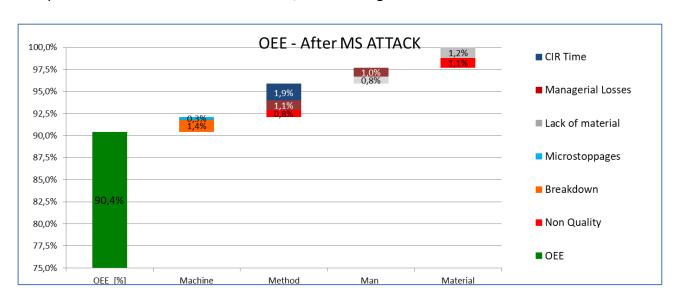


Figura 89. andamento OEE a fine step 4

Si può osservare come l'*OEE* sia ovviamente salito fino a 90,4% mentre di conseguenza sono scese le perdite legate alle micro fermate. Nonostante l'attacco a quest'ultime sia stato particolarmente efficace non è stato possibile azzerarle del tutto poiché, come visto in precedenza, ci sono state altre micro fermate dovute a motivi ancora ignoti.

A questo punto si può definire lo *step 4* concluso e non resta altro che mostrare i risultati finali dello *step 4*.

• Andamento tempistiche delle attività previste dal calendario CILR:

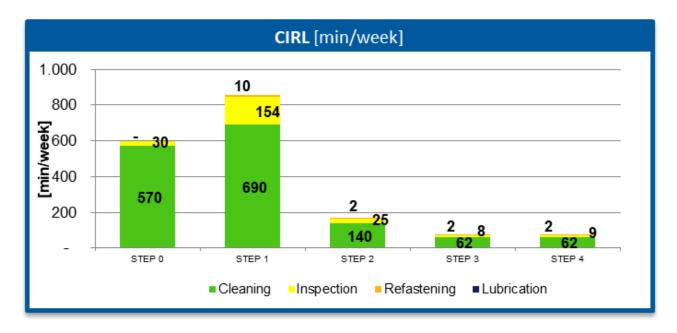


Figura 90. Andamento tempi calendario CILR

L'abitudine da parte degli operatori a compiere regolarmente le operazioni di manutenzione e pulizia ha ridotto notevolmente le tempistiche per il completamento del calendario *CILR* rendendole allo stesso tempo anche più efficaci.

Andamento dei guasti dovuti ad AM:

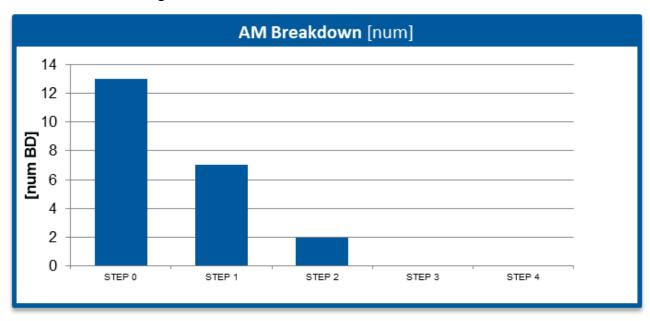


Figura 91. Andamento dei guasti dovuti a mancanza di condizione di base

Come già evidenziato in precedenza, allo *step 3* e allo *step 4* non devono essere presenti i guasti per mancanza di condizione di base.

• Andamento dell'OEE della macchina OP 10:

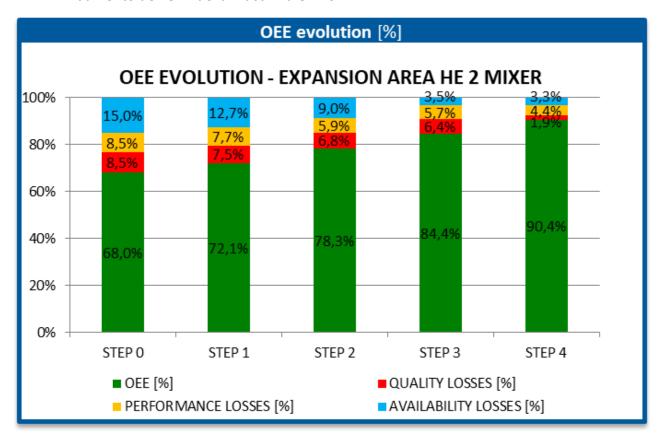


Figura 92. Andamento dell'OEE della macchina OP 10

Andamento tag:

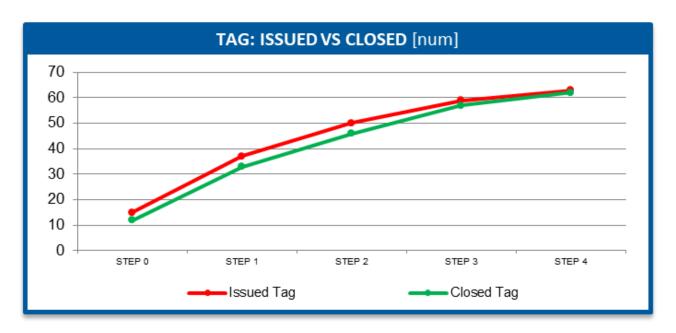


Figura 93. andamento tag aperti e chiusi

Procedendo lungo gli step c'è stato un'evidente riduzione dei *tag* aperti perché le problematiche nell'isola produttiva si sono ridotte grazie ai miglioramenti apportati. E' stato quindi molto più facile da parte della manutenzione risolvere quelli presenti, come visibile in Figura 93 in cui i *tag* aperti sono 63, mentre quelli risolti sono 62.

• Analisi *B/C*:

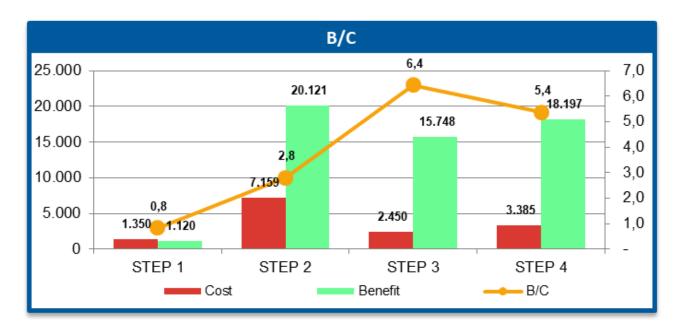


Figura 94. Andamento analisi B/C

Nello step 4 è stato eseguito il calcolo delle spese effettivamente effettuate, quindi il risultato

dell'analisi *B/C* dello step 4, come si osserva in Figura 94, è diverso da quello calcolato preventivamente. Infatti l'analisi preventiva è stata più ottimistica rispetto al costo poi effettivo: era stato preventivato un risparmio di circa 1000€ in più e un costo di circa 300€ in meno rispetto a quello reale, ciò nonostante che il valore *B/C* abbia dato un risultato molto maggiore di 1 e quindi le modifiche apportate abbiano dato un risultato generale positivo.

Di seguito sono riportate le equazioni utilizzate per calcolare il valore dei benefici e dei costi a consuntivo:

$$B_{step4_cons} = (x + y + z) \cdot \frac{12}{t}$$

$$C_{step4_cons} = l + m + n + q \cdot \frac{12}{t}$$

In cui:

- x → Delta perdita recuperata per guasti dovuti a difetti legati alla qualità e a micro fermate;
- y → Delta perdita recuperata per rilavorazioni;
- z → Delta perdita recuperata per altri fattori sia legati alla qualità del prodotto sia alle micro fermate;
- ullet Ore di manodopera impiegate per effettuare interventi di miglioramento moltiplicate per il costo orario dell'operatore;
- $m \rightarrow$ Ore del formatore, se interno, moltiplicate per il costo orario della manodopera;
- n → costo della società di training, se esterna;
- q → Costo del materiale;
- $t \rightarrow$ periodo di tempo considerato, espresso in mesi.

6. Risultati e Prospettive

Come già visto nei capitoli precedenti, delle macchine che compongono l'isola *HE2 MIXER*, solamente due sono state indagate per migliorare la loro efficienza e ridurre al minimo gli scarti, le altre sono state messe da parte perché risultavano meno problematiche dal punto di vista della loro efficienza, ma saranno prese in considerazione quando risulteranno quelle più impattanti a livello di performance, ovvero quando saranno classificate di tipo *AA*.

Il tornio di saldatura *OP 10* è stato migliorato portandolo fino allo *step 4* raggiungendo un livello di *OEE* di 90,4%, mentre il robot di saldatura *OP 20* è stato portato fino allo *step 3* con un punteggio *OEE* di 85,7%.

