



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

**SCRUM applicata a progetti di miglioramento della capacità
produttiva: il caso Collins Aerospace**

Relatore:
Prof. Sabrina Grimaldi

Candidato:
Francesco Frenca

Novembre 2024

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 4 |
| 2. AZIENDA E PRODOTTO | 6 |
| 2.1. STORIA..... | 6 |
| 2.2. PRODOTTO | 7 |
| 3. IL PROCESSO PRODUTTIVO | 9 |
| 3.1. CICLO PRODUTTIVO | 9 |
| 3.2. MACCHINARI UTILIZZATI | 14 |
| 3.2.1. FRESATRICE A 5 ASSI | 15 |
| 3.2.2. TASTATORE CNC | 18 |
| 3.2.3. VIBROBURATTATRICE | 19 |
| 3.2.4. BAGNO GALVANICO..... | 20 |
| 3.3. CRITICITÀ DEL CICLO PRODUTTIVO | 22 |
| 3.4. RITARDI DI PRODUZIONE..... | 23 |
| 4. OBIETTIVI DEI PROGETTI | 25 |
| 4.1. RIDUZIONE DEI TEMPI DI ATTESA A BENESTARE..... | 27 |
| 4.2. RIDURRE I GUASTI DELLE MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO | 28 |
| 4.3. MIGLIORARE LA PRECISIONE DELLA PIANIFICAZIONE | 30 |
| 4.4. RIBILANCIARE IL CARICO DI LAVORO SULLE DIFFERENTI MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO | 32 |
| 5. DESCRIZIONE DEL METODO UTILIZZATO | 33 |
| 5.1. DATI DI PARTENZA..... | 33 |
| 5.2. CORE..... | 35 |
| 5.2.1. POLICY DEPLOYMENT MATRIX | 36 |
| 5.2.2. VALUE STREAM MAP | 40 |
| 5.2.3. ROOT CAUSE ANALYSIS..... | 43 |
| 6. SCRUM | 47 |
| 6.1. DIFFERENZA TRA EVENTO E ATTIVITÀ | 49 |
| 6.2. SCRUM MASTER E PRODUCT OWNER | 51 |
| 6.3. I CINQUE EVENTI SCRUM..... | 57 |
| 6.3.1. SPRINT PLANNING | 59 |
| 6.3.2. DAILY SCRUM..... | 62 |
| 6.3.3. SPRINT REVIEW..... | 63 |
| 6.3.4. SPRINT RETROSPECTIVE..... | 65 |
| 6.3.5. SPRINT..... | 67 |
| 6.4. SCRUM VS DIAGRAMMA DI GANTT | 70 |
| 6.5. SCRUM BOARD | 73 |
| 6.6. PRIORITIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ..... | 75 |
| 7. ANALISI SVILUPPATE PER IL PROGETTO | 80 |
| 7.1. POLICY DEPLOYMENT MATRIX | 81 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 7.2. | ROOT CAUSE ANALYSIS DEL PROCESSO PRODUTTIVO | 83 |
| 7.2.1. | ABC | 83 |
| 7.2.2. | 5 WHY | 86 |
| 7.3. | VALUE STREAM MAP DEL PROCESSO PRODUTTIVO | 89 |
| 7.4. | FOCUS BENESTARE COLLAUDO | 92 |
| 7.4.1. | 5 WHY | 92 |
| 7.4.2. | LUNGHE ATTESE AL COLLAUDO PER BENESTARE DI PRODUZIONE..... | 93 |
| 7.5. | ALTRE PROBLEMATICHE | 100 |
| 8. | APPLICAZIONE DI SCRUM AL PROGETTO | 102 |
| 8.1. | TEAM | 102 |
| 8.2. | STRUMENTI UTILIZZATI | 104 |
| 8.3. | DIFFERENZE CON LA TEORIA | 109 |
| 8.3.1. | GESTIONE DEGLI EVENTI SCRUM..... | 109 |
| 8.3.2. | SVILUPPO DI PROGETTI IN PARALLELO | 110 |
| 8.3.3. | GESTIONE DELLE PRIORITÀ | 111 |
| 8.4. | PUNTI DI FORZA | 113 |
| 8.4.1. | MANUTENZIONE | 113 |
| 8.4.2. | SPOSTAMENTO CODICI PRODOTTO..... | 114 |
| 8.5. | PROBLEMATICHE PRINCIPALI | 115 |
| 8.5.1. | SQUADRA DI PROGETTO SOTTODIMENSIONATA E IMPEGNATA IN ATTIVITÀ DI ROUTINE 116 | |
| 8.5.2. | INTERAZIONE TRA PROGETTI SVILUPPATI CONTEMPORANEAMENTE | 117 |
| 8.5.3. | INTERAZIONE TRA LE PROBLEMATICHE | 119 |
| 9. | CONCLUSIONI | 122 |
| 9.1. | RAGGIUNGIMENTO OBIETTIVI PROGETTO | 122 |
| 9.1.1. | RIDUZIONE TEMPI DI ATTESA A BENESTARE..... | 122 |
| 9.1.2. | GUASTI FREQUENTI | 124 |
| 9.1.3. | MACCHINE SOVRACCARICHE | 125 |
| 9.1.4. | PIANIFICAZIONE POCO PRECISA | 126 |
| 9.2. | VALORE AGGIUNTO CREATO | 127 |
| 9.2.1. | RIDUZIONE TEMPI DI ATTESA A BENESTARE..... | 127 |
| 9.2.2. | GUASTI FREQUENTI | 129 |
| 9.2.3. | MACCHINE SOVRACCARICHE | 131 |
| 9.2.4. | PIANIFICAZIONE POCO PRECISA | 132 |
| 9.2.5. | VALORE AGGIUNTO DEL PROGETTO | 134 |
| 9.3. | COMMENTI PERSONALI | 135 |
| 9.4. | RACCOMANDAZIONI PER IL FUTURO | 137 |
| | BIBLIOGRAFIA | 139 |

1. INTRODUZIONE

Come dichiarato da Jeff Sutherland nel suo libro “SCRUM: The art of doing twice the work in half the time”:

“L’Agile Manifesto dichiara i seguenti valori: le persone al di sopra dei processi; prodotti che effettivamente funzionano oltre a documentare ciò che quel prodotto dovrebbe fare; collaborare con i clienti piuttosto che negoziare con loro; e rispondere al cambiamento seguendo un piano.

Scrum è il framework che ho costruito per mettere in pratica questi valori. Non esiste una metodologia.” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time, p. 7)

Questo strumento teorizzato inizialmente da Takeuchi e Nonaka negli anni ’80, il concetto di base era che una squadra di progetto dovesse operare in maniera collaborativa e flessibile per raggiungere gli obiettivi strategici di progetto.

Secondo Takeuchi e Nonaka quest’idea veniva già applicata nel rugby (in particolare nella fase di mischia, che in inglese prende il nome di Scrum); “dove una squadra cerca di percorrere la distanza come un’unità, passando la palla avanti e indietro”. (PMTSI, 2019)

Scrum ha raggiunto una fama internazionale dopo l’applicazione per un progetto di sviluppo software effettuata da Ken Schwaber e Jeff Sutherland.

Schwaber e Sutherland hanno dimostrato non solo la fattibilità del framework Scrum, ma anche la sua maggiore efficacia rispetto all’utilizzo di pianificazioni a cascata utilizzando il diagramma di Gantt.

Al giorno d’oggi, Scrum non viene solo applicato in innumerevoli settori industriali per velocizzare l’avanzamento dei progetti, ma si cerca di utilizzarlo anche per affrontare le sfide del futuro.

Ad esempio, è stato applicato per contrastare la carenza di acqua in alcune regioni del pianeta e per cercare di combattere il cambiamento climatico.

Un'altra area in cui si sta iniziando ad applicare Scrum è per l'insegnamento, in questo campo i risultati sono molto promettenti, grazie alla semplicità e velocità di applicazione (anche per non esperti).

Come affermato da Pam McMartin, professoressa di inglese a Tsawwassen (British Columbia), "Una classe Scrum è un processo semplice e veloce, ma ha rivoluzionato il modo in cui i miei studenti svolgono attività collaborative che richiedono una pianificazione a lungo termine." (McMartin, 2019)

Il progetto, descritto in questo elaborato di tesi, si concentrerà sull'analisi finalizzata al miglioramento della capacità produttiva di un processo relativo al corpo principale di un attuatore oleodinamico, necessari per variare l'angolazione delle eliche degli elicotteri, con l'obiettivo di aumentare la produzione del suddetto prodotto di oltre il 50%.

2. AZIENDA E PRODOTTO

2.1. STORIA

L'azienda nasce nel 1929 a Torino con il nome di Microtecnica, producendo strumenti di precisione come bussole, giroscopi e micrometri.

Dopo la fine del secondo conflitto mondiale, segue un periodo in cui l'azienda si specializza in produzioni di strumentazioni cinematografiche. Dal 1983 l'azienda si evolve entrando nel mercato dei sistemi di attuazione elettromeccanica ed oleodinamica.

Nel 2008 Microtecnica entra a far parte del gruppo United Technologies Corporation e, nel 2018, Microtecnica è stata spostata nell'unità di business di Actuation Systems sotto Collins Aerospace.

Successivamente United Technologies Corporation si è unita a Raytheon, formando Raytheon Technologies.

Nel 2023 la parte di Actuation Systems è stata venduta ai francesi Safran, il governo Meloni ha però esercitato il "golden power" bloccando la possibilità di vendere questa unità di business strategica per l'interesse nazionale fino al 2024.

Il periodo di tirocinio si è svolto durante questa fase di transizione da Raytheon Technologies a Safran.

In Italia l'azienda conta di tre stabilimenti produttivi: due in Piemonte (Torino e Luserna San Giovanni) e uno in Lombardia (Brugherio). Ogni sito produttivo si occupa di differenti linee di prodotto, in base alle conoscenze tecniche specifiche.

Microtecnica ha giocato un ruolo fondamentale nello sviluppo tecnologico dell'Italia, particolarmente nel settore degli strumenti di precisione e dei sistemi di attuazione.

La sua capacità di adattarsi e innovare nel corso degli anni ha permesso all'azienda di rimanere rilevante in un mercato altamente competitivo.

L'integrazione nel gruppo United Technologies Corporation ha portato nuovi investimenti e tecnologie avanzate, rafforzando ulteriormente la posizione dell'azienda nel mercato globale

2.2. PRODOTTO

L'azienda produce martinetti e altre forme di attuatori, oleodinamici ed elettrici, che permettono di manovrare diversi velivoli e missili, garantendo così che questi non precipitino.

I prodotti di Collins Aerospace, dovendo soddisfare le caratteristiche tecniche richieste da velivoli di tutti i tipi e dimensioni, sono estremamente variegati, sia in termini di dimensioni e geometrie che per quanto riguarda i materiali utilizzati, a seconda del loro scopo finale.

Ad esempio, come approfondito successivamente, il prodotto in analisi è un solido prismatico in alluminio, ma vi sono altri pezzi (valvole, assi, pistoni) che presentano geometrie di rotazione e sono realizzati in acciaio.

Vi sono quindi migliaia di codici prodotto che vengono realizzati internamente, spaziando da assi di trasmissione del moto a valvole per regolare il flusso dei liquidi.

Questo rende il processo produttivo estremamente differente tra i vari prodotti dell'azienda; tuttavia, grazie all'elevata flessibilità dei macchinari utilizzati, alcuni macchinari riescono a produrre famiglie diverse di prodotti, rendendo inevitabili le interazioni tra i diversi cicli produttivi.

Il prodotto su cui si è concentrato il progetto descritto in questo elaborato è il corpo principale di un "Power Control Module", ovvero un attuatore oleodinamico utilizzato su molti elicotteri in commercio per permettere di variare l'inclinazione delle pale del velivolo.

Lo scopo di questo oggetto è permettere l'azionamento delle diverse parti mobili che intervengono per modificare la velocità o la direzione dell'elicottero, in modo che questo possa volare ed essere manovrato. Queste caratteristiche rendono il pezzo estremamente critico per il corretto funzionamento del velivolo.

Essendo estremamente critico all'interno dell'elicottero, per motivi di sicurezza, il pezzo presenta tolleranze dimensionali e geometriche molto stringenti per garantire il corretto funzionamento.

Il pezzo si presenta come un solido prismatico a sei facce in lega di alluminio, sviluppata specificamente per il settore aeronautico, che presenta ottime caratteristiche di resistenza e leggerezza. Questo solido è poi caratterizzato da un alto numero di fori di diversi diametri collegati tra loro attraverso canali interni al prodotto, permettendo all'olio di fluire attraverso di essi per raggiungere la destinazione voluta.

Il pezzo viene infine assemblato e collegato al sistema di tubazioni dell'elicottero attraverso l'utilizzo di valvole, che permettono di variare la pressione dell'olio che scorre all'interno di queste ultime. L'assemblato completo permette di indirizzare l'olio alla corretta pressione verso il punto del sistema su cui si vuole agire.

Il processo produttivo del pezzo è molto dispendioso sia in termini di tempo che di materiale scartato. Partendo da un grezzo cubico, per arrivare al prodotto finito, è necessario rimuovere oltre il 50% del materiale presente inizialmente. Questo è dovuto alla complessa geometria sia interna che esterna del prodotto. La scelta di utilizzare un unico grezzo è dovuta alla necessità di mantenere il sistema isolato dall'ambiente esterno.

3. IL PROCESSO PRODUTTIVO

La produzione aziendale è organizzata in celle indipendenti tra di loro, queste sono progettate in base alla famiglia di prodotti che devono trattare.

Il progetto descritto in questo elaborato si è concentrato sulla cella “Corpi”, nella quale viene prodotto il corpo principale del Power Control Module.

3.1. CICLO PRODUTTIVO

Come illustrato precedentemente, il prodotto oggetto della nostra analisi è un solido massivo con una geometria, sia interna che esterna, estremamente complessa.

Di conseguenza, il ciclo produttivo è molto articolato. Per facilitarne la gestione, è stato suddiviso in più fasi con test di qualità a chiusura delle stesse. Tra una fase e l'altra, ci sono dei buffer a bordo della macchina che eseguirà la lavorazione successiva.

Il processo produttivo del corpo principale dell'attuatore oleodinamico presenta le caratteristiche tipiche delle produzioni del settore aeronautico; di conseguenza, la produzione avviene in lotti di dimensioni molto ridotte, inferiori a dieci unità.

Viene posta una grande attenzione al rispetto delle specifiche di prodotto, sia in termini di tolleranze dimensionali ad esso associate, sia nelle caratteristiche fisiche, termiche e meccaniche del materiale utilizzato.

L'azienda si focalizza sulla produzione di pezzi di altissima qualità, sia in termini dimensionali che di caratteristiche fisiche, anche a costo di aumentare considerevolmente i tempi di lavorazione e di controllo qualità. Questa filosofia va a impattare negativamente sulla velocità del processo, causando di conseguenza un aumento significativo dei tempi di consegna del prodotto finito.

Il processo è caratterizzato da molteplici passaggi di lavorazioni meccaniche, eseguite mediante macchine a controllo numerico computerizzato (CNC) molto avanzate e dalla

dinamica complessa. Le caratteristiche delle strumentazioni coinvolte nella produzione saranno sviluppate nel capitolo successivo.

Le macchine a controllo numerico sono organizzate in celle di lavoro, ciascuna cella è adibita alla lavorazione di una specifica famiglia di prodotti, permettendo la creazione di isole per ridurre gli sprechi legati al trasporto del materiale.

La movimentazione dei semilavorati è manuale; un operatore di una ditta esterna trasporta i pezzi che hanno concluso la fase al buffer successivo. Questa movimentazione viene gestita tramite un sistema "Milkrun", ovvero l'operatore percorre un giro prestabilito e per ogni stazione preleva/deposita il materiale che dev'essere lavorato in quell'area.

Il processo produttivo parte da un grezzo di fusione fornito da un'azienda esterna che, nel caso del prodotto al centro della nostra analisi, si tratta di un blocco cubico in lega di alluminio. Dopo la ricezione del materiale proveniente da un fornitore esterno, viene eseguito un controllo in ingresso per verificare che le caratteristiche del materiale siano in linea con gli standard.

Il materiale grezzo entra quindi nel processo di lavorazione. La prima fase di lavorazione è la sgrossatura, eseguita sulle frese a controllo numerico che prenderanno il nome di M1 e M2. Queste macchine permettono di creare le geometrie estremamente complesse che caratterizzano il pezzo. L'unica differenza tra le due macchine è che mentre la M1 necessita di un operatore e viene utilizzata unicamente per abbozzare la forma del pezzo, la macchina M2 può lavorare anche in assenza di un operatore ed esegue una sgrossatura più precisa. Dalla macchina M2 in poi, il pezzo viene inviato ripetutamente al reparto di collaudo per verificare che le geometrie del pezzo vengano rispettate. Tuttavia, sono controlli abbastanza veloci non essendo ancora sottoposti a tolleranze stringenti ed essendo CNC automatizzati. Seguono quindi una serie di lavorazioni preparatorie eseguite sulla macchina M3, per facilitare la finitura del semilavorato a carico della macchina M4.

Successivamente, il semilavorato viene spostato su un macchinario estremamente sofisticato chiamato M4, capace di lavorare anche senza la necessità di essere presidiata da un

operatore, in modo tale da garantire il massimo livello di precisione per le fasi di finitura. Questo permette inoltre di aumentare la capacità produttiva della macchina che, potendo lavorare anche senza la presenza dell'operatore, continua a produrre anche durante i fine settimana.

La fase di finitura del prodotto è estremamente critica e presenta tolleranze molto ridotte. Per questo motivo, la fase di finitura è stata divisa in un gran numero di sottofasi (più di dieci), in modo da garantire la massima precisione delle singole lavorazioni.

Le caratteristiche della fase di finitura richiedono un numero molto alto di misurazioni di controllo eseguite a collaudo, creando rischi di intasamento dovuti alla frequenza e difficoltà delle misurazioni.

La criticità dell'elevato numero di controlli risulta ancor più evidente se si considerano eventuali correzioni dovute alla presenza di quote fuori tolleranza; questo porta alla necessità di rilavorazioni del materiale e conseguente ritorno del pezzo a collaudo per verificare che la modifica effettuata sia stata efficace.

Successivamente, vengono effettuati ulteriori processi di finitura per eliminare eventuali bave o imperfezioni lasciate dalle lavorazioni precedenti. Il processo di finitura viene eseguito da una vibro-burattatrice per migliorare l'aspetto visivo e le caratteristiche superficiali del prodotto finito.

Infine, per garantire che il prodotto soddisfi pienamente le esigenze del cliente finale, vengono eseguiti alcuni trattamenti termo-chimici al prodotto finito in modo da aumentare le caratteristiche di resistenza all'usura del materiale. Tra le lavorazioni eseguite durante questa fase del processo produttivo, si possono citare i trattamenti applicati attraverso bagno galvanico.

Per verificare l'efficacia di questi trattamenti sul materiale, vengono eseguiti controlli a campione attraverso test non distruttivi, permettendo di garantire che le caratteristiche fisiche del materiale utilizzato e, di conseguenza, del prodotto finito siano conformi alle specifiche tecniche richieste dal cliente.

Di seguito la Figura 1 rappresenta, attraverso un diagramma di Gantt, le diverse fasi del processo produttivo e le relative durate. Questo grafico, per motivi di semplificazione, rappresenta una situazione ideale, dove tutti i processi a valle dell'attuale sono liberi e pronti a ricevere il pezzo per lavorarlo immediatamente.

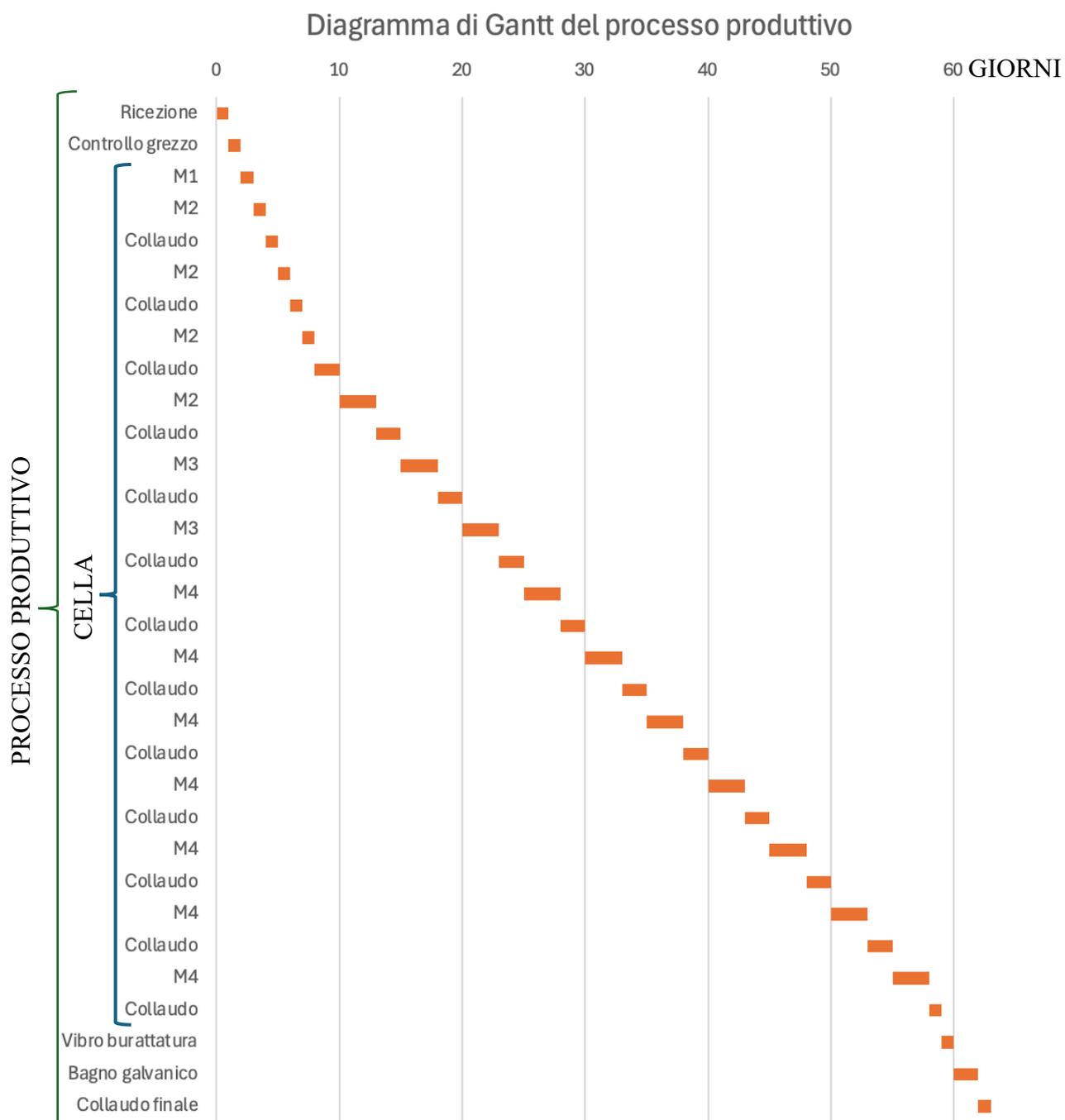


Figura 1. Diagramma di Gantt del processo produttivo

Il prodotto finito, che andrà a comporre l'assemblato finale collegandosi al sistema di tubazioni del velivolo tramite valvole apposite, viene quindi spedito allo stabilimento aziendale di Brugherio. In questo stabilimento, sempre appartenente a Collins Aerospace, viene eseguito l'assemblaggio e i test finali, unendo le componenti provenienti dalle differenti unità produttive (corpo e valvole) prima che il prodotto venga spedito al cliente finale.