Il percorso di miglioramento che devono seguire le macchine analizzate nell'elaborato non deve arrestarsi qui, infatti l'obiettivo ultimo è quello di portare tutti i macchinari dell'impianto al livello di miglioramento dello *step 7* così da massimizzarne l'efficienza di tutto l'impianto. Ma prima di poter raggiungere questo risultato è necessario estendere i miglioramenti su tutte le macchine della stessa tipologia utilizzando lo stesso modello sperimentato nell'isola produttiva *HE2 MIXER*. Gli *step* successivi sono finalizzati da adeguare i pilastri *Focused Improvement* e *Quality Control* che mirano ad eliminare tutte le perdite che riguardano gli errori umani, le metodologie e i materiali utilizzati. Infine si dovrà giungere agli step proattivi, ovvero il 6 e il 7, per standardizzare ed evitare procedure che si discostano da quelle previste. Infine sarà necessario espandere, secondo le politiche aziendali, la standardizzazione delle procedure implementate in tutto l'impianto produttivo.

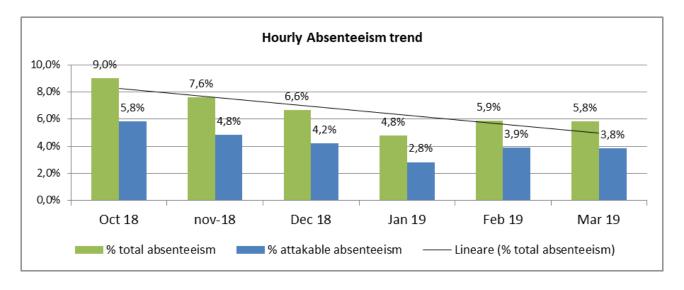


Figura 95. trend orario dell'assenteismo dell'impianto

Guardando più in generale il coinvolgimento degli operatori, non solo attraverso le attività legate ai pilastri ma anche alle attività extra lavorative organizzate dall'azienda, si è osservato un notevole calo dell'assenteismo, come visibile in Figura 95.

Mentre in Figura 96 si può osservare il miglioramento negli anni che c'è stato in termini di produttività.

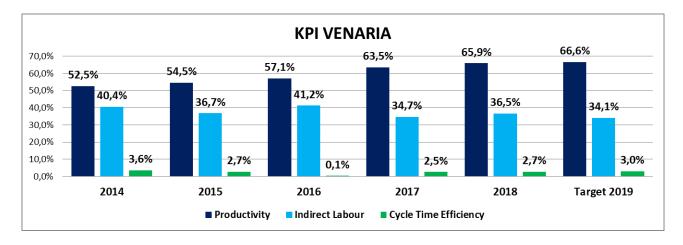


Figura 96. KPI plant Magneti Marelli Exhaust Systems S.p.A. di Venaria

I risultati raggiunti sono stati di grande rilievo non solo dal punto di vista dei miglioramenti alle funzionalità delle macchine, ma anche nella gestione del personale per l'incremento dell'attenzione degli operatori coinvolti nel rendere la loro isola produttiva e il loro impianto migliore. Il coinvolgimento del personale coinvolto è stato fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi che erano stati prefissati, poiché gli operatori, essendo in continuo contatto con i macchinari, sanno e conoscono bene ciò che può essere migliorato e più si sentono parte integrante dell'azienda più si propongono attivamente per indicare le soluzioni migliori al raggiungimento dei risultati.

Al fine di esaminare i risultati ottenuti in modo semplice ed organizzato si è scelto di utilizzare uno strumento molto conosciuto nell'ambito della pianificazione strategica, l'analisi *SWOT* che è l'acronimo di *Strenght, Opportunities, Weaknesses, Threats*, ovvero uno schema strutturato che serve per valutare i punti di forza, le opportunità, i punti di debolezza e le minacce di un programma in cui bisogna prendere delle decisioni per raggiungere un obiettivo.



Figura 97. Analisi SWOT

Il Figura 97 si possono osservare quali sono stati i risultati ottenuti a seguito della *SWOT Analysis*, ed in particolare si può notare come nei punti di forza sono emerse caratteristiche fondamentali per fare in modo che in un ambiente lavorativo ci sia benessere. Infatti, in assenza di questo vengono a mancare le fondamenta per la costruzione di un impianto produttivo competente e di sapere che bisogna avere uno spirito adattativo per poter affrontare le nuove metodologie e i nuovi cambiamenti che, una volta raggiunti, dovranno essere implementati ed estesi in tutti gli impianti. La problematica che emerge quando ci sono cambiamenti metodologici è quella di istruire le persone a seguirli rigorosamente. Inizialmente nasceranno difficoltà e problemi che devono essere superati attraverso l'incremento rapido delle competenze ed infine, solo grazie alla collaborazione congiunta di tutte le funzioni aziendali, si può raggiungere l'obiettivo ultimo prefissato dall'impianto.