Questo trasferimento è una fase cruciale, poiché si deve garantire che il prodotto rispetti tutte le caratteristiche tecniche. È essenziale assicurare che l'integrazione dei componenti che comporranno l'assemblato finale avvenga senza problemi, evitando la necessità di rispedito il prodotto fallato per essere aggiustato.

Il processo illustrato, grazie all'alto numero di controlli effettuati a collaudo e alle correzioni a bordo macchina eseguite di conseguenza, riesce a mantenersi entro gli elevati standard qualitativi richiesti dai clienti del settore aeronautico. L'obiettivo del miglioramento sarà quindi l'aumento della capacità produttiva delle aree più critiche, ma si può affermare che il processo produttivo nel suo complesso può essere ritenuto sotto controllo.

Il ciclo di lavorazione di questo prodotto utilizza macchinari e strumenti comuni a un alto numero di altri prodotti. Questa situazione porta alla necessità di gestire un alto numero di pezzi con lavorazioni simili, richiedendo quindi un'attenta pianificazione per evitare intasamenti e accumuli di materiale a bordo macchina.

3.2. MACCHINARI UTILIZZATI

Come visto nel capitolo precedente, sono necessari vari tipi di strumenti e attrezzature per eseguire le diverse lavorazioni e controlli richiesti per la produzione di un prodotto finito che rispetti le caratteristiche desiderate.

In questa sezione verrà approfondito il funzionamento delle principali macchine presenti lungo il ciclo produttivo, evidenziando in particolare la loro funzione e le caratteristiche principali di funzionamento. Queste macchine sono:

1. **Fresatrice a 5 assi:** Essenziale per lavorazioni complesse che richiedono elevata precisione su più angolazioni. Permette di ottenere geometrie dettagliate e intricate sul pezzo.
2. **Tastatore CNC:** Utilizzato per misurazioni precise e controlli dimensionali durante le varie fasi del processo produttivo, garantendo che le tolleranze siano rispettate.
3. **Vibro-burattatrice:** Impiegata per il trattamento di finitura superficiale, rimuove bave e imperfezioni lasciate dalle lavorazioni precedenti, migliorando l'aspetto visivo e la qualità della superficie del prodotto.
4. **Bagno Galvanico:** Utilizzato per eseguire trattamenti termo-chimici sul prodotto finito, aumentando la resistenza all'usura e altre proprietà fisiche del materiale.

Ogni macchina svolge un ruolo cruciale nel garantire che il prodotto finale soddisfi le specifiche tecniche e gli standard di qualità richiesti.

3.2.1. FRESATRICE A 5 ASSI

Esistono diversi macchinari in grado di eseguire lavorazioni per asportazione di truciolo; tuttavia, le due più conosciute e utilizzate sono la tornitura e la fresatura.

La fresatura si distingue dalla tornitura grazie al sistema impiegato per l'asportazione del truciolo.

Mentre in tornitura l'utensile è fermo e a ruotare è il pezzo da lavorare (fissato a un mandrino), in fresatura "questa operazione viene eseguita da un utensile multi-tagliente rotante chiamato fresa". (Mora, 2021)

Queste differenze di funzionamento consentono alle due tipologie di macchine di eseguire lavorazioni che sarebbero estremamente difficili, se non impossibili, da realizzare con l'altra. Ad esempio, la tornitura è più adatta a lavorare pezzi con geometrie assialsimmetriche di rotazione, come cilindri, coni e sfere. Al contrario, la fresatrice è ideale per superfici piane e solidi prismatici, come cubi e parallelepipedi.

Poiché il prodotto analizzato presenta una geometria prismatica, è evidente che, nel ciclo produttivo, l'asportazione del truciolo possa essere eseguita unicamente da fresatrici. I macchinari M1, M2, M3 e M4 sono quindi fresatrici.

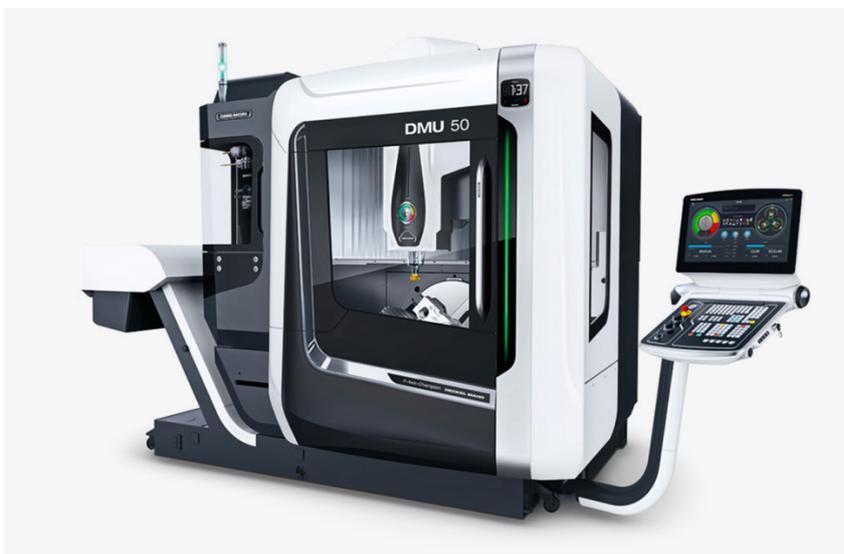


Figura 2. Fresatrice CNC a 5 assi (SIOM, s.d.)

Vi sono differenti tipologie di fresatrici, che si differenziano in base al tipo di controllo (manuale o CNC) e alla cinematica (numero di assi cartesiani e di rotazione) dell'utensile.

In base al controllo, possiamo distinguere due tipologie principali di frese:

- **Manuale:** Il modello più tradizionale, dove l'operatore esegue manualmente le lavorazioni. Ormai in disuso a causa della bassa velocità di lavorazione e della scarsa precisione.
- **CNC (Computer Numerical Control):** In questa versione, il computer esegue le operazioni richieste prendendo l'elenco delle operazioni da un database e muovendo la testa tagliente di conseguenza. Rispetto alla versione manuale, una fresa CNC offre maggiore precisione e velocità di esecuzione.

Il numero di assi di rotazione dell'utensile, mostrati in Figura 3, è la caratteristica più determinante al giorno d'oggi, e si possono individuare tre principali tipologie di cinematiche:

- **3 assi:** Una macchina a tre assi esegue movimenti seguendo le coordinate cartesiane x, y e z, raggiungendo qualsiasi posizione nello spazio con un unico orientamento dell'utensile.
- **3+2 assi:** Una via di mezzo tra le macchine a 3 e a 5 assi, che aggiunge due assi rotativi, ma non li utilizza simultaneamente con i tre assi lineari.
- **5 assi:** Una macchina a cinque assi esegue movimenti seguendo le coordinate cartesiane x, y e z, con l'aggiunta di due assi rotativi (a e b) che permettono la rotazione del pezzo attorno agli assi x e y. Questa configurazione consente di raggiungere qualsiasi posizione nello spazio con qualsiasi orientamento dell'utensile.



Figura 3. Differenze tra i vari tipi di lavorazione CNC (Weerg, 2020)

La cinematica a cinque assi, grazie alla maggiore complessità come mostrato in Figura 4, consente la realizzazione di pezzi con geometrie molto più complesse rispetto a una fresatrice a tre assi. Per questo motivo, è preferibile per le lavorazioni richieste nel nostro ciclo produttivo.

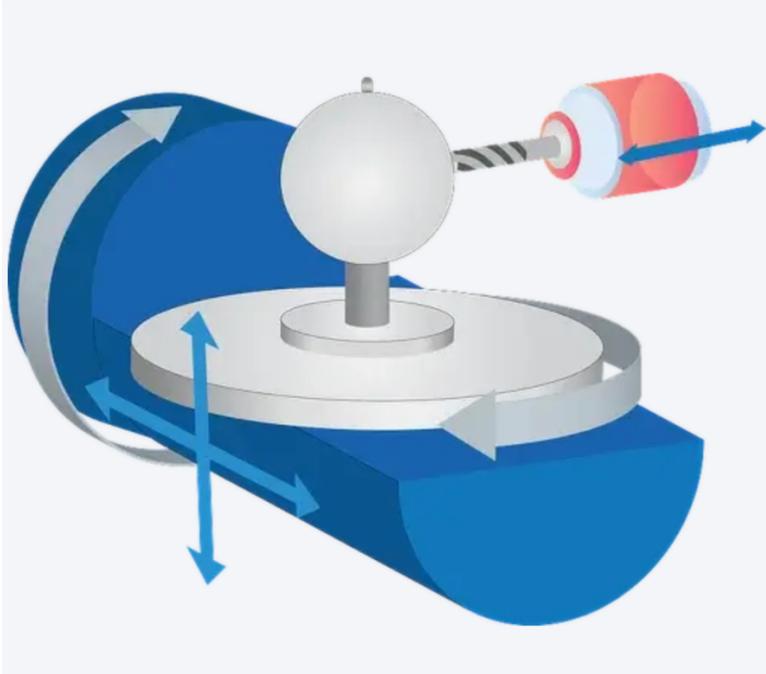


Figura 4. Rappresentazione schematica della lavorazione a 5 assi in continuo (Weerg, 2020)

Analizzando il processo produttivo, la fresatura eseguita dalla macchina M4 risulta essere una delle fasi più critiche. Questo è dovuto al fatto che il tempo ciclo delle operazioni richieste è molto lungo, saturando rapidamente la macchina. Inoltre, i frequenti guasti riducono considerevolmente la sua capacità produttiva.

3.2.2. TASTATORE CNC

Questa strumentazione, utilizzata nell'area di collaudo dimensionale, presenta un funzionamento e una cinematica molto simili a quelle di una fresatrice a tre assi. Anche queste macchine sono controllate da un sistema a controllo numerico (CNC) e utilizzano programmi specifici per eseguire le misurazioni richieste.

Tuttavia, si differenziano dalle macchine utensili per il loro scopo: sono concepite per automatizzare il controllo dimensionale e creare report dettagliati. Per garantire l'accuratezza delle misure rilevate, è fondamentale che il macchinario possieda eccellenti caratteristiche di rigidità e resistenza alla deformazione termica. Per questi motivi, una macchina a tre assi è preferibile.



Figura 5. Tastatore CNC (ALPA metrology, 2023)

Nel ciclo produttivo, questa macchina riveste un ruolo estremamente critico poiché il tastatore impiega tempi molto lunghi per rilevare con precisione l'alto numero di quote da controllare. Inoltre, essendo presenti solo due macchine di questo tipo per servire l'intero stabilimento, vi è sempre una coda di controlli ancora da svolgere.

3.2.3. VIBROBURATTATRICE

La vibro-burattatura è un processo che permette di eliminare eventuali bave residue dal processo di fresatura, smussare gli spigoli del prodotto e migliorare l'aspetto visivo del pezzo.

In questa fase, il prodotto finito viene posizionato all'interno di una vasca riempita di "sassi" di materiale ceramico e liquido lubrificante. La macchina viene quindi avviata, iniziando a scuotere la vasca per effettuare la lavorazione.



Figura 6. Vibroburattatrice (UNIMET, s.d.)

Le vibrazioni fanno sì che i sassi e il pezzo si muovano in modo incontrollato, collidendo tra loro. Queste collisioni lavorano il materiale, rimuovendo eventuali bave e smussando gli spigoli per attrito.

Durante questa fase, è fondamentale non danneggiare il lavoro svolto in precedenza. Per questo motivo, vengono inseriti tappi nei fori del pezzo per impedire che i sassi vi rimangano incastrati, compromettendone la qualità.

Nel contesto del ciclo produttivo, la vibro-burattatura non è una fase critica. È un processo veloce, con capacità sufficiente, e i pezzi possono essere preparati dall'operatore in tempo mascherato. Questo significa che l'operatore prepara il pezzo successivo a bordo macchina mentre un altro pezzo è in lavorazione all'interno della vasca.

3.2.4. BAGNO GALVANICO

Il bagno galvanico è un processo industriale che consente di rivestire un pezzo metallico con uno strato sottile di un altro metallo, chiamato "film". Questo tipo di lavorazione, noto anche come placcatura, viene utilizzato sia per scopi estetici che per proteggere il prodotto finito da agenti esterni aggressivi.

Molti componenti degli aerei sono galvanizzati per aggiungervi uno "strato sacrificabile", che ne aumenta la durata rallentandone la corrosione. Dato che i componenti dei velivoli sono soggetti a sbalzi di temperatura e a fattori ambientali estremi, rivestire il substrato metallico con uno strato di metallo permette di evitare che la funzionalità di una parte venga compromessa dalla normale usura. (Formlabs, 2024)

Il film protettivo può essere composto da uno o più strati di materiali diversi; nel settore aerospaziale sono utilizzati principalmente cromo e una lega zinco-nichel che migliorano la resistenza alla corrosione e ai sbalzi di temperatura.

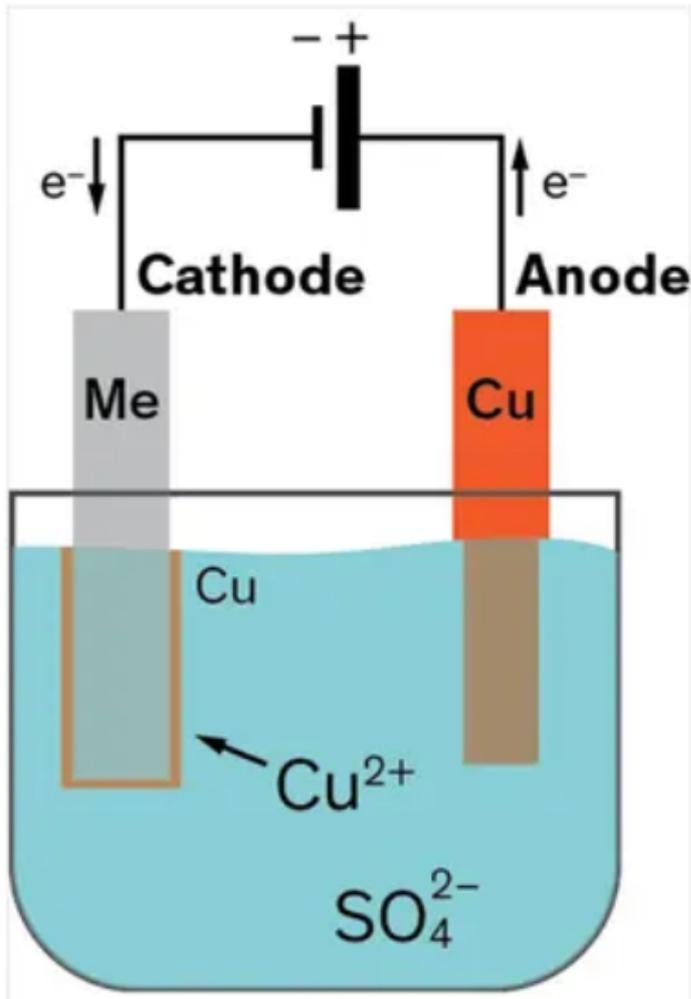


Figura 7. Cella di placcatura elettrolitica (Wei, 2016)

Come illustrato in Figura 7, il processo di galvanizzazione avviene immergendo un catodo (il pezzo da rivestire) e un anodo (il materiale con cui si vuole rivestire il pezzo) in un bagno di acido solforico e successivamente applicando una differenza di tensione elettrica. Questa tensione consente di effettuare un'elettrolisi controllata, trasferendo il rivestimento metallico dall'anodo al catodo.

Questa fase non è critica per il processo produttivo, in quanto è possibile eseguire la lavorazione contemporaneamente su più pezzi, evitando così problemi di saturazione della capacità produttiva.

3.3. CRITICITÀ DEL CICLO PRODUTTIVO

Il ciclo produttivo presenta diverse criticità, alcune facilmente identificabili attraverso le analisi iniziali, altre emerse dall'esperienza acquisita durante lo sviluppo delle attività di progetto. Queste inoltre differivano anche nella tipologia essendo alcune di carattere maggiormente gestionale mentre altre erano strettamente operative.

Le problematiche immediatamente riscontrabili erano di carattere operativo e riguardavano la fresatrice M4. Questa soffriva di un alto numero di guasti dovuti sia all'età della macchina che agli sforzi eccessivi a cui l'utensile era sottoposto durante alcune lavorazioni.

Un'altra causa operativa rilevata era collegata alle lunghe attese per ottenere il benessere di produzione dal collaudo dimensionale. Questa problematica derivava dall'alto numero di controlli necessari per garantire che i prodotti rispettassero le strette tolleranze dimensionali richieste. I controlli richiedevano tempi molto lunghi, con un alto numero di misurazioni per ogni singolo pezzo, superando le cento per i prodotti di maggiori dimensioni e geometrie complesse.

Tuttavia, le criticità di gestione del processo produttivo, non immediatamente visibili attraverso un'analisi preliminare dei dati di produzione, si sono rivelate essere molto più impattanti per il successo del progetto di miglioramento.

Durante lo sviluppo del progetto, è emerso in particolare come l'assenza di una pianificazione dettagliata e una scarsa comunicazione tra reparti portassero ciascun reparto a lavorare in reazione a ciò che veniva svolto dai reparti precedenti nel processo produttivo. Questa strategia risultava meno efficiente rispetto a una pianificazione predittiva basata su informazioni ricavate dai reparti a monte, che avrebbe permesso di organizzare il carico di lavoro prima che arrivasse a bordo macchina.

I reparti venivano considerati dalla pianificazione come se avessero capacità infinita, il che portava a picchi di richiesta per molteplici lavori contemporaneamente, impossibili da

soddisfare, soprattutto sulle macchine e nei reparti più saturi, come la macchina M4 e il collaudo.

Questo accumulo improvviso di lavoro portava all'allungamento dei tempi di processamento durante i periodi di picco, con il rischio che alcune macchine con indici di saturazione minori rimanessero inattive, incapaci di procedere con le lavorazioni.

3.4. RITARDI DI PRODUZIONE

La necessità identificata dal management, che ha portato all'avvio di questo progetto di miglioramento, è stata la riduzione dei ritardi di produzione.

L'analisi dei ritardi può essere condotta su un singolo codice prodotto, su una famiglia di prodotti simili o sull'intero portafoglio aziendale. Alternativamente, l'analisi può focalizzarsi sull'intero processo produttivo, su una sua parte specifica, o su un singolo macchinario utilizzato.

Le informazioni riguardanti i ritardi vengono estratte in maniera semplice dal database aziendale utilizzando SAP, permettendo di ottenere velocemente e in tempo reale tutti i dati necessari per l'analisi.

Per il progetto, come visto nel capitolo "Dati di Partenza" si è proceduto con un'analisi progressiva: intero processo -> cella di produzione -> singola macchina. Solo successivamente è stata effettuata un'analisi dei codici prodotto che impattano maggiormente sulla macchina individuata come più critica.

I ritardi di produzione sono calcolati sommando le ore di ritardo accumulate da tutti i reparti che, nel processo produttivo, si trovano a monte dell'operazione analizzata. A queste si aggiungono le ore necessarie per svolgere la specifica operazione su tutti i prodotti in ritardo.

Queste ore di ritardo sono utilizzate come Key Performance Indicator (KPI) principale per valutare l'impatto delle azioni di miglioramento intraprese.

“KPI – Key Performance Indicator è un valore misurabile che dimostra l'efficacia con cui un'azienda sta raggiungendo gli obiettivi aziendali principali.” (Strategie digitali, 2021)

Tuttavia, questo indicatore presenta delle limitazioni nell'analisi delle celle produttive, a causa dell'impatto che i ritardi di altri reparti hanno sull'area in esame. Nonostante ciò, esso fornisce informazioni puntuali sul ritardo di produzione di uno specifico codice prodotto.

L'obiettivo di tutti i progetti di miglioramento sopraelencati era, quindi, azzerare i ritardi sulla produzione pianificata per l'officina dello stabilimento di Torino.

Poiché le lavorazioni effettuate dall'officina sono all'inizio del ciclo produttivo, il miglioramento di questa fase dovrebbe portare a una riduzione dei ritardi di produzione per tutti i processi a valle.

I processi a valle trarrebbero beneficio poiché i ritardi vengono calcolati come somma dei ritardi dei processi a monte; dunque, una riduzione dei ritardi in una macchina che esegue le prime lavorazioni riduce di conseguenza il ritardo di tutte le macchine servite da essa.

Questo obiettivo può essere raggiunto solo sviluppando un piano robusto e ben strutturato di trasformazione "Lean" del processo produttivo. I progressi, e l'impatto del piano di trasformazione, devono essere misurabili e monitorati.