Uno dei problemi maggiori, che ho riscontrato personalmente con molti operatori, è il fattore culturale. Infatti la metodologia *WCM*, essendo giapponese ed essendo entrata nel gruppo *FCA* da pochi anni, ancora non si è radicata completamente negli impianti produttivi. Lo scetticismo nell'uso delle nuove metodologie da parte degli operatori compromette molto spesso i possibili benefici che sono raggiungibili solo attraverso esse.

7. Conclusioni

Il lavoro di tesi svolto, descritto in questo elaborato, mi ha permesso di scoprire e conoscere i rami che abbracciano la metodologia *World Class Manufacturing* e di approfondire nel dettaglio il pilastro tecnico *Autonomous Maintenance*. Ho avuto l'opportunità di collaborare con tutti gli altri pilastri che compongono il *WCM*, in particolare con la *Professional Maintenance* e il *Quality Control*, pilastri con i quali sono state svolte molteplici analisi e miglioramenti a stretto contatto.

Il percorso è iniziato partendo da un'iniziale descrizione della metodologia cercando di comprenderne le logiche, i principi e le strategie che la compongono. Successivamente sono andato ad analizzare tutti gli step e gli strumenti utilizzabili per definire prima e poi raggiungere l'obiettivo costruendo un percorso chiaro.

Come detto nei capitoli riguardanti l'applicazione del pilastro tecnico *AM* si è partiti definendo un piano d'azione della durata di circa 6 mesi: lo dallo *step 1* è iniziato a ottobre 2018 per arrivare al completamento dello *step 4* a marzo 2019, settimana dell'*audit*.

Il percorso iniziale è stato più difficoltoso perché è stato necessario coinvolgere gli operatori ancora ignari delle migliorie che si sarebbero venute a generare lungo questo periodo. Inoltre le operazioni che riguardano i primi 3 step dell'*Autonomous Maintenance* hanno comportato un aumento di lavoro per gli operatori senza che essi abbiano potuto apprezzarne i benefici, i quali sono risultati evidenti solamente durante lo *step 3*, quando si è osservato il miglioramento soprattutto in termini di tempistiche dedicate al *CILR calendar*.

Si è entrati nel vivo dell'azione con lo *step 4*, grazie alla collaborazione del *Quality Control* e della *Professional Maintenance*. Con l'attacco alle cause che portavano alle perdite di efficienza nell'*OP 10* che si è riusciti ad ottenere i primi risultati in termini di qualità di prodotto. Successivamente, con l'attacco alle micro fermate e la loro risoluzione si è apportato un grande miglioramento di processo ed un evidente miglioramento della produttività. Le azioni intraprese sono state la modifica della parte della macchina preposta al supporto del tubo idroformato, che è stato sostituito con uno pneumatico. Con questo cambiamento è stato garantito il corretto posizionamento della boccola e conseguentemente l'assicurazione di una saldatura ottimale. Inoltre sono stati sostituiti tutti i sensori di presenza del pezzo da saldare utilizzando un modello più adatto in quanto resistente alle alte temperature.

Il tutto ha apportato notevoli miglioramenti trasformando quella che era una delle isole produttive con le maggiori perdite economiche (circa 2100€/mese) ad essere una delle più efficienti del *plant* (circa 160€/mese).

Acronimi

Acronimo Significato

4M+1DMan, Machine, Method, Material, Design5W+1HWhat, When, Where, Who, Witch, Wow

AM Autonomous Maintenance

B/C Benefit/Cost

BDM Breakdown Maintenance

BL Business Line

CBM Condition Based Maintenance

CD Cost Deployment

CM Corrective Maintenance

EEM Early Equipment Management
EPM Early Product Management

EX Exhaust systems

EWOEmergency Work OrderFCAFiat Chrysler AutomobilesFIFocus Improvement

FTQ First Time Quality
FTT Failures Total Time

HERCA Human Error Root Cause Analysis

HBM Hit Based Maintenance

JIT Just in Time

KAI Key Activity Indicators
KPI Key Performance Indicators

LOG Logistics

MLMachine LedgerMMMagneti Marelli

MM - EXMagneti Marelli Exhaust SystemsMPMManufacturing Process Management

MTBF Mean Time Between Failure

MTTRMean Time To RepairNVAANon Value Added Activity

OEE Overall Equipment Effectiveness

OT Operating Time

PDPeople DevelopmentPDCAPlan, Do, Check, Act

PM Professional Maintenance
PPT Planned Production Time

QCQuality ControlQKQuick Kaizen

R&D Research & Development

RCA Root Cause Analysis

SMPStandard Maintenance ProcedureSOPStandard Operation ProcedureTIETotal Industrial EngineeringTBMTime Based Maintenance