Per monitorare questo progresso, il KPI (Key Performance Indicator) principale sarà il ritardo sul piano di produzione, come detto in precedenza. Altri KPI importanti per valutare il successo delle azioni di miglioramento sono: le ore macchina, le ore uomo, le ore di produzione non presidiate e le ore di attesa prima di ricevere l'autorizzazione.

4. OBIETTIVI DEI PROGETTI

Per permettere una riduzione significativa dei ritardi di produzione è stato necessario sviluppare diversi progetti operativi.

Inoltre, per ottimizzare la gestione dei progetti e facilitare l'adozione di Scrum, è stato sviluppato un sistema gestionale ad hoc.

Il sistema gestionale è stato progettato per garantire che tutti i membri del team utilizzassero correttamente gli strumenti e le metodologie di Scrum, mantenendo la trasparenza e l'efficacia del lavoro di gruppo.

La gestione di questo sistema era affidata ai membri dell'ufficio di *Continuous Improvement*, il cui compito era assicurare che tutti i partecipanti ai progetti comprendessero appieno e applicassero correttamente Scrum.

L'obiettivo principale era non solo implementare Scrum come framework operativo, ma anche diffondere una cultura di miglioramento continuo e collaborazione all'interno dell'organizzazione.

Il team di progetto, inizialmente riluttante e con qualche difficoltà nell'adozione della metodologia, ha mostrato un progressivo miglioramento. Le sessioni di formazione e gli incontri regolari tenuti dai membri dell'ufficio *Continuous Improvement* hanno favorito una crescita nelle competenze e nella comprensione dei principi fondamentali di Scrum.

In particolare, attraverso l'utilizzo del sistema gestionale, si è facilitata la gestione delle *Scrum Boards* e dei *backlog*, consentendo a tutti i membri di visualizzare e tracciare lo stato delle attività in modo chiaro e trasparente. La frequenza di *stand-up meetings* e *retrospectives* ha contribuito a migliorare l'efficacia delle iterazioni, aumentando la qualità del lavoro svolto e riducendo i tempi di rilascio.

Il sistema ha anche permesso una migliore gestione delle priorità, assicurando che i progetti venissero suddivisi in *sprint* ben definiti e che le risorse venissero allocate in maniera ottimale,

minimizzando i rischi di sovraccarico o di ritardi. Grazie a questo approccio, il team è riuscito a migliorare notevolmente la propria produttività e a fornire risultati concreti e incrementali già nelle prime fasi del progetto.

In sintesi, l'introduzione del sistema gestionale basato su Scrum e la formazione continua hanno trasformato il modo in cui i membri del team collaborano e affrontano le sfide progettuali. La flessibilità e l'adattabilità insite nel framework Scrum hanno consentito al gruppo di affrontare e superare le difficoltà iniziali, dimostrando che, se correttamente implementato, può essere un potente strumento per la gestione di progetti complessi e multidisciplinari.

Durante lo svolgimento del tirocinio si sono sviluppate le attività gestionali e operative che hanno permesso l'avanzamento del progetto operativo di efficientamento dei processi produttivi aziendali.

I principali sotto progetti operativi, accomunati dall'obiettivo di ridurre i ritardi di produzione, sviluppati sono stati:

- LUNGHI TEMPI DI ATTESA PER IL COLLAUDO
- RIDURRE I GUASTI DELLE MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO
- MIGLIORARE LA PRECISIONE DELLA PIANIFICAZIONE
- RIBILANCIARE IL CARICO DI LAVORO SULLE DIFFERENTI MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO

Nei capitoli successivi verranno approfondite le caratteristiche specifiche dei diversi progetti operativi intrapresi.

4.1. LUNGHI TEMPI DI ATTESA PER IL COLLAUDO

Il progetto principale si è rivelato estremamente vasto e complesso, portando alla suddivisione in numerosi sotto-progetti da sviluppare man mano che le parti precedenti venivano concluse.

I sotto-progetti presentano caratteristiche differenti e mirano a ridurre i rischi delle Root Cause individuate nel capitolo FOCUS BENESTARE COLLAUDO. Di seguito sono riportati i principali sotto-progetti con le loro caratteristiche specifiche:

- **Autocontrollo:** Questa fase si concentra sull'analisi dei prodotti che necessitano di collaudo dimensionale, determinando se i controlli possono essere eseguiti dall'operatore a bordo macchina in modo indipendente. Successivamente, vengono acquistati gli strumenti necessari e aggiornati i cicli produttivi.
- **Macchine di misura alternative:** Simile all'autocontrollo, questa attività utilizza strumenti computerizzati (tastatori CNC, proiettori di profili, etc.) anziché analogici. L'obiettivo è ridurre il carico di lavoro del reparto collaudo e liberare le macchine che rappresentano il "collo di bottiglia" del reparto.
- **Tamponi GO/NOGO:** Questo progetto si concentra sulla creazione di kit per eseguire controlli con specifici tamponi forniti da una ditta specializzata esterna, ma che necessitavano comunque un'attività di controllo dimensionale svolta internamente.
- **Ridurre la frequenza dei controlli:** Attualmente, la maggior parte dei controlli viene eseguita sul 100% dei pezzi prodotti. Si valutava la possibilità di eseguire controlli statistici per i prodotti con basse probabilità di essere fuori tolleranza. L'analisi è stata condotta solo sui pezzi maggiormente prodotti per ragioni di tempo e impatto
- **Ridurre errori ricorrenti:** Alcune famiglie di componenti come, ad esempio, possiamo citare i collari scorrevoli, componenti dei martinetti idraulici, presentano problematiche a rispettare una specifica tolleranza dimensionale a causa dei trattamenti termici. In altri casi le tolleranze richieste risultavano essere eccessivamente stringenti, rendendo necessarie richieste per approvazioni di componenti funzionanti.

- **Aggiornamento tempi e priorità collaudo:** L'assenza di una pianificazione puntuale e la difficoltà nell'intercettare quali controlli fossero prioritari. Il progetto si è svolto grazie all'intervento di diverse figure operative e aveva l'obiettivo di sviluppare uno strumento utile e facilmente utilizzabile per meglio supportare la comunicazione tra collaudo e produzione.
- **Aggiunta di un turno notturno:** Vi è la possibilità di aumentare la capacità produttiva aggiungendo il turno notturno, già presente in produzione, anche per l'area di collaudo dimensionale.

4.2. RIDURRE I GUASTI DELLE MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO

Prima di descrivere questo progetto è necessario definire i termini di manutenzione preventiva e predittiva:

- **Manutenzione Preventiva:** "Consiste nell'esecuzione di attività di manutenzione programmate con regolarità per evitare futuri guasti imprevisti [...] riparare le cose prima che si rompano." (IBM, s.d.). Attraverso la manutenzione preventiva è quindi possibile ridurre fermi macchina causati da guasti aumentandone il fattore di utilizzo.
- **Manutenzione Predittiva:** La forma più avanzata di manutenzione preventiva; consiste nel determinare attraverso analisi statistiche quali interventi effettuare (e con quale frequenza) in modo da ridurre al minimo i fermi macchina (siano essi dovuti a guasti o alla manutenzione stessa).

Questo progetto, realizzato in collaborazione con l'ufficio di manutenzione, aveva l'obiettivo principale di ridurre i tempi di inattività (downtime) causati dai guasti delle macchine a controllo numerico all'interno della linea di produzione.

L'analisi preliminare ha evidenziato che, tra le macchine della cella di produzione dei corpi, la macchina M4 rappresentava il collo di bottiglia più critico, con un elevato tasso di guasti e fermi macchina.

Il progetto si è quindi focalizzato sulla creazione di una checklist di manutenzione preventiva specifica per la macchina M4. Questa checklist è stata progettata in modo da garantire un'implementazione semplice ma efficace delle azioni di manutenzione preventiva, puntando a ridurre drasticamente i guasti e, di conseguenza, il downtime della macchina.

Parallelamente, è stata avviata un'attività di monitoraggio continuo degli allarmi emessi dalla M4. Questi segnali di allarme sono stati tracciati e analizzati nel tempo, al fine di verificare l'efficacia della checklist introdotta. L'obiettivo era quello di individuare eventuali guasti ricorrenti o potenziali criticità che non fossero state risolte con la manutenzione preventiva.

Grazie a questa analisi sistematica e al continuo miglioramento della checklist, è stato possibile intervenire in maniera proattiva su potenziali malfunzionamenti, riducendo sensibilmente sia la frequenza che la gravità dei guasti.

Il successo del progetto ha dimostrato l'importanza della manutenzione predittiva e preventiva, fornendo un modello replicabile per altre macchine critiche presenti nell'impianto, con l'obiettivo di ottimizzare l'efficienza produttiva globale e ridurre i costi legati ai tempi di inattività non pianificati.

In prospettiva futura, si prevede di estendere questo approccio a tutte le macchine a controllo numerico della linea, implementando tecniche di manutenzione predittiva più avanzate, come il monitoraggio in tempo reale delle condizioni operative, per garantire una maggiore affidabilità e produttività a lungo termine.

4.3. MIGLIORARE LA PRECISIONE DELLA PIANIFICAZIONE

Il progetto si è concentrato sulla risoluzione di una problematica di natura gestionale, ovvero la mancanza di una pianificazione della produzione precisa e allineata alle reali capacità produttive delle macchine presenti in azienda. Questa lacuna ha generato una serie di inefficienze che si sono ripercosse negativamente sull'intero processo produttivo.

La radice del problema risiedeva nell'assenza di tempi standard corretti e aggiornati, che riflettessero fedelmente le condizioni operative effettive delle macchine e dei processi produttivi. In mancanza di questi dati, l'ufficio di pianificazione tendeva a trattare i processi produttivi come se fossero a "capacità infinita", sovraccaricando macchine e risorse senza tener conto dei limiti reali.

Questo approccio, pur cercando di massimizzare l'utilizzo delle risorse, ha portato a saturare i processi e a creare accumuli di materiali a bordo macchina, rendendo difficile la gestione e la comunicazione delle priorità di produzione.

Il sovraccarico delle macchine ha inoltre reso complessa l'individuazione delle lavorazioni critiche, causando confusione e inefficienze nella sequenza di produzione e ritardando l'esecuzione delle lavorazioni più urgenti. Questo ha contribuito a generare colli di bottiglia nei reparti produttivi e un generale rallentamento del flusso produttivo.

Il progetto, nonostante fosse di fondamentale importanza per migliorare l'efficienza complessiva dell'azienda, ha incontrato numerose difficoltà lungo il percorso.

Uno degli ostacoli principali è stato rappresentato dalla resistenza incontrata nel processo di aggiornamento e raccolta dei tempi standard, complicata da questioni sindacali che hanno rallentato l'implementazione di queste attività.

Un'altra difficoltà è stata la scarsa collaborazione con l'ufficio di pianificazione, il quale ha mostrato una certa riluttanza nel modificare il proprio approccio alla gestione del carico di lavoro.

L'inerzia del sistema e l'abitudine a operare in condizioni non ottimali hanno generato resistenze interne che hanno rallentato ulteriormente il progresso del progetto.

Nonostante i rallentamenti, il progetto rimane di fondamentale importanza per l'azienda. In futuro, per garantirne il successo, sarà essenziale un maggiore coinvolgimento e collaborazione tra i reparti, così come una revisione accurata dei tempi standard.

L'obiettivo sarà quello di creare un sistema di pianificazione più accurato e realistico, in grado di distribuire in maniera ottimale il carico di lavoro e migliorare la gestione delle priorità di produzione, riducendo gli sprechi e ottimizzando l'efficienza complessiva delle macchine.

4.4. RIBILANCIARE IL CARICO DI LAVORO SULLE DIFFERENTI MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO

Il progetto è stato sviluppato in collaborazione con l'ufficio di **Manufacturing Engineering** e si è focalizzato sull'**analisi approfondita dei processi produttivi** e delle macchine utilizzate per distribuire in modo più efficace il carico di lavoro tra le fresatrici coinvolte. L'obiettivo principale era migliorare l'efficienza produttiva attraverso una gestione ottimale delle risorse e una riduzione dei tempi di inattività e dei colli di bottiglia.

Le analisi sono state condotte da un **team ristretto**, composto principalmente da figure tecniche specializzate in Manufacturing Engineering. Questo gruppo ha svolto un ruolo cruciale nello sviluppo del progetto, pur non essendo direttamente coinvolto nelle iniziative parallele mirate alla **riduzione dei ritardi** di produzione, con cui però condivideva lo stesso obiettivo di fondo: migliorare la produttività e l'efficienza operativa.

Uno degli aspetti centrali del progetto è stata la **mappatura dei flussi di lavoro** per identificare punti di sovraccarico o inefficienza. Grazie all'analisi dettagliata dei dati di produzione, il team è riuscito a individuare aree critiche e macchine sottoutilizzate, che potevano essere integrate nel flusso produttivo per bilanciare meglio i carichi.

Dopo un'attenta analisi di fattibilità tecnica effettuata dai membri provenienti dal Manufacturing Engineering, è stato quindi possibile procedere con la riorganizzazione delle attività produttive e la scrittura dei programmi macchina necessari.

L'attività ha portato a un miglioramento del fattore di utilizzazione delle fresatrici disponibili andando a ridurre la saturazione delle macchine più critiche, in particolare la fresatrice M4. Un effetto secondario di questa attività è stato un aumento della flessibilità operativa dell'intero reparto grazie alla creazione di programmi che potessero eseguire la stessa operazione su macchine differenti.

5. DESCRIZIONE DEL METODO UTILIZZATO

5.1. DATI DI PARTENZA

Come descritto nel capitolo "Ritardi di Produzione", le ore di ritardo nella produzione sono state il dato principale utilizzato per le analisi preliminari. Questo dato, come sarà ulteriormente esplorato nel capitolo "Root Cause Analysis del Processo Produttivo", ha giocato un ruolo cruciale nel restringere lo scopo del progetto e identificare le aree su cui concentrare gli sforzi del team.

L'analisi è stata condotta attraverso una serie di passaggi successivi, come illustrato nella Figura 8. Ogni passaggio ha fornito un livello di dettaglio crescente, partendo da una panoramica generale dell'intero processo produttivo fino ad arrivare all'individuazione specifica della singola macchina e del prodotto "Top Offender" – ovvero quello che presentava il maggior numero di ore di ritardo rispetto ai piani produttivi.

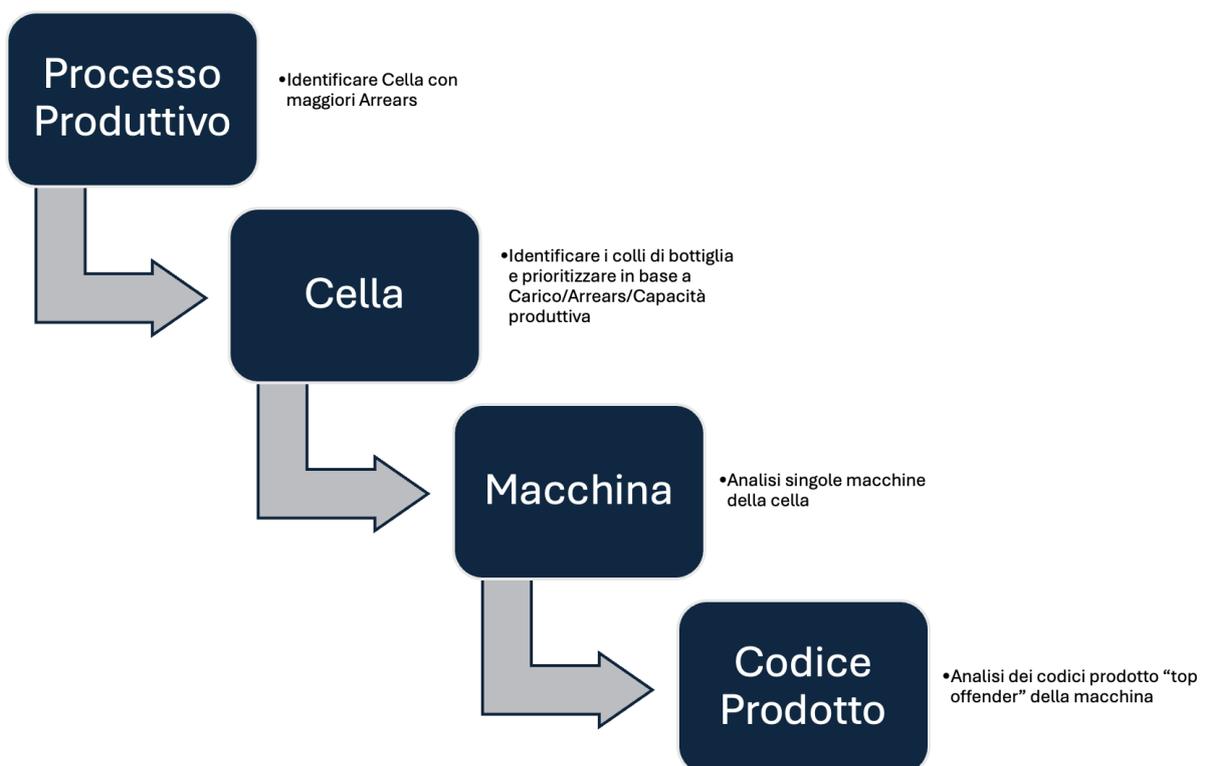


Figura 8. Sequenza seguita per effettuare le analisi

Oltre alle ore di ritardo nella produzione, sono stati utilizzati ulteriori Key Performance Indicators (KPI) per valutare l'efficacia delle azioni intraprese durante ogni Sprint del progetto. Questi KPI forniscono una visione più dettagliata delle performance e dell'efficienza del processo produttivo.

I KPI principali includono:

- **Unmanned Machine Hours:** Questo KPI misura le ore durante le quali una macchina è riuscita a operare senza la supervisione di un operatore. Indica quanto tempo la macchina ha funzionato in modalità non presidiata, fornendo un'indicazione del suo livello di autonomia.
- **Guasti M4:** Serve a monitorare l'efficacia delle azioni di manutenzione. Questo KPI è collegato alle Unmanned Machine Hours, poiché un guasto alla macchina M4 durante un'operazione non presidiata genera un allarme che interrompe il processo produttivo fino all'intervento dell'operatore. Se non ci sono guasti significativi, l'operatore può riprendere la lavorazione, ma questo può comportare perdite di ore produttive.
- **Man Hours:** Rappresentano le ore effettive di lavoro svolte dagli operatori. Questo KPI si calcola sottraendo dall'ammontare totale delle ore lavorate il tempo dedicato ad attese non pianificate, come mancanza di materiale, guasti alle macchine o attese per autorizzazioni.
- **Tempo di Attesa per il Benessere di Produzione:** Identificato come critico nell'analisi delle cause profonde, questo KPI misura il tempo necessario per ricevere l'approvazione dal collaudo per continuare la produzione. Lunghe attese per il benessere impediscono

5.2. CORE

Il sistema CORE (Customer Oriented Results and Excellence) è un approccio di miglioramento continuo, derivato dalla fusione tra il sistema Achieving Competitive Excellence (ACE) di United Technologies Corporation e il Raytheon Six Sigma (R6s).

Il sistema operativo CORE valuta la maturità di un'organizzazione rispetto a un framework standardizzato, consentendo il confronto tra il processo attuale e il processo ottimale.

Questo sistema identifica le aree più critiche da migliorare e offre una serie di metodi e strumenti per il miglioramento continuo. Inoltre, forma un corpo di dipendenti capaci di implementare queste iniziative in modo efficace.

Di seguito, in Figura 9, sono illustrate le fasi del sistema CORE.

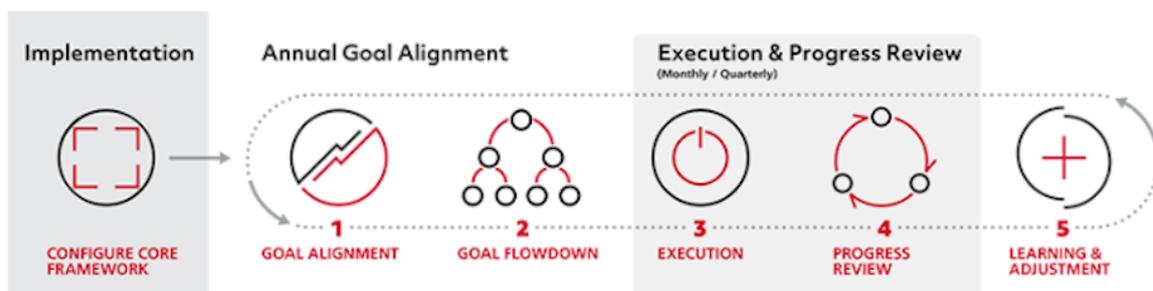


Figura 9. Fasi del sistema CORE

Il framework CORE ha tre obiettivi principali:

- **Strategie, obiettivi e strutture consistenti nel tempo:** Questo obiettivo viene raggiunto attraverso la fase di Goal Alignment, che consente di avere un management allineato sugli obiettivi da raggiungere, una chiara direzione strategica e, di conseguenza, la soddisfazione dei bisogni dei clienti.
- **Ambiente di lavoro ricettivo:** L'obiettivo è creare processi e gruppi inclusivi che permettano una risoluzione rapida dei problemi e creino un ambiente di lavoro più produttivo.

- **Persone, processi e macchinari efficienti:** Questo obiettivo viene raggiunto attraverso la formazione del personale, l'analisi dei dati di processo e l'implementazione di processi CORE standardizzati ed efficaci.

In particolare, la fase di Goal Alignment è di fondamentale importanza perché determina e definisce cosa è necessario fare per raggiungere il successo. L'allineamento degli obiettivi si basa sulla strategia aziendale, il feedback dei clienti e la valutazione delle prestazioni attuali.

Secondo il sistema CORE per sviluppare correttamente un'analisi preliminare atta a sviluppare una strategia efficace per la gestione dei progetti di miglioramento è necessario utilizzare diversi strumenti:

1. **Policy Deployment Matrix (PDM):** grazie a questa matrice, partendo da un livello di visione strategica e macroscopica, è possibile individuare i singoli soggetti che operativamente possono contribuire alla realizzazione di tale visione.
2. **Value Stream Map (VSM):** permette un'analisi precisa del processo produttivo a cui si è interessati.
3. **Root Cause Analysis (RCA):** permette di individuare le cause alla radice di un problema.

5.2.1. POLICY DEPLOYMENT MATRIX

La Policy Deployment, anche conosciuta come Hoshin Kanri, è uno strumento esclusivo CORE di pianificazione/gestione strategica basata su un concetto reso popolare in Giappone alla fine degli anni '50 dal professor Yogi Akao, egli affermava: "Ogni persona è l'esperto del proprio lavoro e il TQC giapponese (Total Quality Control) è progettato per utilizzare il potere di pensiero collettivo di tutti i dipendenti per rendere la propria organizzazione la migliore nel suo campo". (Jacobson, 2024)

La matrice è stata utilizzata durante le fasi preliminari di progetto per determinare le diverse funzioni aziendali che sarebbero dovute intervenire affinché il progetto di miglioramento dei ritardi di produzione avesse successo.

Uno dei principi cardine di Hoshin Kanri è l'identificazione di un numero molto ristretto di azioni strategiche che hanno un impatto notevole sul funzionamento aziendale e, successivamente, l'aggiunta di struttura a queste azioni per garantirne una implementazione di successo.

La **Policy Deployment Matrix** è uno strumento chiave per realizzare questo principio. Attraverso un approccio a cascata guidato dalla voce del cliente (VOC), questa matrice permette di tradurre un piano strategico in azioni concrete, portando gli obiettivi fino al "punto di impatto", dove effettivamente si svolge il lavoro. È particolarmente utile per attuare cambiamenti significativi, sia strategici che culturali, a livello aziendale.

La matrice è progettata per identificare gli obiettivi strategici e trasmetterli attraverso i vari livelli dell'organizzazione. Man mano che gli obiettivi fluiscono lungo la catena di comando vengono progressivamente dettagliati e adattati per aumentare la loro rilevanza locale e operativa.

Nella Figura 10 sottostante è illustrata schematicamente la struttura di una Policy Deployment Matrix.

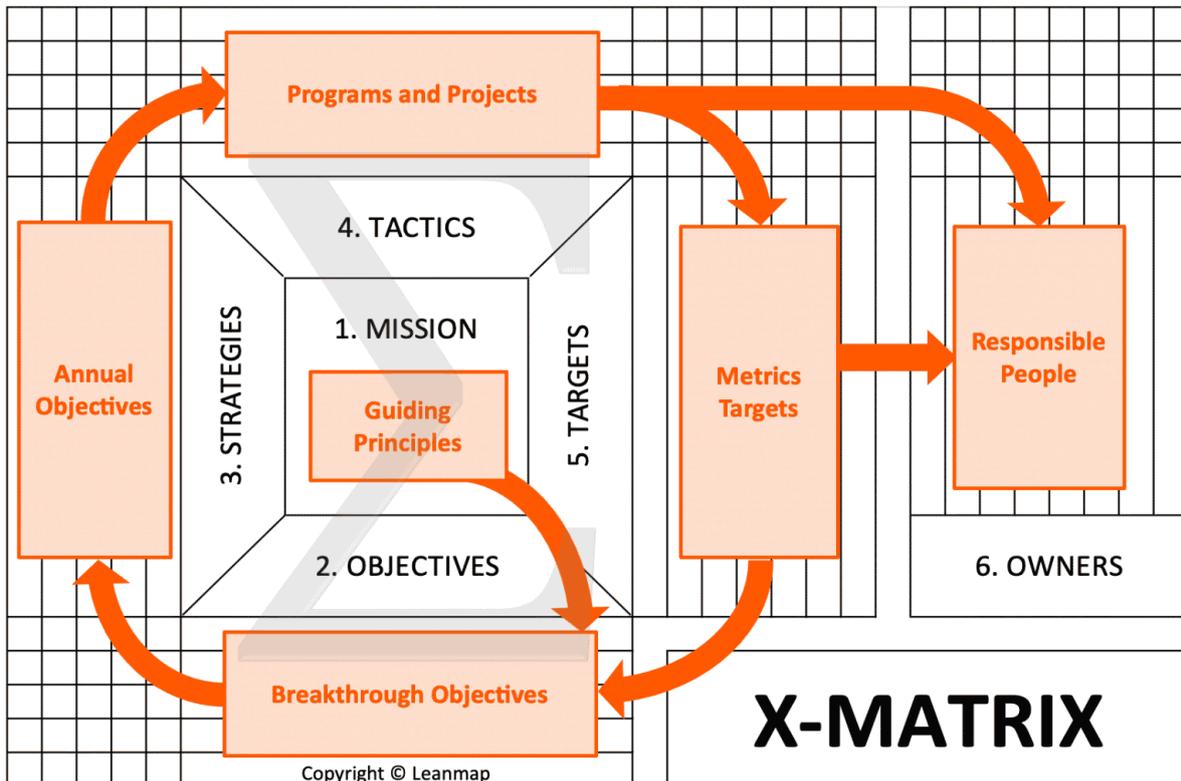


Figura 10. Elementi della X-Matrix (Leanmap, s.d.)

Per applicare efficacemente la **Policy Deployment Matrix**, è necessario seguire sei passaggi fondamentali:

1. **Definire la visione e la missione aziendale a lungo termine:**
 - **Descrizione quantificabile** dei risultati attesi.
 - **Metriche per misurare** il miglioramento e valutare il raggiungimento della visione.
 - **Limiti temporali** per il completamento degli obiettivi.
 - **Responsabili** per il raggiungimento degli obiettivi.
2. **Stabilire obiettivi specifici** chiedendosi: "Cosa devo fare per raggiungere questo obiettivo?"
3. **Utilizzare il metodo "catchball"** per facilitare la comunicazione tra gli stakeholder e costruire consenso sulla **strategia** da applicare. È cruciale continuare questo processo fino a raggiungere il vero "punto di impatto", coinvolgendo le persone direttamente responsabili.

4. **Comunicare il piano** a tutti i soggetti coinvolti, con particolare attenzione ai membri critici per il successo del progetto. Questo permette di definire a livello piano **tattico** come verrà sviluppato il progetto
5. **Monitorare gli avanzamenti utilizzando KPI e target** intervenendo prontamente se il progetto devia dalla sua direzione prevista.
6. **Organizzare incontri ricorrenti** tra gli sponsor del progetto e coloro che sono responsabili del suo sviluppo per:
 - Tenere gli sponsor aggiornati sugli sviluppi.
 - Risolvere problemi.
 - Assicurarci che il progetto sia in linea con il piano.
 - Condurre Root Cause Analysis delle problematiche riscontrate.
 - Identificare e implementare azioni correttive.

La metodologia di **Policy Deployment** favorisce una comunicazione efficace tra tutti i livelli aziendali, mantenendo i dipendenti focalizzati sugli obiettivi definiti dal cliente. Inoltre, riduce significativamente i rischi associati a una comunicazione inefficace e a una direzione strategica poco chiara.

Questo allineamento garantisce che gli obiettivi strategici del management siano coerenti con i piani dei quadri dirigenti (livello tattico) e con le attività svolte dai dipendenti (livello funzionale).

5.2.2. VALUE STREAM MAP

Per la mappatura del processo produttivo della cella “Corpi” abbiamo utilizzato uno strumento chiamato Value Stream Map. Conosciuta anche come Mappatura del Flusso del Valore, la Value Stream Map è un tool essenziale nella Lean Manufacturing per visualizzare e analizzare i processi produttivi. Essa consente di esaminare sia il flusso fisico del prodotto lungo la linea produttiva, dal punto di partenza fino al cliente finale, sia il flusso informativo, che segue il percorso inverso, dal cliente al fornitore.

La Value Stream Map facilita l'identificazione e la visualizzazione di tutte le attività, siano esse a valore aggiunto o meno, all'interno del processo analizzato. Questo aiuta a individuare colli di bottiglia e attività critiche, permettendo di scoprire opportunità di miglioramento continuo e ottenere benefici significativi.

I principali vantaggi della Value Stream Map nell'analisi di un processo produttivo includono:

- **Rappresentazione Visiva:** La Value Stream Map è uno strumento grafico che rappresenta in modo chiaro e immediato l'intero processo produttivo. Utilizza simboli standardizzati per indicare attività, movimentazione di materiali, flussi di dati (sia telematici che non), e accumuli di materiali, associando a ciascuna parte dati utili per l'analisi. Ad esempio, per le attività, sono indicati il tempo necessario e il numero di risorse umane allocate, mentre per gli accumuli di materiale è indicata la quantità di pezzi a magazzino.

Di seguito sono riportati alcuni dei simboli più comuni utilizzati nella Value Stream Map:

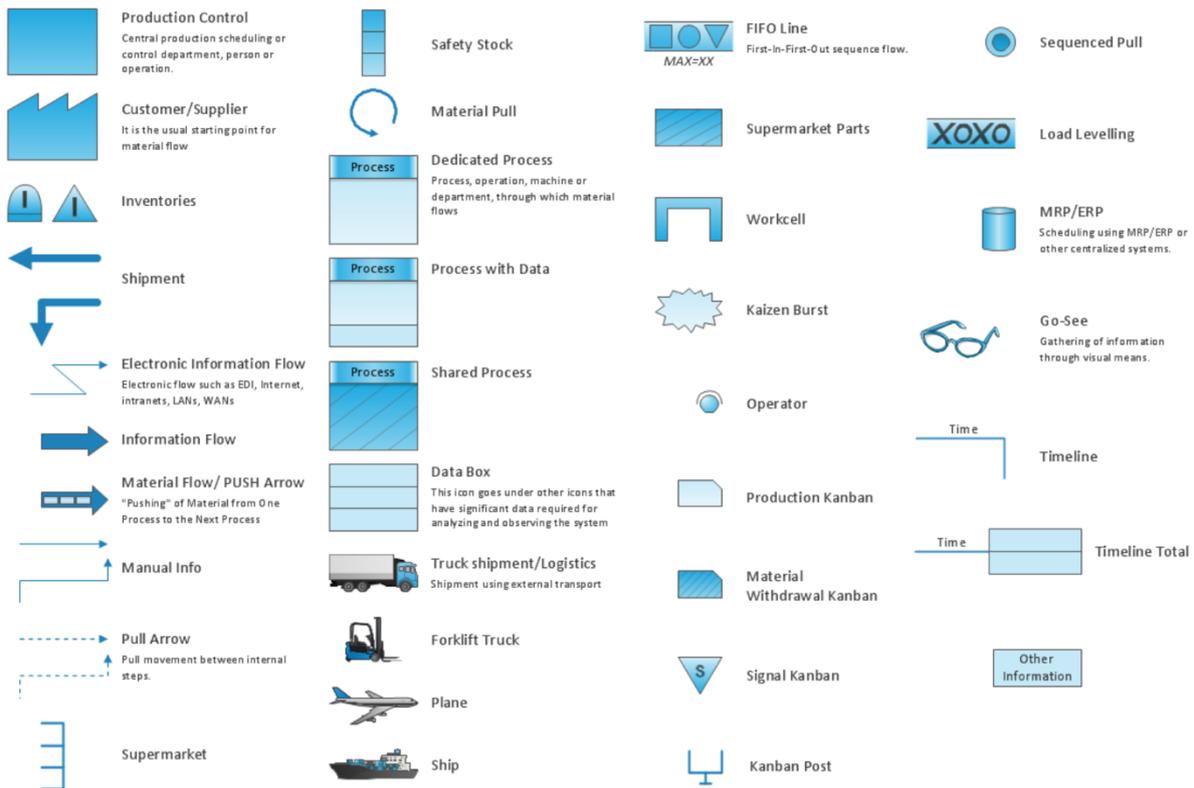


Figura 11. Simboli Value Stream Map (Odessa Corp., s.d.)

- Durata delle Operazioni:** La Value Stream Map consente di indicare i tempi necessari per completare le varie attività, sia quelle a valore aggiunto che quelle di attesa non a valore aggiunto. Questa funzione permette di evidenziare in modo chiaro le attività critiche e i colli di bottiglia del processo. Inoltre, consente di calcolare con precisione il lead time di produzione, fornendo una panoramica dettagliata del tempo complessivo richiesto per la produzione e identificando le aree in cui è possibile migliorare l'efficienza.
- Rilevamento degli sprechi:** L'obiettivo principale della Value Stream Map è appunto quello di individuare gli sprechi, chiamati in giapponese Muda, presenti nel processo. I Muda possono essere suddivisi in 7 categorie che in inglese formano l'acronimo "TIMWOODS" ovvero: trasporto del materiale, inventario, movimenti dell'operatore non a valore aggiunto, attese (waiting), sovrapproduzione (overproduction), extra lavorazione (overprocessing), difetti e skill del personale. (Micheli, s.d.)
- Flussi di Informazioni:** La Value Stream Map non si limita a rappresentare il flusso fisico dei materiali lungo il processo produttivo, ma schematizza anche il flusso delle

informazioni necessarie per la creazione del prodotto finito. Questo flusso informativo segue una direzione opposta rispetto al flusso fisico e risulta essenziale per comprendere come i dati vengono utilizzati e come vengono prese le decisioni durante il processo.

- **Concentrazione sui Flussi di Valore:** La mappa evidenzia il percorso del valore, ovvero tutte le attività (sia quelle che generano valore sia quelle che non lo generano) coinvolte nella trasformazione di un prodotto dalla materia prima al consumatore finale. Questa analisi aiuta a identificare le aree critiche da migliorare e a sviluppare piani d'azione per affrontare le problematiche emerse, facilitando il miglioramento continuo e l'ottimizzazione del processo.

La Value Stream Map aiuta a individuare le aree più critiche da migliorare e a creare piani d'azione per affrontare le problematiche che sono emerse.

5.2.3. ROOT CAUSE ANALYSIS

La Root Cause Analysis (RCA) è il processo di scoperta delle cause alla base dei problemi, che abbiamo riscontrato, al fine di identificare le soluzioni più adeguate.

Questa si avvale di diverse tecniche come ad esempio il diagramma Fishbone Ishikawa, 5 Whys e molti altri; tutte queste tecniche sono accomunate da un obiettivo comune: individuare la causa alla radice del problema che si vuole analizzare.

“La Root Cause Analysis (RCA) è una tecnica di indagine che viene applicata ad eventi di particolare impatto, in particolare incidenti, ed è finalizzata ad esaminare quanto accaduto ricercandone le cause.

Rispetto alle indagini di tipo tradizionale, l’obiettivo è quindi focalizzato non tanto sulla ricerca delle responsabilità (chi è stato), quanto sulla identificazione degli interventi di miglioramento (in modo da evitare il ripetersi dell’accaduto).” (Humanware, s.d.)



Figura 12. Step Root Cause Analysis (Focus Informatica, s.d.)

Quest'analisi si basa sul presupposto che sia più efficace prevenire e risolvere sistematicamente le cause profonde dei problemi, piuttosto che limitarsi a trattare i sintomi e "spegnere gli incendi" solo quando si manifestano.

La Root Cause Analysis (RCA) può essere eseguita utilizzando una varietà di principi, tecniche e metodologie per identificare le cause originarie di un evento o di una tendenza. Andando oltre i rapporti superficiali di causa ed effetto, l'RCA è in grado di rivelare dove i processi o i sistemi non sono riusciti a generare il valore aggiunto previsto, o hanno originato un problema.

La Root Cause Analysis adotta un approccio che considera l'incidente come il risultato finale non desiderato di un processo. Questo processo inizia esaminando condizioni stabili che presentano lacune, inefficienze o errori di progettazione del sistema, note come "latent conditions". Queste condizioni latenti possono portare a situazioni di "latent failure", ovvero le vere condizioni operative in cui gli operatori lavorano.

Successivamente, si analizzano le "active failures", ossia le azioni non sicure che facilitano errori umani e altre violazioni, contribuendo così all'emergere del problema.

Per condurre un'analisi delle cause alla radice efficace, è essenziale seguire alcuni principi fondamentali. Questi principi non solo migliorano la qualità dell'analisi, ma sono anche cruciali per chi la esegue, poiché consentono di ottenere la fiducia e il riconoscimento da parte di clienti e management.

Questi principi indispensabili per considerare una Root Cause Analysis come efficace sono:

- Concentrarsi sulla correzione e sul rimedio alle cause profonde piuttosto che solo sui sintomi.
- Non ignorare l'importanza del trattamento dei sintomi per un sollievo a breve termine.
- Renditi conto che possono esserci, e spesso ci sono, molteplici cause profonde.
- Concentratevi su COME e PERCHÉ è successo qualcosa, non su CHI ne sia responsabile.
- Sii metodico e trova prove concrete di causa-effetto per sostenere le affermazioni sulla causa principale.
- Fornire informazioni sufficienti per definire una linea di condotta correttiva.
- Considera come prevenire (o replicare) una causa principale in futuro.

(Salesforce, s.d.)

Quando si utilizzano strumenti di Root Cause Analysis, è fondamentale adottare un approccio globale e olistico. Per garantire che l'analisi sia efficace e utile, è essenziale fornire il contesto in cui è stata condotta e ulteriori informazioni che poi saranno tradotte in azioni o utilizzate per prendere decisioni.

Per effettuare una corretta analisi delle cause alla radice efficace, come accennato in precedenza, è stato necessario utilizzare diverse tecniche di analisi (spesso in combinazione tra loro).

Tra le metodologie più conosciute e diffuse per analizzare i processi produttivi, quelle impiegate nel nostro progetto includono:

- **5 WHYS ANALYSIS:** Questa tecnica, semplice ma potente, consiste nel ripetere la domanda "Perché?" cinque volte o più per arrivare alla causa principale del problema. L'obiettivo è identificare la radice del problema e fermare l'analisi quando ulteriori domande "Perché?" non apporterebbero ulteriori benefici. Questo approccio consente di approfondire il problema, rivelare le correlazioni tra risposte e domande, e ottenere una comprensione più chiara della situazione. Infine, permette di identificare la vera causa del problema e affrontarla in modo efficace.



Figura 13. 5 WHY (Opinaldo, 2023)

- **PARETO CHART:** Questo strumento, pur non essendo strettamente di analisi delle cause radice, è stato utilizzato a supporto della RCA e consiste in un grafico a barre che classifica le problematiche in ordine decrescente di frequenza. L'obiettivo è separare i problemi di minore importanza da quelli significativi.

Il grafico aiuta a identificare le aree su cui concentrarsi, poiché permette di visualizzare chiaramente quali problemi hanno il maggiore impatto. La riduzione della lunghezza delle barre nell'istogramma mostra l'effetto dei miglioramenti implementati.

Una variante più sofisticata del grafico di Pareto è l'**Analisi ABC**. Questa tecnica classifica le cause in tre categorie (A, B e C) in base al loro impatto relativo. Secondo il principio di Pareto, circa l'80% dei problemi deriva dal 20% delle cause. Pertanto, è consigliabile focalizzarsi prima sulle cause di classe A, che hanno il maggiore impatto, prima di passare a quelle di classe B e C, che hanno effetti minori.

Questa strategia consente di ottimizzare l'allocazione delle risorse e massimizzare l'efficacia delle azioni correttive.

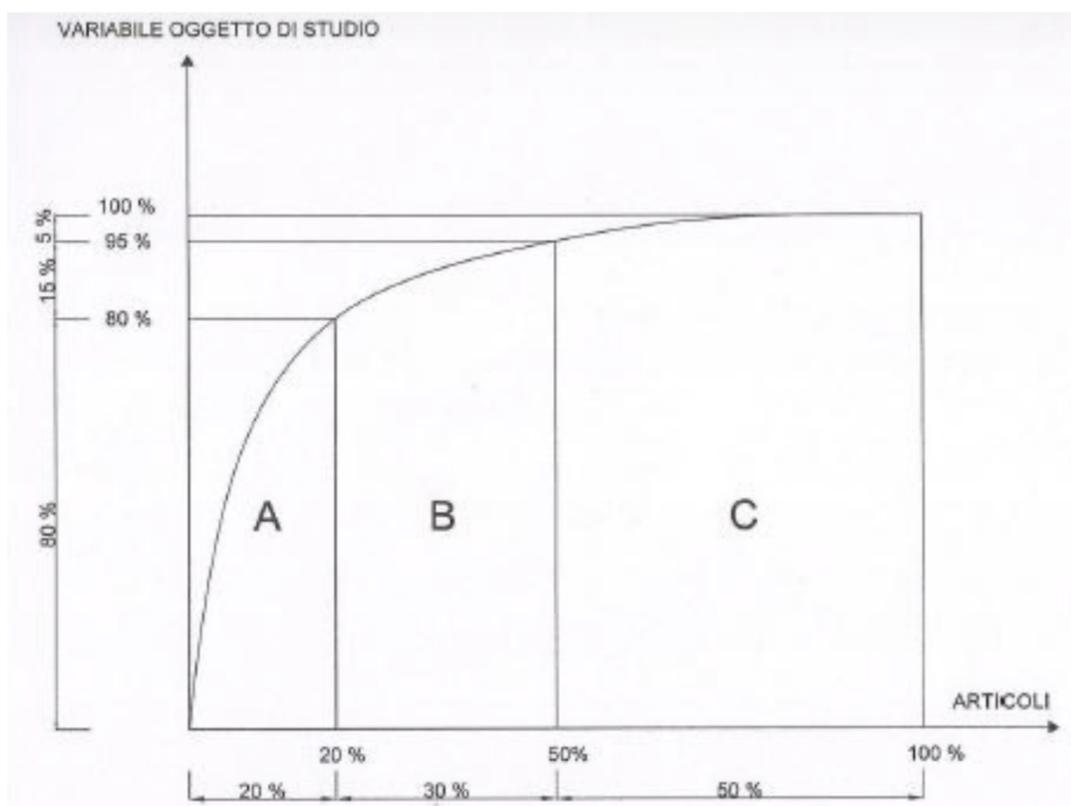


Figura 14. Analisi ABC (Regina, 2018)

6. SCRUM

Scrum è un framework agile utilizzato per la gestione di progetti, ha come obiettivo di promuovere il progresso iterativo, la collaborazione tra i membri e l'adattabilità di fronte alle difficoltà che si presentano durante lo sviluppo del progetto.

L'organizzazione del lavoro è divisa in sprint di breve durata caratterizzati da limiti temporali stringenti e cadenzati, grande enfasi viene posta sul fornire feedback continui e il miglioramento incrementale del prodotto.