TPMTotal Productive MaintenanceTPSToyota Production SystemTQMTotal Quality ManagementTWTTPThe Way To Teach PeopleUTEUnità Tecnologica Elementare

VSM Value Stream Map

WCM World Class Manufacturing
WO Workplace Organization

Indice delle figure

Figura 1. Vecchio Logo Magneti Marelli	5
Figura 2. Logo Magneti Marelli	6
Figura 3. Logo Calsonic Kansei	7
Figura 4. Logo Marelli	7
Figura 5. Aree Business Magneti Marelli S.p.A	8
Figura 6. Layout plant Exhaust Systems di Venaria Reale	9
Figura 7. Modello di sistema di scarico	10
Figura 8. Collettore di scarico	11
Figura 9. Convertitore catalitico	11
Figura 10. Filtro anti-particolato	12
Figura 11. Silenziatore	13
Figura 12. Terminali di scarico	13
Figura 13. Confronto performance level con e senza l'applicazione del WCM	14
Figura 14. Metodologia del WCM	15
Figura 15. Tempio WCM	18
Figura 16. Step Safety	19
Figura 17. Step Cost Deployment	20
Figura 18. Step Focused Improvement	21
Figura 19. Step Autonomous Maintenance	22
Figura 20. Step Workplace Organization	23
Figura 21. Step Professional Maintenance	24
Figura 22. Step Quality Control	25
Figura 23. Step Logistics & Customer Service	26
Figura 24. Step Early Equipment Management Figura 25. Step Early Product Management	27
Figura 26. Step People Development	28
Figura 27. Step Environment & Energy	29
Figura 28. Logo WCM	30
Figura 29. Legenda compilazione celle calendario CILR	37
Figura 30. Piano di azione	38
Figura 31 Visual management: dispositivi visivi	39
Figura 32. Esempio di andamento dell'OEE	41
Figura 33. Esempio di perdite relative ad ogni causale	42
Figura 34. Quality Maintenance 7 step	42
Figura 35. Pareto relativo alla C-Matrix	48
Figura 36. Masterplan	49
Figura 37. Prodotto finito dell'isola produttiva HE2 MIXER	49
Figura 38. Layout isola HE2 MIXER	50
Figura 39. Prima stazione di saldatura dell'OP 10	50
Figura 40. Seconda stazione di saldatura dell'OP 10	50
Figura 41. Terza stazione di saldatura dell'OP 30	51
Figura 42. prodotto dopo l'OP 20	51

Figura 43. Mixer	51
Figura 44. Radar chart team di progetto	52
Figura 45. Mappa dei rischi dell'isola HE2 MIXER	52
Figura 46. Prima e dopo aver ordinato gli strumenti di pulizia	53
Figura 47. Prima e dopo la sistemazione delle punte della saldatrice	54
Figura 48. Condizioni prima e dopo la pulizia di alcune attrezzature	54
Figura 49. Calendario CILR provvisorio	55
Figura 50. Andamento tempi calendario CILR	56
Figura 51. Andamento guasti	57
Figura 52. Evoluzione OEE	57
Figura 53. Andamento tag aperti e chiusi	58
Figura 54. Analisi B/C	58
Figura 55. Mappa HAA e SOC	60
Figura 56. Quick kaizen OP10	62
Figura 57. Before - After che mostra le modifiche effettuate	62
Figura 58. Andamento tempi calendario CILR	63
Figura 59. Andamento guasti	63
Figura 60. Andamento OEE	64
Figura 61. Andamento tag aperti e chiusi	65
Figura 62. Analisi B/C	65
Figura 63. Calendario CILR all'inizio dello step 3	67
Figura 64. Checklist PM -> AM	68
Figura 65. Visual Management nel tornio OP 10	69
Figura 66. Sistema di pulizia automatica della torcia di saldatura	69
Figura 67. Before - After che mostra lo spostamento dei flussimetri	70
Figura 68. Feritoie e cassetti	70
Figura 69. SOP (Standard Operation Procedure)	71
Figura 70. Andamento tempistiche calendario CILR	72
Figura 71. Andamento guasti	72
Figura 72. Andamento OEE	73
Figura 73. Andamento tag aperti e chiusi	74
Figura 74. Analisi B/C	74
Figura 75. OEE iniziale, diviso per le 4 macro categorie	76
Figura 76. OEE iniziale, diviso per macro e micro categorie	77
Figura 77. Analisi B/C preventiva relativa alle perdite legate alla qualità del prodotto	
Figura 78. Perdita economica suddivisa per i pezzi che vendono saldati nell'OP 10 dovuta a	a difetti
di qualità	79
Figura 79. schizzo e foto di una Saldatura perforata tra ogiva e idroformato	79
Figura 80. Schizzo e foto di una saldatura con mancanza di compenetrazione tra ogiva e	
idroformato	80
Figura 81. Prima e dopo della modifica del supporto per il tubo idroformato	81
Figura 82. OEE dopo l'attacco alle perdite legate alla qualità	
Figura 83. analisi B/C preventiva relativa alle micro fermate	