I ruoli chiave interni a un progetto Scrum sono il Product Owner, lo Scrum Master e il team di sviluppo, queste diverse figure devono cooperare per raggiungere gli obiettivi del progetto in modo efficiente.

Scrum ha tratto ispirazione dall'articolo HBR del 1986 "The New New Product Development Game", in cui Takeuchi e Nonaka avevano confrontato un nuovo approccio olistico all'innovazione con lo sport del rugby. (Kneafsey, A Short History Of Scrum, s.d.)

In questo sport, è fondamentale che l'intera squadra sia "allineata": ogni giocatore deve avere ben chiaro l'obiettivo da raggiungere, che deve essere condiviso con tutti gli altri membri della squadra. Questo crea un'unità di intenti che permette di conquistare la palla e raggiungere la "meta" – l'obiettivo finale che consente di ottenere punti.

Allo stesso modo, come i giocatori di rugby cooperano per andare a meta, grazie a Scrum i membri di una squadra di progetto possono aiutarsi vicendevolmente per raggiungere il risultato desiderato, ossia il completamento del progetto.

Scrum è esso stesso un termine che deriva dal mondo del rugby; infatti, è il termine per definire quel momento che in italiano prende il nome di mischia. In questo momento tutti i giocatori della squadra sono uniti uno contro l'altro e si muovono in contemporanea per conquistare la palla, come mostrato in Figura 15.



Figura 15. Mischia o Scrum durante una partita di rugby

La prima implementazione completa di Scrum è avvenuta nel 1993 quando Jeff Sutherland, John Scumniotales e Jeff McKenna hanno implementato Scrum presso la Easel Corporation. (Kneafsey, A Short History Of Scrum, s.d.)

Come spiegato da Jeff Sutherland nel suo libro "SCRUM: The art of doing twice the work in half the time" alla base di Scrum ci sono le azioni di ispezione e adattamento.

Scrum si basa su un'idea semplice: ogni volta che inizi un progetto, perché non controllarlo regolarmente, per vedere se quello che stai facendo sta andando nella giusta direzione e se è effettivamente ciò che la gente vuole? E chiedi se ci sono modi per migliorare il modo in cui stai facendo quello che stai facendo, qualche modo per farlo meglio e più velocemente e cosa potrebbe impedirti di farlo. (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

La domanda principale che ciascun membro di un gruppo di lavoro deve porsi è: "Cosa porterà il massimo valore al progetto?".

Rispondendo a questa domanda, è possibile trovare soluzioni più efficienti per risolvere i problemi che possono sorgere durante lo sviluppo di un progetto e identificare strade alternative per accelerare il processo di miglioramento.

Questo, di conseguenza, porta a una maggiore velocità nello sviluppo e nel completamento dei progetti assegnati.

6.1. DIFFERENZA TRA EVENTO E ATTIVITÀ

In questo elaborato, i termini "evento" e "attività" saranno utilizzati con significati specifici. Per questa ragione, è opportuno definire chiaramente cosa si intende con ciascuno di questi termini.

“Con il termine Evento, Scrum indica un meeting [...] con un obiettivo chiaro e trasparente e un timebox (una durata) definito.

Gli Eventi di Scrum sono prescrittivi (ovvero obbligatori) perché ognuno di loro rappresenta un’occasione formale di Inspect & Adapt.” (Filippetti, 2024)

Un **evento** è un particolare momento durante lo sviluppo di un progetto Scrum. Esso rappresenta un'opportunità per la squadra di progetto di confrontarsi sull'avanzamento dei lavori. Gli eventi in Scrum sono utilizzati per cadenzare il progresso delle attività di progetto e ridurre al minimo la necessità di riunioni non pianificate.

Durante gli eventi, i membri del team prendono decisioni strategiche su come far avanzare il progetto. I componenti del gruppo sono incoraggiati a comunicare il lavoro svolto, i risultati ottenuti e le problematiche incontrate. Gli eventi Scrum permettono di velocizzare lo sviluppo del processo grazie a tecniche di analisi e soluzione dei problemi riscontrati durante lo svolgimento dello Sprint precedente.

I feedback del team sono particolarmente utili per chi gestisce il progetto, il cui obiettivo, secondo la visione Scrum, è eliminare gli ostacoli che rallenterebbero lo svolgimento del progetto.

Con **attività** si intendono le azioni intraprese dalla squadra di progetto per preparare il materiale necessario al successo dell'evento pianificato successivo.

Le attività si dividono in due categorie, in base al loro contributo allo sviluppo del progetto: gestionali e pratiche.

- **Attività gestionali:** Queste permettono di tenere sotto controllo l'avanzamento del processo e comprendono, ad esempio, l'aggiornamento del macro-plan del progetto da parte dello Scrum Master, permettendo alla squadra di rimanere allineati sullo sviluppo.
- **Attività operative:** Queste includono tutte le azioni necessarie per portare a compimento gli obiettivi del progetto previsti per lo Sprint in corso. Attraverso queste attività vengono sviluppate le caratteristiche del prodotto.

Nel capitolo successivo, "I CINQUE EVENTI SCRUM", sarà approfondito il concetto di Sprint, già menzionato in questo capitolo.

6.2. SCRUM MASTER E PRODUCT OWNER

È innanzi tutto necessario definire le figure chiave per lo sviluppo di un progetto, che prendono il nome di stakeholder e si dividono in due tipologie:

- Interni: ovvero coloro che partecipano attivamente allo sviluppo del progetto, questi prendono il nome di sviluppatori (o development team).
- Esterni: comprende tutti coloro che sono interessati o impattati dal progetto, ad esempio il management, clienti, fornitori e altre funzioni aziendali.

Per facilitare la corretta gestione dei differenti stakeholder di un progetto, devono essere individuate delle figure incaricate della conduzione delle attività da svolgere e della corretta comunicazione con le entità esterne al progetto.

Queste figure prendono il nome di Scrum Master e Product Owner.

Lo Scrum master viene descritto da Sutherland come:

“La persona che accompagna il team nell’utilizzo del framework Scrum, e aiuta la squadra a eliminare tutto ciò che la rallenta.” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Lo Scrum Master è il facilitatore principale dell'applicazione del framework Scrum all'interno della squadra di progetto.

Sebbene non sia direttamente responsabile per l'assegnazione delle priorità alle attività — un compito che spetta al Product Owner — lo Scrum Master gioca un ruolo cruciale nella gestione e ottimizzazione del processo Scrum, assumendo funzioni simili a quelle di un project manager tradizionale.

Le responsabilità dello Scrum Master variano a seconda della fase dello Sprint e includono, tra le altre:

- Facilitare i Daily Scrum per garantire che le riunioni siano produttive e focalizzate.
- Supportare la pianificazione dello Sprint, collaborando con il team e il Product Owner per definire gli obiettivi e il backlog.

- Partecipare alla Sprint Review per raccogliere feedback e identificare opportunità di miglioramento.
- Osservare e documentare aree di potenziale miglioramento e azioni necessarie per gli Sprint futuri.

Altre mansioni dello Scrum Master includono la gestione della Scrum Board (come dettagliato nel capitolo successivo) e le consultazioni individuali con i membri del team per affrontare problemi specifici.

La responsabilità principale dello Scrum Master è rimuovere gli ostacoli che potrebbero rallentare il progresso del team.

Grazie alla sua posizione di intermediario tra il team e il management esterno, lo Scrum Master lavora per garantire che il team possa lavorare senza impedimenti, ottimizzando così l'efficacia del processo Scrum.

Il Product Owner è colui che ha “la visione di ciò che verrà realizzato. Tenendo conto dei rischi e dei benefici, di ciò che è possibile, di ciò che può essere fatto e di ciò che appassiona il gruppo.” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Il Product Owner è colui che mette in comunicazione la squadra di progetto (stakeholder interni) con il management, i clienti e i diversi stakeholder esterni impattati dalle attività di progetto secondo lo schema riportato nella Figura 16.

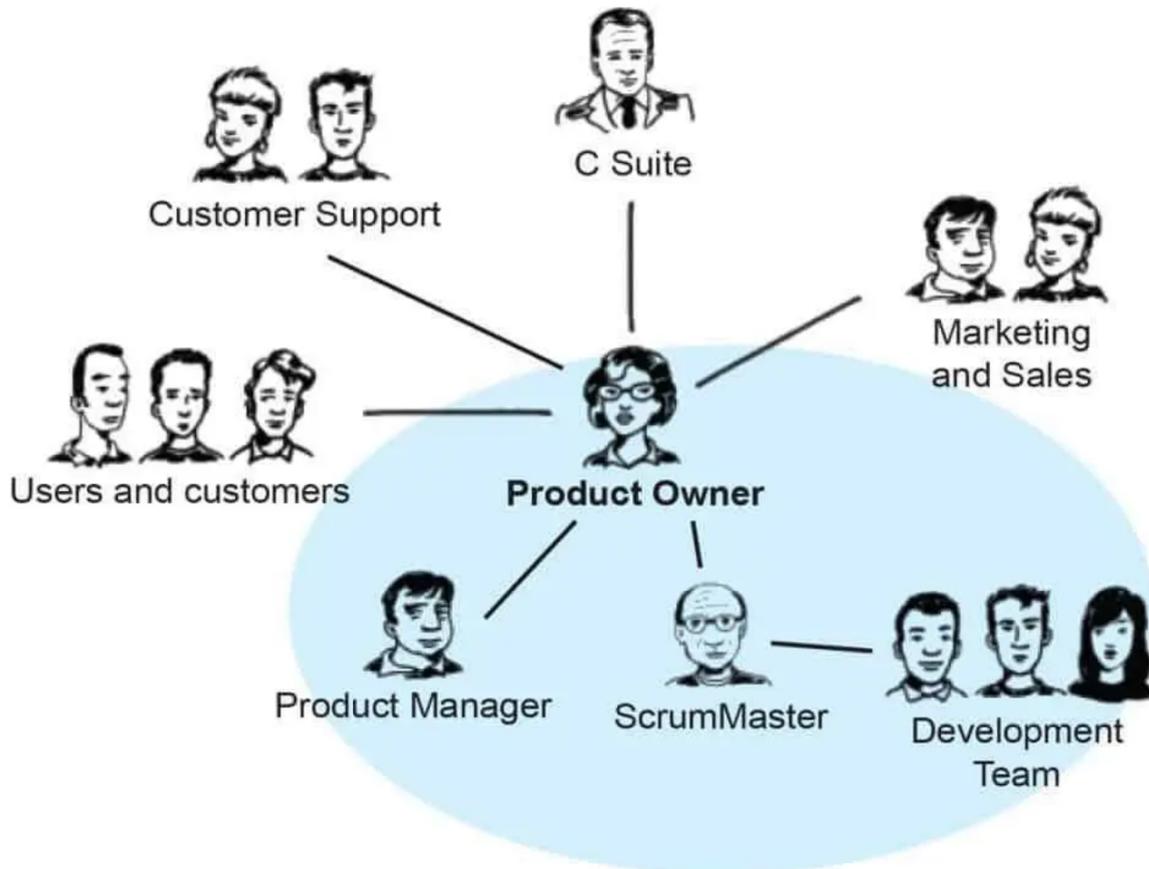


Figura 16. Organigramma Product Owner (Eby, 2017)

Nonostante il Product Owner sia responsabile della visione complessiva del progetto e della definizione di come sarà strutturato il prodotto finale, è essenziale che lasci al team di lavoro la libertà di decidere come raggiungere gli obiettivi prefissati.

Il ruolo del Product Owner implica una profonda comprensione sia del processo applicato dalla squadra (cosa può essere fatto e cosa no) sia delle caratteristiche del prodotto, in modo da poter trasformare tali caratteristiche in valore tangibile.

In quanto custode della visione del prodotto e della conoscenza degli elementi che creano il maggior valore, il Product Owner deve alimentare il team con le giuste attività e priorità. Per fare ciò in modo efficace, è cruciale che lavori a stretto contatto con il team, dedicando tempo sufficiente al confronto e alla discussione con i membri del gruppo.

Per questa ragione, è sconsigliabile assegnare il ruolo di Product Owner a figure come l'amministratore delegato, che potrebbe non avere il tempo necessario per gestire queste attività in modo adeguato.

Il Product Owner deve essere sufficientemente coinvolto e disponibile per assicurarsi che le attività siano allineate con la visione del progetto e per facilitare la collaborazione continua con il team.

Come afferma Jeff Sutherland: "Misuro un Product Owner in base alla quantità di entrate che genera per "punto" di impegno." (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Il compito principale del Product Owner è identificare il 20% delle attività che generano l'80% del valore del progetto, come illustrato nel grafico seguente. L'obiettivo è consegnare il prodotto non appena si supera questa soglia, ma solo dopo aver raggiunto l'MVP (Minimum Viable Product).

Il Minimum Viable Product rappresenta una versione base del prodotto che possiede un valore intrinseco riconosciuto dal cliente, pur avendo un numero limitato di funzionalità aggiuntive. Ogni ulteriore aggiunta al prodotto base implica lo sviluppo di nuove attività, che possono aumentare la complessità e i tempi di consegna.

La competenza del Product Owner consiste nel selezionare le caratteristiche del prodotto che hanno il maggiore impatto sul valore percepito dal cliente. Questo approccio consente di massimizzare il valore generato dalla squadra di sviluppo, garantendo che le risorse siano allocate in modo ottimale e che il prodotto soddisfi le esigenze principali del cliente nel minor tempo possibile.

Measuring Value Key to Better Delivery

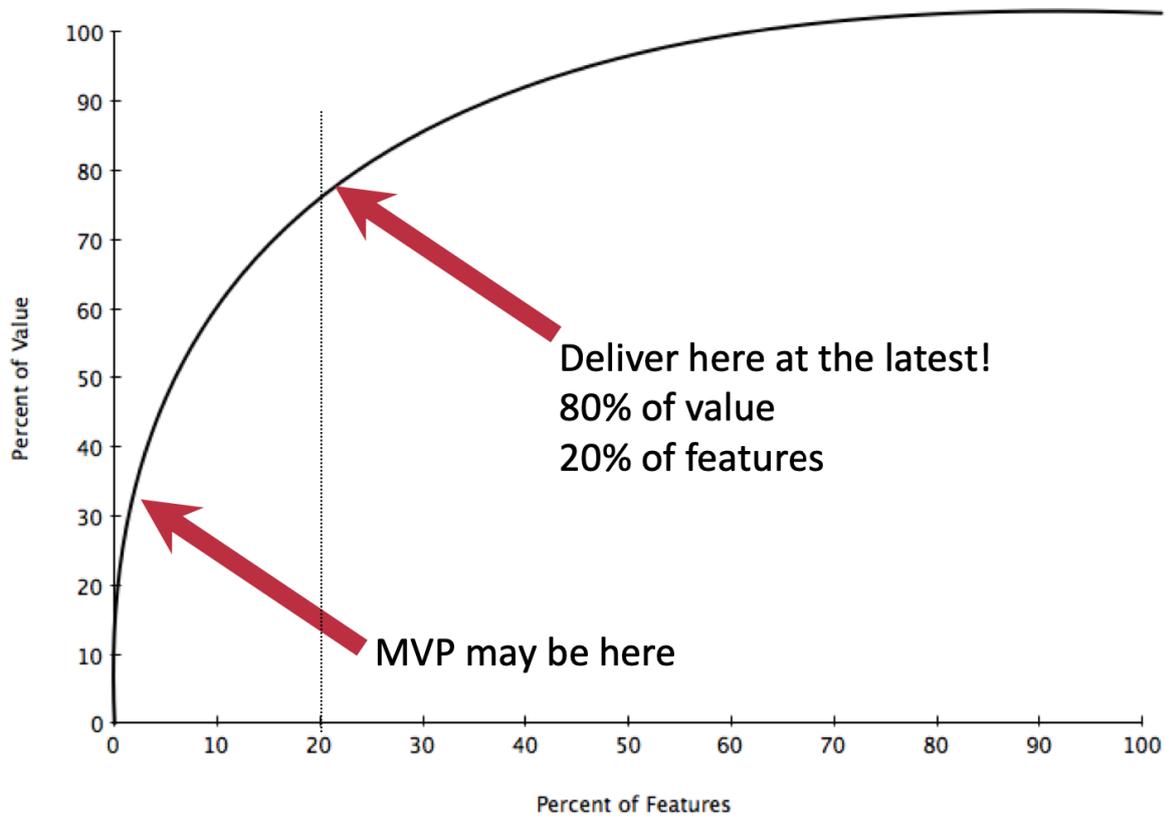


Figura 17. Curva valore percepito/features prodotto (Sutherland, *The Scrum Leader's Dashboard Transparency without the waste of traditional reporting*, s.d.)

Una consegna che rispetta queste proporzioni consente di incrementare esponenzialmente il valore creato dal processo, specialmente se questa strategia viene applicata ciclicamente. Ogni ciclo di sviluppo, seguendo il principio del 20/80, consente di massimizzare il valore prodotto, e ripetendo questo approccio si crea un percorso di crescita continua del valore, come illustrato nel grafico seguente, che mostra l'accumulo di valore attraverso più cicli di sviluppo.

Dopo ogni consegna, il Product Owner deve analizzare attentamente i risultati e determinare quali attività sviluppare nel ciclo successivo.

L'obiettivo principale rimane quello di ottimizzare il valore prodotto, minimizzando al contempo lo sforzo necessario.

Questo approccio iterativo e incrementale permette di affinare continuamente il prodotto e rispondere meglio alle esigenze del cliente, garantendo che ogni ciclo di sviluppo contribuisca in modo significativo al miglioramento complessivo del progetto.

Si viene quindi a creare un effetto “Compounding” dove, a seguito di ogni iterazione, il valore creato dal progetto cresce in maniera logaritmica, questa caratteristica può quindi essere sfruttata introducendo ulteriori iterazioni, le quali garantiranno un andamento del progetto come indicato in Figura 18.

COMPOUNDING VALUE-RADICALLY BETTER DELIVERY

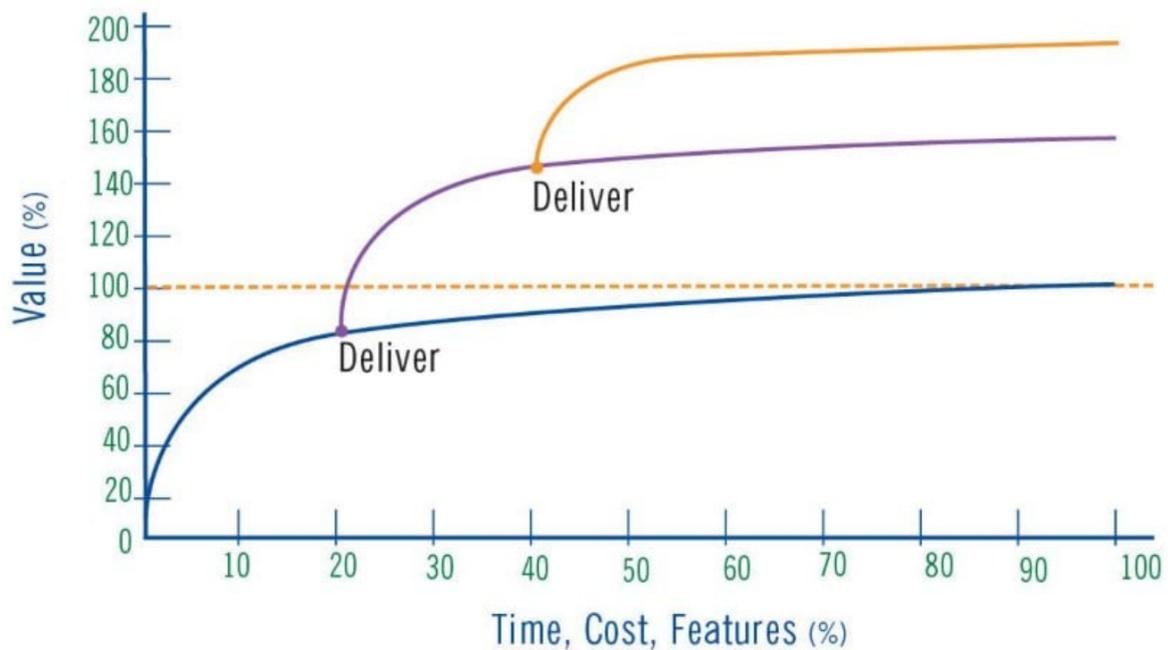


Figura 18. Benefici dell'approccio iterativo (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Fondamentale, quindi, per il Product Owner, è di avere la capacità di individuare queste attività a maggior valore aggiunto. Comunicando correttamente gli obiettivi agli stakeholder interni e il valore creato ai clienti del progetto.

6.3. I CINQUE EVENTI SCRUM

Gli elementi più importanti di Scrum sono la comunicazione, l'apertura e la trasparenza. La collaborazione con i clienti, siano essi interni o esterni, è essenziale, e il team di progetto non deve temere i cambiamenti. I feedback sono fondamentali per assicurarsi che il progetto stia procedendo nella direzione giusta.

Questa stretta collaborazione consente di apportare modifiche durante il processo, riducendo sia i costi che il tempo necessario per implementarle.

Gli approcci Scrum richiedono solo che impariamo dai nostri errori e/o identifichiamo nuovi modi per migliorare. Come recita uno dei principi dell'Agile Manifesto: "A intervalli regolari, il team riflette su come diventare più efficace; quindi, sintonizza e adatta il proprio comportamento di conseguenza". (Kneafsey, The Five Scrum Events, s.d.)

Il progetto viene suddiviso in Sprint di breve durata, ciascuno composto da cinque elementi fondamentali: Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review, Sprint Retrospective, e lo Sprint vero e proprio.

Quest'ultimo, per ragioni di leggibilità dell'elaborato, è stato trattato precedentemente e non verrà ripreso in questa sezione.

Gli altri eventi Scrum possono essere rappresentati nel tempo secondo lo schema riportato nella Figura 19. Lo Sprint Planning è il primo evento, seguito dal Daily Scrum, che si ripete giornalmente per tutta la durata dello Sprint.

Al termine dello Sprint, si svolgono la Sprint Review e la Sprint Retrospective.