Figura	84. Parti interessate del tornio di saldatura	86
Figura	85. Diagramma di flusso del tornio di saldatura OP 10	87
Figura	86. Raccolta dati delle micro fermate dei sensori	87
Figura	87. Distribuzione delle micro fermate del sensore di presenza della flangia durante il giorn	0
		88
	88. Raccolta dati delle micro fermate con i nuovi sensori resistenti alle alte temperature	
Figura	89. andamento OEE a fine step 4	90
Figura	90. Andamento tempi calendario CILR	91
Figura	91. Andamento dei guasti dovuti a mancanza di condizione di base	92
Figura	92. Andamento dell'OEE della macchina OP 10	92
Figura	93. andamento tag aperti e chiusi	93
Figura	94. Andamento analisi B/C	93
Figura	95. trend orario dell'assenteismo dell'impianto	95
Figura	96. KPI plant Magneti Marelli Exhaust Systems S.p.A. di Venaria	96
Figura	97. Analisi SWOT	97

Indice delle tabelle

Tabella 1. Piano di azione delle zone di difficile accesso HAA	61
Tabella 2. Piano di azione delle zone fonti di sporco SOC	61
Tabella 3. Analisi Benefici step 4 per problemi legati alla qualità del prodotto	77
Tabella 4. Analisi Costi step 4 per problemi legati alla qualità del prodotto	78
Tabella 5. Analisi 5 Whys	80
Tabella 6. X-Matrix	82
Tabella 7. QM - Matrix	83
Tabella 8. Analisi Benefici step 4 per problemi legati a micro fermate della macchina	84
Tabella 9. Analisi Costi step 4 per problemi legati a micro fermate della macchina	85
Tabella 10. 5W+1H	89
Tabella 11. 5Whys	89

Sitografia

- https://www.magnetimarelli.com/it/azienda
- https://www.magnetimarelli.com/it/azienda/la-nostra-storia
- https://www.magnetimarelli.com/it/business_areas/exhaust-systems
- https://www.magnetimarelli.com/it/press room/documenti
- https://dirigentindustria.it/industria/world-class-manufacturing-e-industria-4.0-alla-basedella-ripresa-del-gruppo-fca.html
- https://it.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System
- https://museum-madness.blogspot.com/2011/11/total-industrial-engineering-hyamashina.html
- https://it.wikipedia.org/wiki/Total_Productive_Maintenance
- https://www.mitconsulting.it/tpm-total-productive-maintenance/
- https://it.wikipedia.org/wiki/Just_in_time_(produzione)
- https://www.wcm.fcagroup.com/it-it/development_center/Pages/audit_system.aspx
- https://www.startmag.it/smartcity/calsonic-kansei-kkr-magneti-marelli/
- https://www.magnetimarelli.com/it/press_room/notizie/calsonic-kansei-e-magneti-marelli-si-uniscono-sotto-un-nuovo-marchio-globale-%E2%80%93
- https://europe.autonews.com/suppliers/how-calsonic-and-marelli-are-being-stitched-together-create-japanese-italian-megasupplier
- https://www.adnkronos.com/soldi/finanza/2018/10/22/magneti-marelli-passa-calsonic-kansei-per-miliardi 1f9RGeq7tX0kXa3hcAopEK.html?refresh ce

Bibliografia

- Amadio A. (2017), World Class Manufacturing, FrancoAngeli, Milano.
- WCM FCA, standard book_AM
- Banca dati Magneti Marelli
- Banca dati FCA
- Bonfiglioli Consulting, 2012, Lean World Class. Una risposta concreta ed efficace per diventare più competitivi, Franco Angeli.