Questi eventi forniscono informazioni utili per lo Sprint Planning del ciclo successivo, chiudendo così il cerchio. Un focus specifico su ciascuno di essi verrà approfondito successivamente.

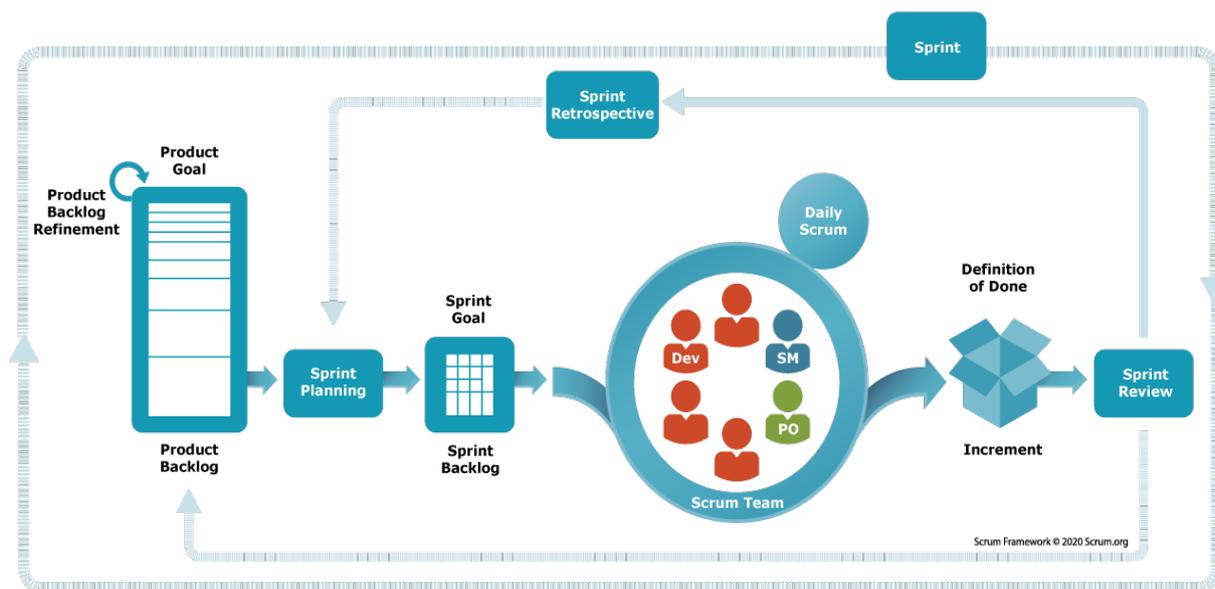


Figura 19. Struttura di uno Sprint (Scrum.org, s.d.)

In questa parte sono approfonditi i cinque eventi che vanno a comporre uno Sprint:

1. Sprint Planning
2. Daily Scrum
3. Sprint Review
4. Sprint Retrospective
5. Sprint

Nella Figura 20 sono riportate in sintesi le principali responsabilità degli stakeholder interni del progetto durante ciascun evento Scrum.

| | PRODUCT OWNER | SCRUM MASTER | DEVELOPMENT TEAM |
|-------------------------|--|---|---|
| 1. Sprint Planning | Trasforma gli obiettivi decisi dal management in attività, può dare una priorità alle differenti attività. | Spinge gli sviluppatori ad aumentare progressivamente il carico di lavoro. | Decidono il carico di lavoro dello Sprint, assegnandosi le attività che sono in grado di sviluppare. |
| 2. Daily Scrum | - | Eliminare eventuali ostacoli o impedimenti al progresso del lavoro del gruppo | Valutare i progressi verso il raggiungimento dell'obiettivo dello Sprint, mantenere l'allineamento con il gruppo e pianificare le proprie attività per le successive 24 ore |
| 3. Sprint Review | Comunica i progressi raggiunti agli stakeholder. | Spostare le attività nella sezione "Fatto" della Scrum Board. | Presentano "Demo" di quanto sviluppato nello Sprint. |
| 4. Sprint Retrospective | Formulare i miglioramenti nella strategia di sviluppo progetto da apportare per il prossimo Sprint. | Formulare i miglioramenti nella strategia di sviluppo progetto da apportare per il prossimo Sprint. | Evidenziare problematiche riscontrate durante lo Sprint |
| 5. Sprint | Eliminare eventuali ostacoli o impedimenti al progresso del lavoro del gruppo | Eliminare eventuali ostacoli o impedimenti al progresso del lavoro del gruppo | Sviluppare le attività prese in carico durante lo Sprint, comunicare immediatamente, in caso di difficoltà, il problema a Scrum Master e Product Owner. |

Figura 20. Principali responsabilità dei membri del team nelle diverse fasi di uno Sprint

6.3.1. SPRINT PLANNING

Come dichiarato da Jeff Sutherland nel suo libro "SCRUM: The art of doing twice the work in half the time": "La pianificazione è utile. Seguire ciecamente i piani è stupido." (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Quest'affermazione è particolarmente vera per quanto riguarda progetti di sviluppo industriale, dove è spesso difficile delineare chiaramente i limiti del progetto, soprattutto in una fase iniziale.

Questa difficoltà nel determinare l'ambito del progetto è legata all'alto numero di variabili in gioco in un processo produttivo.

Un'altra caratteristica che può portare a errori è la tendenza del management a voler conoscere subito una data di consegna del progetto. Tuttavia, per i motivi illustrati in precedenza, questa risulta difficile da stimare correttamente.

La difficoltà di stima segue una distribuzione con le caratteristiche mostrate nella Figura 21, dove si può osservare come la precisione della stima del tempo necessario evolve man mano che ci si avvicina alla fine del progetto.

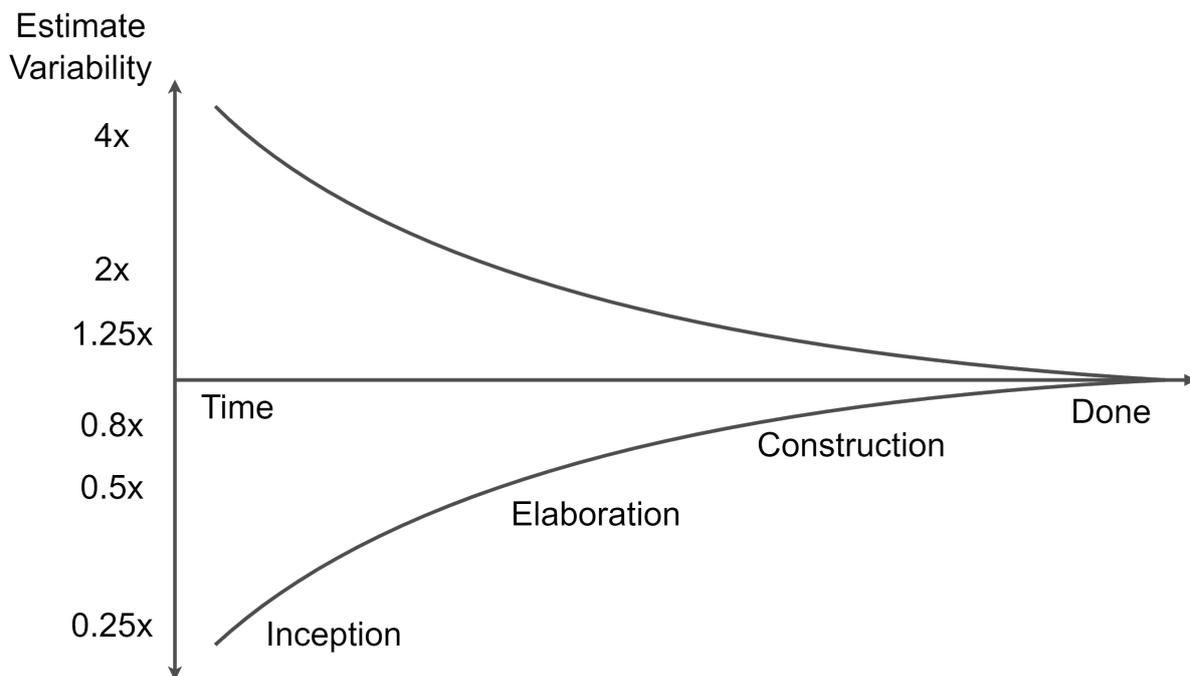


Figura 21. Cone of Uncertainty (Acronymat.com, s.d.)

Quando si pianifica un progetto Scrum, è essenziale considerare la possibilità di modifiche al piano originale durante lo sviluppo del progetto. Questo permette al progetto di essere flessibile e capace di rispondere efficacemente ai cambiamenti.

Lo Sprint Planning è l'evento che dà inizio a ogni Sprint. Durante questa fase, il Product Owner, responsabile del risultato del progetto, e gli sviluppatori discutono quali elementi del Product Backlog saranno inclusi nel prossimo Sprint.

Il Product Backlog contiene tutte le attività non ancora svolte. La squadra di progetto, insieme allo Scrum Master e al Product Owner, si riunisce per pianificare lo Sprint.

Sebbene il Product Owner abbia il diritto di stabilire le priorità, gli sviluppatori sono incoraggiati a scegliere attivamente il carico di lavoro dello Sprint, sollevare eventuali problematiche emerse durante lo sviluppo e respingere carichi di lavoro ritenuti eccessivi.

Il gruppo esamina la parte superiore del Backlog e prevede quante attività potrà completare nello Sprint.

Se la squadra ha già completato alcuni Sprint, si deve considerare il numero di punti realizzati nell'ultimo Sprint, noto come Velocità della squadra.

Lo Scrum Master e il team dovrebbero cercare di aumentare questo numero ad ogni Sprint.

La funzione chiave di questa fase è migliorare la pianificazione man mano che il progetto avanza, piuttosto che fornire immediatamente tutte le tempistiche legate allo sviluppo del processo.

Questo approccio è diverso dalla metodologia “classica” di Project Management, dove viene utilizzato un diagramma di Gantt per definire tutta la successione delle fasi di progetto con le relative tempistiche.

Gli sviluppatori prevedono quante task possono completare nello Sprint, considerando la loro conoscenza della velocità di realizzazione, delle risorse a disposizione e di eventuali fattori che potrebbero influenzare il tempo e le risorse necessarie.

Questa è un'opportunità per il team e il Product Owner di assicurarsi che tutti comprendano come questi elementi contribuiranno alla realizzazione della visione.

Il risultato dell'evento di Sprint Planning è ottenere uno Sprint Goal e uno Sprint Backlog che tutti concordano sia realistico e realizzabile.

Uno dei pilastri su cui si basa Scrum è che una volta definita la tabella di marcia e concordato ciò che si pensa di poter portare a termine nello Sprint, il piano non può essere cambiato e non possono essere aggiunte ulteriori attività.

Il team deve essere in grado di lavorare in autonomia sul materiale assegnato per completare ciò che ha previsto durante lo Sprint Planning.

6.3.2. DAILY SCRUM

Jeff Sutherland afferma che, a suo parere, questo è “Il battito cardiaco di Scrum.” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Il Daily Scrum ha una durata estremamente limitata, massimo 15 minuti. Se si impiegano più di quindici minuti, significa che si sta sbagliando qualcosa. Inoltre, non è obbligatorio che tutti intervengano durante tutti gli eventi.

Ogni giorno, alla stessa ora, il team e lo Scrum Master si devono incontrare e devono rispondere a tre domande e nulla più:

- Cosa hai fatto ieri per aiutare la squadra a finire lo Sprint?
- Cosa farai oggi per aiutare la squadra a finire lo Sprint?
- C'è qualche ostacolo che impedisce a te o al team di raggiungere lo Sprint Goal? (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Il Daily Scrum offre al team l'opportunità di allinearsi e comprendere esattamente il punto in cui ci si trova nello Sprint. Questo incontro è cruciale per verificare se tutte le attività saranno completate in tempo e se ci sono membri del team che necessitano di aiuto per superare ostacoli imprevisti.

Scrum, come già discusso, punta a utilizzare in modo ottimale il tempo e le risorse del team di progetto, e il Daily Scrum è uno strumento chiave per raggiungere questo obiettivo. Durante questo incontro, gli sviluppatori possono fare il punto sull'avanzamento, valutare i progressi verso il raggiungimento dello Sprint Goal, mantenere l'allineamento con il gruppo e pianificare le attività per le successive 24 ore.

I principali benefici del Daily Scrum sono la capacità di apportare modifiche tempestive se necessario e la rapidità nell'affrontare i problemi che possono sorgere durante lo sviluppo delle attività.

Perché il Daily Scrum sia davvero efficace, è fondamentale che il team adotti una comunicazione aperta e sincera riguardo alle attività in corso.

È essenziale evitare di “puntare il dito” verso chi ha segnalato un problema; invece, il team dovrebbe intervenire collettivamente e proattivamente per risolverlo.

Non ci sono compiti assegnati dall'alto: il team è completamente autonomo e decide su cosa lavorare. Non è previsto un reporting dettagliato di queste attività al management.

Il ruolo dello Scrum Master è quello di rimuovere eventuali ostacoli che potrebbero impedire il progresso del lavoro del team.

6.3.3. SPRINT REVIEW

Il principio che da solo riassume il motivo alla base dei nostri prossimi due eventi: la Sprint Review e la Sprint Retrospective hanno un obiettivo comune che viene identificato da un singolo principio espresso nell'Agile Manifesto come:

“A intervalli regolari, il team riflette su come diventare più efficace; quindi, sintonizza e adatta il suo comportamento di conseguenza”. (Kneafsey, The Five Scrum Events, s.d.)

Questi eventi, inoltre, contribuiscono a rendere possibile una maggiore comprensione del progetto da parte del team. Attraverso l'analisi delle problematiche riscontrate e l'allineamento dell'obiettivo con le nuove conoscenze acquisite durante la settimana.

Quindi, oltre a ispezionare le funzionalità del lavoro prodotte durante lo Sprint, fondamentale è anche ottenere feedback utili che possono essere incorporati nel Product Backlog, e che possono aiutare a guidare e semplificare il lavoro per gli Sprint futuri.

Entrambi questi eventi si svolgono alla fine dello Sprint e analizzano due aspetti differenti del processo di avanzamento: la Sprint Review si focalizza sul prodotto creato durante lo Sprint mentre la Sprint Retrospective si concentra sulle problematiche riscontrate.

Lo scopo degli approcci Agile non è necessariamente quello di ottenere tutto “perfetto” la prima volta, ma di migliorare continuamente il risultato, grazie a quanto imparato durante l'ultimo Sprint.

La Sprint Review o Sprint Demo è l'incontro in cui il gruppo mostra ciò che è stato realizzato durante lo Sprint.

Chiunque può venire ad assistere a questo evento, non solo il Product Owner, lo Scrum Master e il team, ma anche gli stakeholder, il management e i clienti. Questo è un incontro aperto in cui la squadra di progetto dimostra cosa è stato in grado di realizzare durante lo Sprint.

Il team dovrebbe solo mostrare ciò che risulta sulla Scrum Board come “Fatto”.

Ovvero tutto ciò che è totalmente finito e può essere consegnato senza ulteriori lavori all'utilizzatore finale, ancor meglio se può iniziare a usarlo e dare riscontri sul prodotto finora sviluppato.

Per azioni complesse questo potrebbe non essere un prodotto completo, ma una caratteristica del prodotto che è stata completata.

Bisogna quindi presentare delle “Demo” per dimostrare l'avanzamento del prodotto su cui si sta lavorando.

Come dichiarato da Johnson riguardo al sistema Sentinel in uso nell'FBI: "Scrum non riguarda gli sviluppatori. Riguarda i clienti e le parti interessate. In realtà si è trattato di un cambiamento organizzativo. Mostrare il prodotto reale è stata la parte più potente." (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

La Sprint Review, che di solito si tiene nell'ultimo giorno dello Sprint, offre allo Scrum Team l'opportunità di presentare agli stakeholder l'incremento ottenuto durante il periodo di lavoro.

Gli stakeholder possono includere una varietà di soggetti a seconda delle caratteristiche specifiche del progetto, come clienti, membri del management e operatori. In generale,

qualsiasi persona che sia rilevante e interessata alle attività e ai risultati del progetto è considerata uno stakeholder.

Durante la Sprint Review, il team dimostra il lavoro completato, fornendo un'opportunità per discutere il progresso, raccogliere feedback e valutare il lavoro svolto.

Questo incontro consente di verificare che l'incremento del prodotto soddisfi le aspettative e i requisiti degli stakeholder, e di identificare eventuali modifiche o aggiustamenti necessari per le future iterazioni.

6.3.4. SPRINT RETROSPECTIVE

La Sprint Retrospective è l'evento finale dello Sprint, è il momento in cui lo Scrum Team esamina che cosa potrebbe essere migliorato per gli Sprint futuri e come dovrebbe farlo.

Come detto in precedenza, questa attività è molto simile alla Sprint review; tuttavia mentre la Review serve a valutare e riflettere sui progressi fatti, l'evento di Sprint Retrospective si focalizza principalmente sui problemi riscontrati e le tecniche da mettere in campo per ridurre il rischio che questi si ripresentino.

La domanda principale di questa fase è: "Qual è il miglioramento del processo che loro, come squadra, possono implementare immediatamente?" (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

La filosofia di Scrum si basa sulla premessa che, anche se il team è altamente qualificato, ci sarà sempre spazio per migliorare, avvicinandosi sempre più alle caratteristiche di un "Dream Team". Successivamente, verrà esplorato il concetto di "Dream Team" e le sue caratteristiche distintive che lo rendono visibilmente superiore ad altri gruppi.

La Sprint Retrospective è un evento cruciale che dovrebbe coinvolgere l'intero Scrum Team, inclusi i membri del team, lo Scrum Master e il Product Owner.

Questo incontro rappresenta un'opportunità per un impegno collaborativo volto al miglioramento continuo della metodologia di lavoro, incarnando l'essenza stessa dei principi Scrum e Agile.

Per essere efficace, la Sprint Retrospective richiede un ambiente di maturità emotiva e fiducia. È fondamentale che i partecipanti comprendano che l'obiettivo non è trovare colpevoli, ma piuttosto analizzare e ottimizzare il processo.

Questa distinzione è cruciale e spesso difficile da far comprendere, ma è essenziale per creare un clima di apertura e cooperazione.

Le domande che il team deve porsi sono: “Perché è successo in questo modo? Perché ce lo siamo persi? Cosa potrebbe renderci più veloci?” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

È essenziale che tutti i membri del team si assumano la responsabilità per il proprio processo e per i risultati ottenuti, cercando soluzioni ai problemi attraverso un confronto costruttivo con gli altri membri. Allo stesso tempo, è fondamentale che ciascuno abbia il “coraggio” di sollevare le problematiche che realmente li preoccupano, facendo riferimento a soluzioni e evitando un linguaggio accusatorio.

Il resto del team deve possedere la maturità necessaria per ascoltare e accogliere i feedback, orientandosi verso una risoluzione collettiva piuttosto che adottare una posizione difensiva.

Al termine di questo incontro, il team e lo Scrum Master dovrebbero concordare sui miglioramenti da apportare al processo. Questi miglioramenti, noti come *kaizen*, devono essere inseriti nel backlog del prossimo Sprint.

Questo approccio consente al gruppo di monitorare gli effetti delle modifiche sulla velocità di lavoro e di verificare se gli aggiustamenti sono stati effettivamente implementati.

6.3.5. SPRINT

Lo Sprint è il fulcro del framework Scrum, attorno al quale ruotano tutti gli altri eventi che ne assicurano una pianificazione e un'esecuzione efficaci. Se gli Sprint sono progettati in modo ottimale, tutte le attività previste si svolgeranno in un contesto coordinato e ben definito, riducendo la complessità e aumentando l'efficienza.

Gli Sprint agiscono come "contenitori" per tutte le attività necessarie al progresso del progetto. Essi permettono di trasformare le idee in valore concreto e comprendono tutte le fasi di lavoro necessarie per avanzare verso l'obiettivo finale.

Ogni Sprint integra il lavoro e le attività richieste, assicurando che le risorse siano utilizzate in modo efficace e che il progetto si sviluppi in modo continuo e mirato.

Questo strumento è molto simile al ciclo PDCA di Deming: "Plan, Do, Check, Act. Plan significa evitare Muri. Do significa evitare Mura. Check significa evitare Muda. Act significa volontà, motivazione e determinazione nel fare tutto." (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Muri, Mura e Muda sono tre termini giapponesi utilizzati per identificare diversi tipi di sprechi all'interno di un processo:

- **Muri:** Rappresenta il sovraccarico di lavoro, risorse o persone. Si riferisce a una situazione in cui il carico di lavoro o le risorse sono gestiti in modo eccessivo, portando a inefficienze e stress.
- **Muda:** Indica le attività che consumano risorse senza generare valore. Queste sono operazioni superflue o non necessarie che non contribuiscono al valore finale del prodotto o servizio.
- **Mura:** Rappresenta la variabilità del processo, cioè l'alternarsi tra mura e muda. La variabilità può portare a inefficienze e discontinuità nella qualità e nelle prestazioni.

Per gestire e ridurre questi sprechi, è utile seguire il ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), che guida il miglioramento continuo:

1. **Pianificare (Plan):** Visualizzare e definire il lavoro e le attività all'interno di un processo o di un'organizzazione. Stabilire un piano di miglioramento con obiettivi chiari.
2. **Eeguire (Do):** Implementare il miglioramento pianificato attraverso una prova controllata o un cambiamento sperimentale.
3. **Controllare (Check):** Misurare e confrontare i risultati ottenuti con gli obiettivi prefissati. Valutare se il miglioramento ha avuto successo o se ci sono discrepanze rispetto alla situazione iniziale.
4. **Agire (Act):** Apportare le correzioni necessarie sulla base dei risultati della fase di controllo. Se i risultati sono in linea con gli obiettivi, stabilizzare il miglioramento; altrimenti, fare aggiustamenti per migliorare ulteriormente.

Il ciclo PDCA è ripetitivo e continuo, stimolando il principio del miglioramento continuo. Ogni iterazione del ciclo consente di affinare e ottimizzare ulteriormente il processo, riducendo gli sprechi e migliorando l'efficienza.

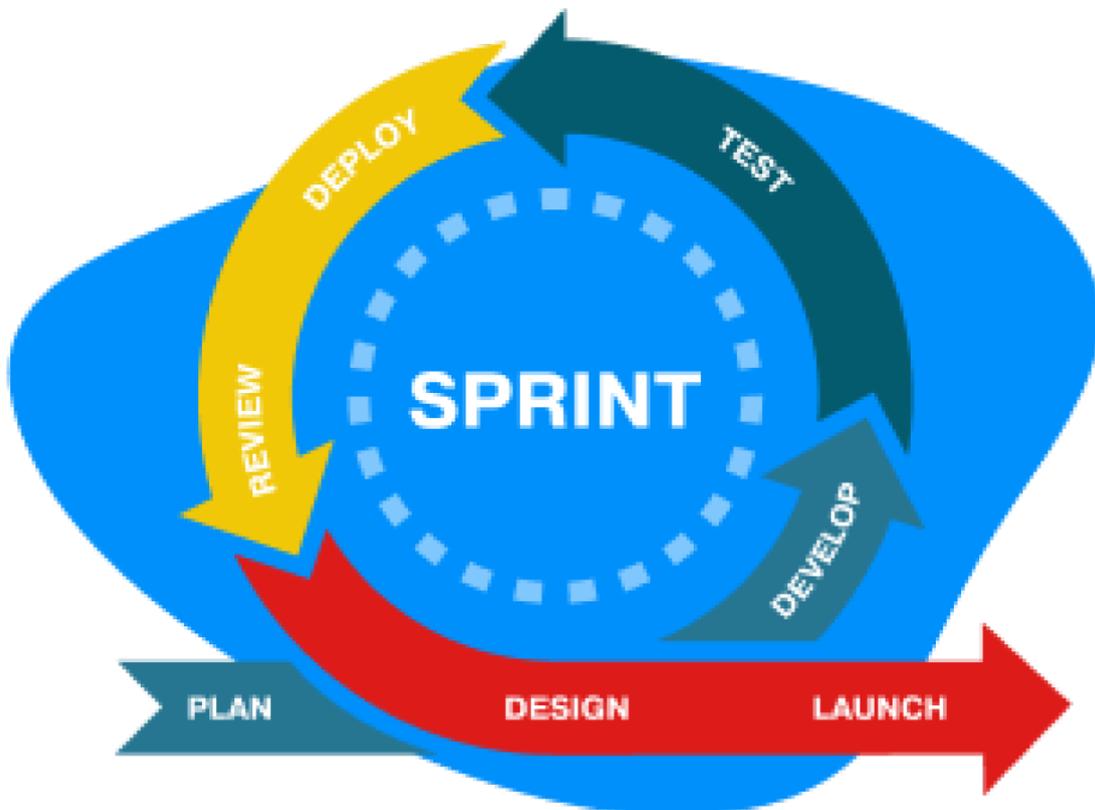


Figura 22. Ciclo PDCA (Ksenia, 2023)

I benefici di uno Sprint sono:

- Evitare che lo Scrum Team si senta sopraffatto dalla quantità e dai ritmi di lavoro.
- Migliorare la prevedibilità e l'affidabilità dei prodotti per i clienti.
- Ridurre il processo di feedback.
- Evitare che lo Scrum Team proceda troppo velocemente nello sviluppo di alcuni task prima che vengano trovati i problemi.
- Aiutare lo Scrum Team a seguire il principio Agile di consegnare software funzionanti frequentemente.

(QRP, 2021)

Gli Sprint hanno una durata fissa e tipicamente inferiore a un mese. Nella pratica, molte squadre preferiscono Sprint di una o due settimane. Questa scelta consente di ottenere coerenza e garantire cicli di feedback brevi, che sono essenziali per ispezionare e adattare sia il modo in cui viene svolto il lavoro, sia gli obiettivi e le attività su cui ci si sta concentrando.

Sprint brevi facilitano una valutazione continua e tempestiva del progresso, migliorando la capacità del team di rispondere rapidamente ai cambiamenti e di ottimizzare il processo di sviluppo.

Se i cicli sono più lunghi, si può perdere lo spirito dei frequenti cicli di feedback. Uno Sprint più lungo potrebbe anche diventare troppo complesso e aumentare il rischio.

Un nuovo Sprint inizia immediatamente dopo la conclusione dello Sprint precedente.

(Scrum.org, s.d.)

6.4. SCRUM VS DIAGRAMMA DI GANTT

Scrum e il diagramma di Gantt sono due metodologie di gestione dei progetti che si differenziano notevolmente per approccio, struttura e applicazione.

L'utilizzo della pianificazione a cascata (o diagramma di Gantt) può essere riscontrata sin dagli inizi del ventesimo secolo; Scrum è invece un framework che è stato sviluppato molto più recentemente tra fine anni Ottanta e inizio Novanta.

Scrum è una metodologia "agile" per la gestione dei progetti e pone grande enfasi sulla flessibilità e adattabilità del progetto a cambiamenti in corso d'opera, la collaborazione tra i diversi componenti della squadra e la consegna incrementale (e tangibile) del lavoro prodotto. È particolarmente utile per progetti complessi e in evoluzione, per i quali è quindi necessario intervenire tempestivamente e l'effetto dell'intervento dev'essere misurabile, come il miglioramento dei cicli produttivi aziendali.

I principali vantaggi di Scrum sono:

- **Adattabilità:** ottimo per progetti soggetti a numerosi cambiamenti dei requisiti.
- **Collaborazione:** la forte collaborazione e comunicazione tra i membri del team permette un avanzamento "corale" del progetto.
- **Feedback continuo:** le continue consegne di parti tangibili e utilizzabili direttamente permette di ricevere feedback regolari da parte dell'utilizzatore finale e di apportare miglioramenti continui e incrementali.

Tuttavia, Scrum ha come svantaggi:

- **Non adatto a tutti i progetti:** può risultare poco adatto a progetti con requisiti molto stabili e ben definiti essendo che la maggior flessibilità potrebbe creare confusione.
- **Necessità di una cultura agile:** questa è la problematica più comune, ed è stato uno dei maggiori fattori limitanti per il progetto descritto in questo elaborato. Risulta estremamente complesso modificare la cultura aziendale in modo tale che supporti i principi Scrum.

Il diagramma di Gantt è uno strumento di pianificazione dei progetti che visualizza le attività in una sequenza temporale ben definita, per ciascuna parte del progetto vengono definiti a priori la data di inizio e di fine. Sarà compito del responsabile di progetto mantenere lo sviluppo in linea con quanto previsto nel diagramma di Gantt.

Il diagramma di Gantt è utile per progetti con fasi ben definite e una chiara sequenza di attività, ma raramente le attività di progetto riescono ad essere svolte come previsto nel diagramma originale, a causa di ritardi dovuti a problematiche impossibili da predirre prima di iniziare a svolgere le attività di progetto.

Il diagramma permette di rappresentare ogni attività del progetto su una scala temporale, mostrandone le dipendenze con altre attività collegate e fornendo un'idea chiara del tempo e delle risorse necessarie.

I principali vantaggi della pianificazione a cascata sono:

- **Chiarezza:** il diagramma permette una visione chiara delle singole attività e di come esse vanno a comporre il progetto nella sua interezza e esplicita le tempistiche necessarie al completamento.
- **Pianificazione dettagliata:** grazie a questo sforzo predittivo iniziale la pianificazione a cascata è ideale per progetti con requisiti e fasi ben definiti.
- **Facilità di monitoraggio:** la semplicità e la chiarezza del diagramma consentono di monitorare facilmente i progressi delle attività di progetto rispetto al piano, permettendo di intervenire in caso di accumulo di ritardi.

Tuttavia, gli svantaggi del diagramma di Gantt sono:

- **Rigido:** essendo il piano deciso completamente a priori risulta essere poco flessibile a cambiamenti improvvisi dei requisiti di progetto.
- **Complesso per progetti grandi:** esplicitando ogni attività che andrà a comporre il progetto, per progetti di grandi dimensioni o molto dinamici, il loro numero può diventare molto alto e di conseguenza di difficile gestione.

- **Non favorisce la collaborazione:** rispetto a Scrum la pianificazione a cascata risulta essere meno focalizzata sulla comunicazione e collaborazione della squadra di progetto essendo che tutte le attività vengono decise e assegnate a priori.

Di seguito in Figura 23 è riportata una tabella che riassume le caratteristiche principali dei due approcci alla gestione di progetto.

| | Scrum | Diagramma di Gantt |
|------------------------------------|--|--|
| Approccio | Iterativo e incrementale | Lineare e sequenziale |
| Flessibilità | Alta, adatto ai cambiamenti | Bassa, meglio per progetti stabili |
| Focus | Collaborazione, feedback continuo | Pianificazione dettagliata, gestione delle tempistiche |
| Struttura | Sprints, backlog, riunioni giornaliere | Diagrammi temporali, dipendenze delle attività |
| Gestione delle risorse | Team auto-organizzati e cross-funzionali | Allocazione precisa delle risorse |
| Adattabilità ai cambiamenti | Alta | Bassa |
| Monitoraggio del progresso | Incrementale, basato sui risultati degli sprints | Basato sul confronto con il piano iniziale |

Figura 23. Differenze tra Scrum e diagramma di Gantt

Scrum è quindi più adatto per progetti con requisiti in continua evoluzione, dove la collaborazione all'interno della squadra e la capacità di adattare rapidamente la strategia in base alle necessità emerse sono cruciali. È quindi particolarmente efficace in ambienti di sviluppo software o, come nel caso del miglioramento dei cicli produttivi, in situazioni dove il feedback continuo può migliorare il prodotto finale.

Il diagramma di Gantt al contrario si adatta meglio a progetti con obiettivi e tempistiche ben definite, in questi è più importante avere una chiara visione delle fasi del progetto e delle loro dipendenze piuttosto che avere un sistema di sviluppo del progetto più flessibile.

Può essere, ad esempio, utilizzato in progetti di costruzione o in qualsiasi situazione in cui il lavoro segue una sequenza precisa e raramente soggetta a cambiamenti.

È quindi fondamentale per il successo del progetto utilizzare il metodo che meglio si adatta alle caratteristiche specifiche del progetto, valutando soprattutto la flessibilità richiesta durante lo sviluppo.

6.5. SCRUM BOARD

La Scrum Board è uno strumento che permette, come detto da Sutherland, di “make work visible” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time) ovvero di rendere il lavoro visibile alla squadra, permettendo quindi una migliore comprensione dello sforzo richiesto per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Per garantire la visibilità del lavoro, è essenziale scomporre il progetto nelle sue attività di base. L’obiettivo è dividere ogni compito in elementi sufficientemente piccoli da essere completamente controllabili.

Queste attività di base vengono scritte su post-it e poi inserite nella Scrum Board. Questo approccio consente di visualizzare chiaramente ogni compito e monitorare i progressi, facilitando la gestione e il controllo del lavoro. La Scrum Board diventa così uno strumento chiave per tracciare l'avanzamento delle attività, assicurando che ogni fase del progetto sia ben definita e monitorata.

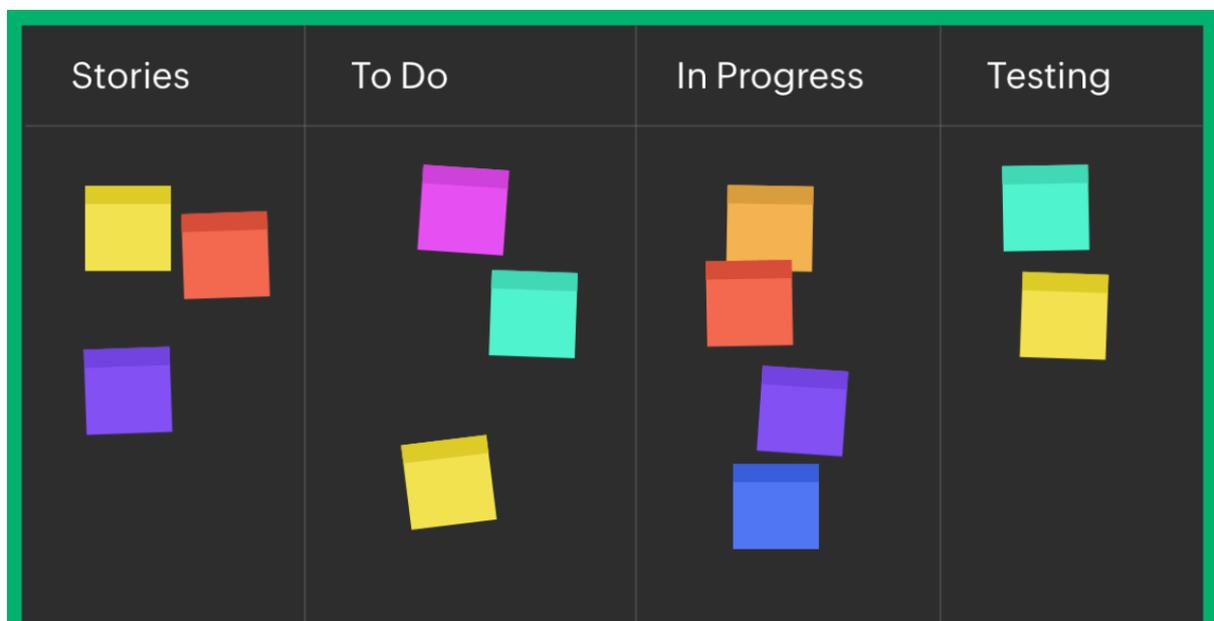


Figura 24. Scrum Board (Zoho Sprint, s.d.)

Come evidenziato nella Figura 24, i post-it sulla Scrum Board sono codificati con colori differenti a seconda della parte del progetto a cui appartengono.

Questa scelta cromatica facilita una lettura rapida e chiara della Scrum Board, riducendo il rischio di confusione su quali attività siano state assegnate al team e quale sia il loro stato. Utilizzare i colori per distinguere le diverse aree del progetto aiuta a mantenere un'organizzazione visiva efficiente, migliorando la comprensione e la gestione delle attività da parte di tutti i membri del team.

Queste parti di progetto prendono il nome di Swimlane o User Stories e sono definite come: “Un elemento visivo in una bacheca Kanban utilizzato per raggruppare compiti o attività correlati all'interno di un flusso di lavoro. Le Swimlane sono solitamente rappresentate come sezioni orizzontali su una lavagna Kanban. Le corsie aiutano i team a organizzare il proprio lavoro suddividendo le attività in base a criteri diversi. Potresti avere corsie basate sui membri del team, sulle fasi di sviluppo, sui tipi di lavoro, ecc.” (West, s.d.)

Un altro aspetto cruciale di questa suddivisione è la maggiore precisione nella stima del tempo necessario per completare le attività. Rispetto alla pianificazione a cascata, che cerca di stimare il tempo per completare un'intera serie di azioni, scomporre il lavoro in attività di base consente stime più accurate e dettagliate.

Le attività di base devono essere assegnate a membri specifici del team, rendendo ciascuno di loro responsabile del completamento di tali compiti. Ogni post-it sulla Scrum Board riassume le caratteristiche principali e i dettagli dell'attività, facilitando il monitoraggio e la gestione del progresso.

Questo approccio non solo migliora la visibilità e la chiarezza, ma garantisce anche una responsabilità chiara e condivisa tra i membri del team.

6.6. PRIORITIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ

“Come mangi un elefante? Un morso alla volta” (Sutherland, SCRUM:The art of doing twice the work in half the time)

La frase "Come mangi un elefante? Un morso alla volta" è una metafora utile per comprendere uno dei principi fondamentali di Scrum e, più in generale, delle metodologie Agile. In Scrum, il lavoro viene suddiviso in piccoli incrementi, chiamati Sprint, e ogni Sprint affronta una parte specifica del progetto.

Alcuni parallelismi tra la filosofia dietro questa frase e Scrum sono:

1. **Scomposizione del Lavoro:** Proprio come mangiare un elefante richiede di affrontarlo un morso alla volta, un progetto complesso viene suddiviso in piccole attività gestibili. In Scrum, queste attività sono rappresentate come "User Stories" o "Tasks" all'interno del Product Backlog.
2. **Gestione del Progresso:** Affrontare un compito grande in piccoli passi aiuta a mantenere la gestione del progresso più semplice e meno opprimente. Ogni Sprint permette al team di concentrarsi su un insieme ridotto di obiettivi, facilitando così il monitoraggio e il miglioramento continuo.
3. **Adattamento e Flessibilità:** Mangiare un elefante a piccoli morsi consente anche di adattarsi e fare aggiustamenti lungo il percorso. Allo stesso modo, Scrum prevede incontri regolari (Daily Scrum, Sprint Review, e Sprint Retrospective) per ispezionare e adattare il lavoro in base ai feedback e alle circostanze emergenti.
4. **Riduzione dello Stress:** Affrontare un compito mastodontico tutto in una volta può essere scoraggiante. Dividere il lavoro in parti più piccole e gestibili riduce lo stress e rende l'intero processo meno intimidatorio. Questo approccio incrementale aiuta a mantenere alta la motivazione e il morale del team.

In sintesi, la frase "Come mangi un elefante? Un morso alla volta" riflette l'essenza della metodologia Scrum, che promuove un approccio sistematico e graduale per affrontare compiti complessi, garantendo al contempo la flessibilità e il controllo necessario per gestire efficacemente i progetti.

La perdita di efficacia ed efficienza nella gestione simultanea di più progetti è strettamente legata alle limitazioni della mente umana. Il cervello richiede tempo per adattarsi ai cambiamenti tra compiti diversi, e questo porta a un aumento del rischio di errori.

Quando si lavora su più progetti contemporaneamente, il passaggio tra le attività non è immediato e comporta un "costo di switching" significativo.

Nella Figura 25, è evidente che il tempo effettivamente dedicato a ciascun progetto non diminuisce in maniera lineare con l'aumento del numero di progetti. In realtà, il tempo disponibile per ogni progetto diminuisce meno di quanto ci si aspetterebbe, a causa delle perdite di efficienza derivanti dalla confusione e dal disorientamento causati dal passaggio frequente tra i progetti.

| Number of Simultaneous Projects | Percent of Time Available per Project | Loss to Context Switching |
|--|--|----------------------------------|
| 1 | 100% | 0% |
| 2 | 40% | 20% |
| 3 | 20% | 40% |
| 4 | 10% | 60% |
| 5 | 5% | 75% |

Figura 25. Loss of context (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

In altre parole, all'aumentare del numero di progetti gestiti simultaneamente, cresce anche il tempo speso per riadattarsi da un progetto all'altro, riducendo così la produttività complessiva e aumentando il rischio di inefficienze e errori.

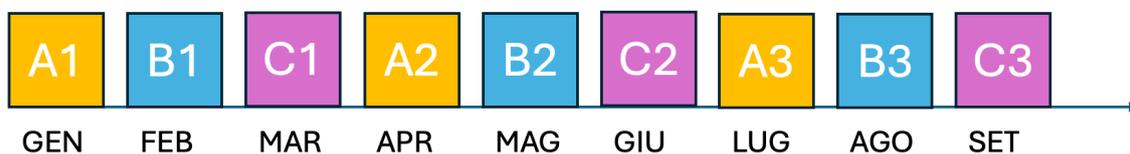
Per evitare le problematiche legate alla perdita di contesto del progetto, è fondamentale che la squadra concentri tutti gli sforzi su una sola parte del progetto fino al suo completamento.

Esistono due approcci principali per la gestione dei progetti:

1. **Strategia Tradizionale:** Riassumibile con la frase: “Tutto è importante, sviluppa tutto assieme”. Questo approccio tenta di gestire più progetti simultaneamente, ma può portare a una dispersione di risorse e attenzione, con il rischio di inefficienze e perdita di coerenza nel contesto.
2. **Strategia Scrum:** Per affrontare la problematica della perdita di contesto, Scrum adotta un approccio più focalizzato, completando un progetto prima di passare al successivo. Questo metodo riduce il rischio di disorientamento e migliora l'efficacia complessiva.

La Figura 26 illustra chiaramente queste due strategie. In essa, tre progetti (A, B, C) sono suddivisi in tre parti (1, 2, 3). Con la strategia tradizionale, i progetti avanzano in parallelo, mentre con la strategia Scrum, un progetto viene completato nella sua interezza prima di iniziare il successivo. Questo approccio permette una maggiore concentrazione e riduce il rischio di inefficienze dovute al multitasking.

1. Strategia tradizionale



2. Strategia Scrum

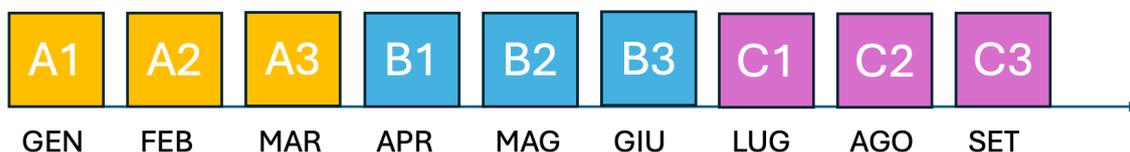


Figura 26. Strategie per svolgere i compiti assegnati (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Per applicare la strategia Scrum, è fondamentale determinare quale progetto abbia la priorità sugli altri.

Per farlo, è possibile utilizzare diversi metodi che aiutano a identificare l'elemento più importante e con il maggiore impatto. Due esempi di metodi per stabilire le priorità sono il **Metodo Delphi** e il **Planning Poker**.

Il Metodo Delphi prevede di porre una serie di domande a un gruppo di esperti sull'argomento in questione. Le risposte vengono raccolte, aggregate e condivise con il gruppo. Successivamente, il questionario viene rielaborato e somministrato di nuovo al team, il ciclo viene quindi ripetuto più volte.

Questo processo consente, attraverso diverse iterazioni, di raggiungere un consenso tra gli esperti e ottenere una rappresentazione che meglio riflette la realtà.

Il Planning Poker segue un processo simile ma introduce elementi che facilitano la valutazione.

Uno di questi è l'utilizzo della successione di Fibonacci, questa aiuta gli esperti a comprendere meglio come attribuire un valore a ciascun elemento.

La successione di Fibonacci (1, 2, 3, 5, 8, 13, ecc.) riflettendo l'aumento esponenziale della complessità, aiuta a gestire meglio le stime e facilitando il confronto tra le opinioni del team. Entrambi i metodi offrono strumenti utili per determinare le priorità, permettendo alla squadra di concentrarsi sulle attività che garantiscono il massimo valore e impatto.

“L'idea è semplice. Ogni persona ha un mazzo di carte con sopra quegli interessantissimi numeri di Fibonacci: 1, 3, 5, 8, 13 e così via.

[...] Ognuno seleziona la carta che ritiene rappresenti il giusto impegno (necessario per sviluppare il progetto) e la mette a faccia in giù sul tavolo.

Quindi tutti girano le carte contemporaneamente. Se tutti si trovano a due carte l'uno dall'altro (diciamo un cinque, due otto e un tredici), la squadra li somma, prende la media e passa all'elemento successivo.

[...]

Se le persone sono distanti più di tre carte, coloro che hanno selezionato la carta più alta e quella più bassa spiegano il perché. Quindi si ripete il giro di Planning Poker.” (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

Grazie a questi metodi, è possibile determinare con precisione quali parti del progetto hanno maggiore importanza e, di conseguenza, dovrebbero essere affrontate per prime, in quanto forniscono il valore aggiunto più significativo. Inoltre, il confronto tra esperti aiuta a ridurre il rischio di "**Anchoring Behaviour**", ovvero la tendenza a mantenere invariati approcci o decisioni semplicemente perché si sono sempre seguiti. Questo comportamento è spesso legato alla frase "Abbiamo sempre fatto così", che può limitare l'adozione di nuove e più efficaci soluzioni.

Durante lo sviluppo dei nostri progetti non è stato tuttavia possibile individuare una chiara scala gerarchica di quale potesse avere il maggior impatto sul risultato finale. Questo è soprattutto causato da un'assenza di dati precisi che permettessero di definire con certezza un ordine di priorità, rendendo quindi qualunque decisione basata unicamente su speculazioni e opinioni personali.

Il mancato utilizzo della strategia Scrum di gestione di molteplici progetti in contemporanea ha portato allo sviluppo simultaneo di più progetti, con conseguenti ritardi dovuti al fatto che le attenzioni del team erano disperse anziché concentrate sulla conclusione di un unico progetto.

7. ANALISI SVILUPPATE PER IL PROGETTO

Le analisi per determinare le aree su cui focalizzare il progetto sono state effettuate, dai membri dell'ufficio di miglioramento continuo, in diverse fasi precedenti all'inizio del progetto.

Partendo da una visione strategica e globale dell'intero sistema azienda si è proceduto per gradi fino a raggiungere un livello di dettaglio operativo molto preciso e puntuale.

Questo approccio è stato reso possibile grazie all'uso di vari strumenti di analisi dei dati, che hanno permesso di partire dalla prospettiva strategica del management, che mirava a ridurre i ritardi di produzione, per poi arrivare a una visione operativa dettagliata su come raggiungere questo obiettivo.

Le analisi condotte sono state:

1. **POLICY DEPLOYMENT MATRIX**
2. **ROOT CAUSE ANALYSIS** (inclusi ABC e 5 WHY)
3. **VALUE STREAM MAP**

Gli strumenti sopra citati, che verranno approfonditi nei capitoli successivi, sono tecniche tipicamente gestionali che hanno permesso l'analisi dei dati raccolti. Grazie al loro utilizzo è stato possibile sviluppare una strategia solida e dimostrata da dati per procedere con il miglioramento delle criticità operative riscontrate.

Successivamente, ci siamo concentrati su aspetti più specifici, utilizzando il metodo **5 WHY** per esaminare i problemi relativi ai ritardi di produzione identificati durante il collaudo dimensionale.

Grazie a questa matrice è quindi possibile individuare quali attività di miglioramento intraprendere per meglio soddisfare gli obiettivi strategici provenienti dal top management. Una volta individuate le azioni con il maggior impatto è possibile, inoltre, individuare le risorse aziendali da coinvolgere perché la suddetta attività sia conclusa con successo.

La matrice non solo delinea le attività da intraprendere e le persone interessate, ma specifica anche i target da raggiungere, espressi attraverso Key Performance Indicators (KPI). Questi KPI sono essenziali per monitorare e valutare l'efficacia delle attività svolte durante il progetto. Inoltre, la matrice identifica le persone responsabili e chiave per il successo delle attività di progetto.

Grazie alla sua chiarezza e semplicità, la Policy Deployment Matrix si è rivelata uno strumento efficace per comunicare i piani strategici del management. Essa fornisce una panoramica schematica delle informazioni necessarie per avviare le attività del progetto e facilita la comprensione della visione complessiva da parte di tutti i membri coinvolti.

Questa attività è stata condotta parallelamente alle analisi descritte nel capitolo successivo, "Root Cause Analysis del Processo Produttivo". In quel capitolo saranno dettagliate le analisi effettuate per completare e popolare la Policy Deployment Matrix, dimostrando come strumenti di Root Cause Analysis siano stati utilizzati per ottenere le informazioni necessarie.

7.2. ROOT CAUSE ANALYSIS DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Come visto nel capitolo Root Cause Analysis, vi sono differenti tecniche che è possibile implementare per indagare le cause alla radice di un problema.

Le tecniche utilizzate per le analisi sviluppate riguardanti i differenti progetti operativi sono state due: le analisi ABC e 5WHY.

7.2.1. ANALISI ABC

La prima azione intrapresa dalla squadra di miglioramento continuo, come descritto nel capitolo sui “Ritardi Di Produzione”, è stata l'analisi dell'intero processo produttivo aziendale. Questa analisi iniziale, attraverso un'applicazione della **metodologia ABC**, ha permesso di identificare i reparti che accumulavano il maggior numero di ore di ritardo rispetto al piano di produzione.

A seguito di questa prima analisi, è stato sviluppato un **grafico di Pareto**, simile a quello mostrato di seguito. Questo grafico è stato utilizzato per visualizzare e quantificare l'incidenza dei ritardi nei vari reparti, consentendo così di focalizzare l'attenzione su quelli che contribuiscono maggiormente ai ritardi complessivi.

Questo approccio ha fornito una visione chiara e prioritaria delle aree critiche, facilitando l'individuazione e la risoluzione dei problemi principali.

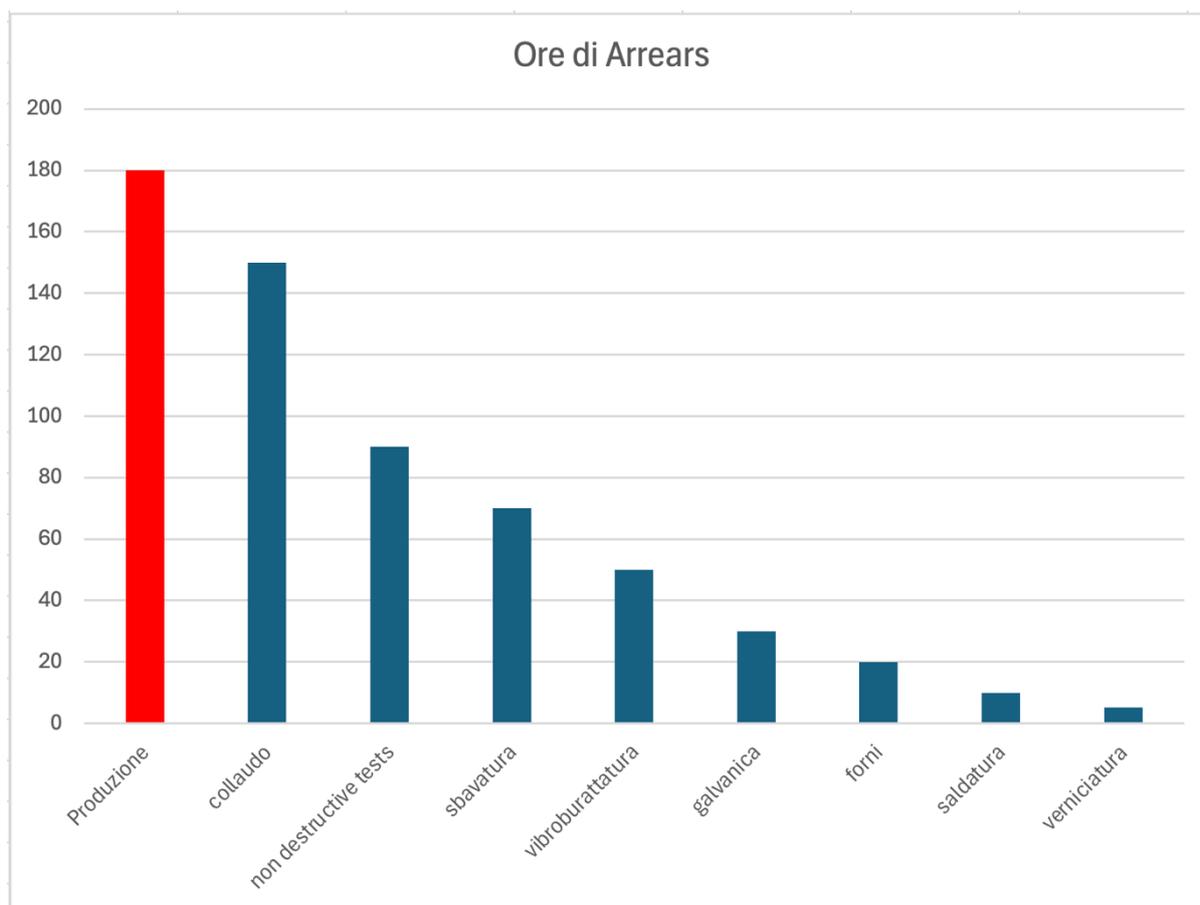


Figura 28. Ore di ritardo divise per reparto

Dal grafico, Figura 28, è evidente che solo un numero limitato di reparti (3) contribuisce a quasi il 70% delle ore di ritardo complessive nel processo produttivo. Di conseguenza, l'analisi si è concentrata sul reparto con il maggiore numero assoluto di ore di ritardo: l'officina di produzione.

L'area di produzione, composta da macchine a controllo numerico utilizzate per la lavorazione dei semilavorati a partire dal materiale grezzo di fusione, è responsabile della quota più alta di ritardi. Questo reparto rappresentava circa il 28% dei ritardi totali e, essendo la prima fase del processo produttivo interno all'azienda, aveva un impatto diretto su tutti gli altri reparti.

L'analisi si è quindi stata approfondita esaminando le singole macchine all'interno dell'officina, inclusi frese, torni e altre macchine a controllo numerico, per identificare le cause specifiche dei ritardi e sviluppare strategie mirate di miglioramento.

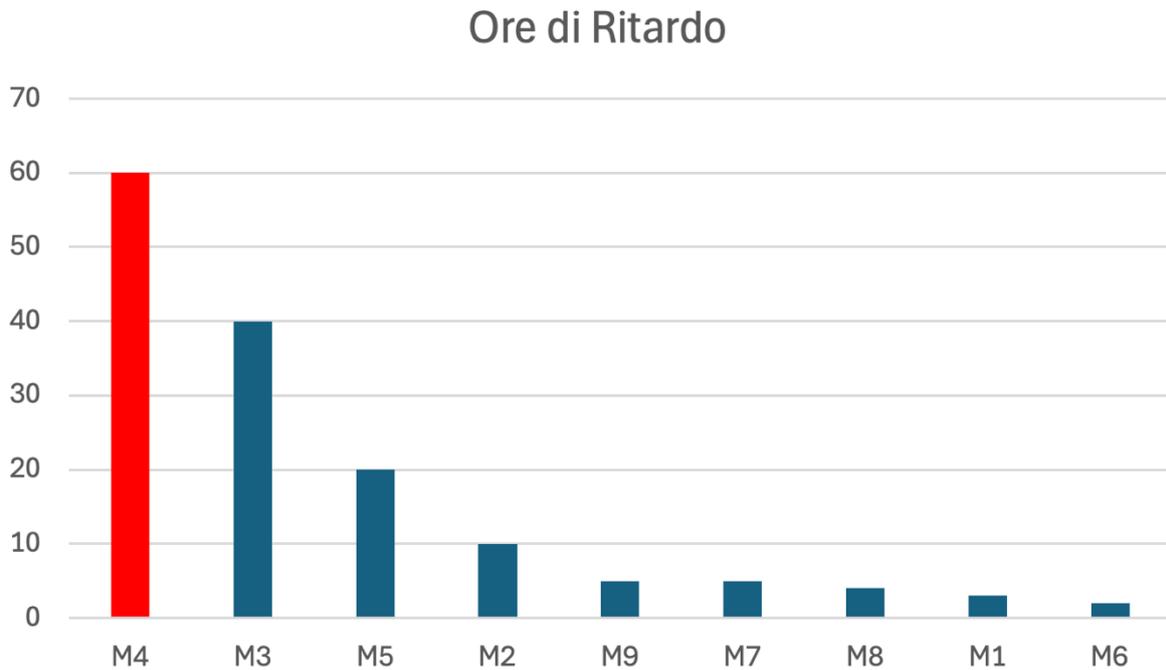


Figura 29. Ore di ritardo divise per macchina

Come evidenziato dal grafico, Figura 29, l'80% delle ore di ritardo è attribuito a tre macchine specifiche: M4, M3 e M5. In particolare, la macchina M4 da sola rappresentava il 40% del totale delle ore di ritardo.

In questa fase dell'analisi, si è approfondito ulteriormente per identificare quali dei prodotti lavorati dalla macchina M4 fossero i principali responsabili dei ritardi accumulati.

La fresa M4 è una macchina specializzata nella lavorazione di un numero limitato di pezzi ad alta rotazione, particolarmente rilevanti nel settore aeronautico. Nonostante il numero ridotto di codici prodotto, questi hanno un impatto strategico significativo a livello aziendale. Per meglio comprendere l'incidenza dei singoli prodotti sui ritardi, è stato sviluppato un ulteriore grafico di Pareto, focalizzandosi sui codici prodotto lavorati dalla M4.

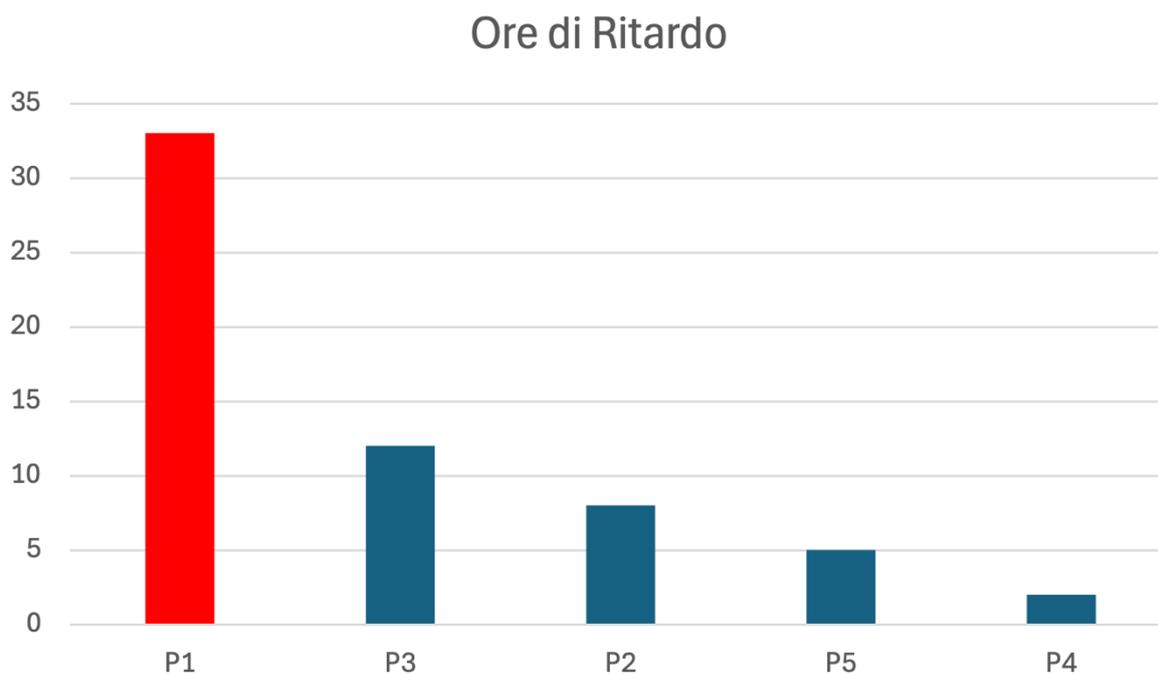


Figura 30. Ore di ritardo divise per prodotto

Dall'analisi ABC, Figura 30, è emerso che un prodotto specifico (P1) rappresentava circa il 55% delle ore totali di ritardo. Questo prodotto è particolarmente critico perché riguarda gli attuatori oleodinamici, essenziali per variare l'angolazione delle eliche degli elicotteri.

Una volta identificato il prodotto da analizzare, è stato utilizzato il metodo dei 5 Whys per scoprire le problematiche specifiche e le cause alla radice associate a questo prodotto. Considerando la natura del processo produttivo e la flessibilità dei macchinari impiegati, i miglioramenti apportati per questo prodotto avrebbero avuto effetti positivi su tutti gli altri prodotti lavorati sulla stessa macchina.

7.2.2. 5 WHY

Una volta individuati i "Top Offender" — ovvero l'area, il macchinario e il prodotto con il maggior numero di ore di ritardo — si è proceduto a convocare una riunione con le figure aziendali chiave coinvolte. Le persone invitate erano:

- Responsabili delle aree produttive interessate
- Supply Chain

- Manufacturing Engineering
- Planning
- Responsabili del collaudo
- Manutenzione

La squadra di miglioramento continuo ha utilizzato il metodo dei 5 Whys per esplorare le ragioni specifiche degli elevati ritardi di produzione, interrogando ciascuna di queste figure esperte. Le informazioni raccolte sono state poi sintetizzate in un diagramma ad albero per identificare e visualizzare le cause profonde di tali ritardi.

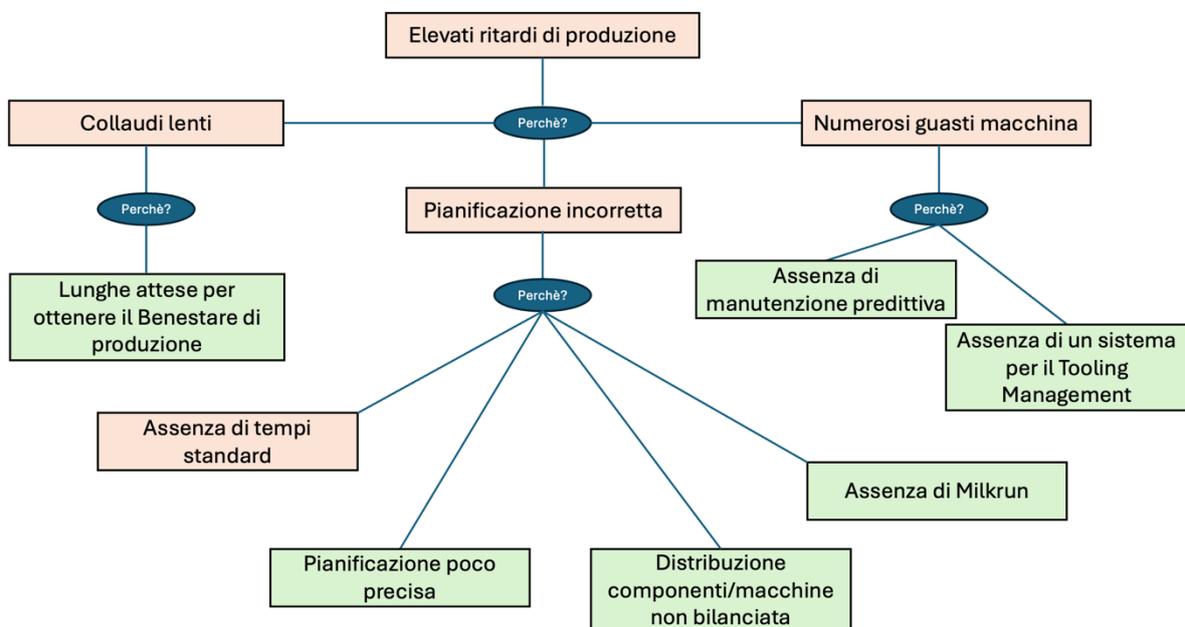


Figura 31. Diagramma delle principali Root Cause dei ritardi di produzione

Come mostrato nella Figura 31, sono state individuate sette cause principali che contribuiscono agli elevati ritardi di produzione. Ogni causa principale, indicata in verde, rappresenta un progetto di miglioramento distinto volto a ridurre i ritardi.

Tuttavia, l'assenza di tempi standard è strettamente correlata a una pianificazione poco precisa. Pertanto, si è deciso di raggruppare queste cause in un unico progetto per ottimizzare gli sforzi e migliorare la pianificazione complessiva.

Inoltre, i progetti relativi all'assenza di un sistema di Milkrun e di Tooling Management sono stati posticipati. Questa decisione è stata presa per evitare di sovraccaricare la squadra di miglioramento con troppi progetti simultanei. La scelta è stata giustificata dal fatto che questi progetti, pur essendo importanti, avrebbero comportato un beneficio minore rispetto al tempo e alle risorse richiesti, rispetto ad altri interventi più urgenti e impattanti.

7.3. VALUE STREAM MAP DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Per facilitare l'analisi, è stata creata una Value Stream Map (VSM), uno strumento essenziale per individuare opportunità di miglioramento continuo, note come "Kaizen", un termine giapponese che significa appunto miglioramento.

La VSM ha fornito una visione dettagliata del processo produttivo, evidenziando inefficienze e aree di intervento.

La mappa mostrava tutte le fasi del flusso del valore, dall'inizio alla fine del processo, con l'obiettivo di identificare i punti critici e le opportunità di ottimizzazione. Per motivi di riservatezza e chiarezza, nella documentazione è stata fornita una versione semplificata della mappa, focalizzandosi esclusivamente sugli aspetti pertinenti al nostro progetto.

Quest'analisi ha permesso di visualizzare in modo chiaro dove e come intervenire per ridurre i ritardi e migliorare l'efficienza del processo produttivo e il risultato è riportato in Figura 32.

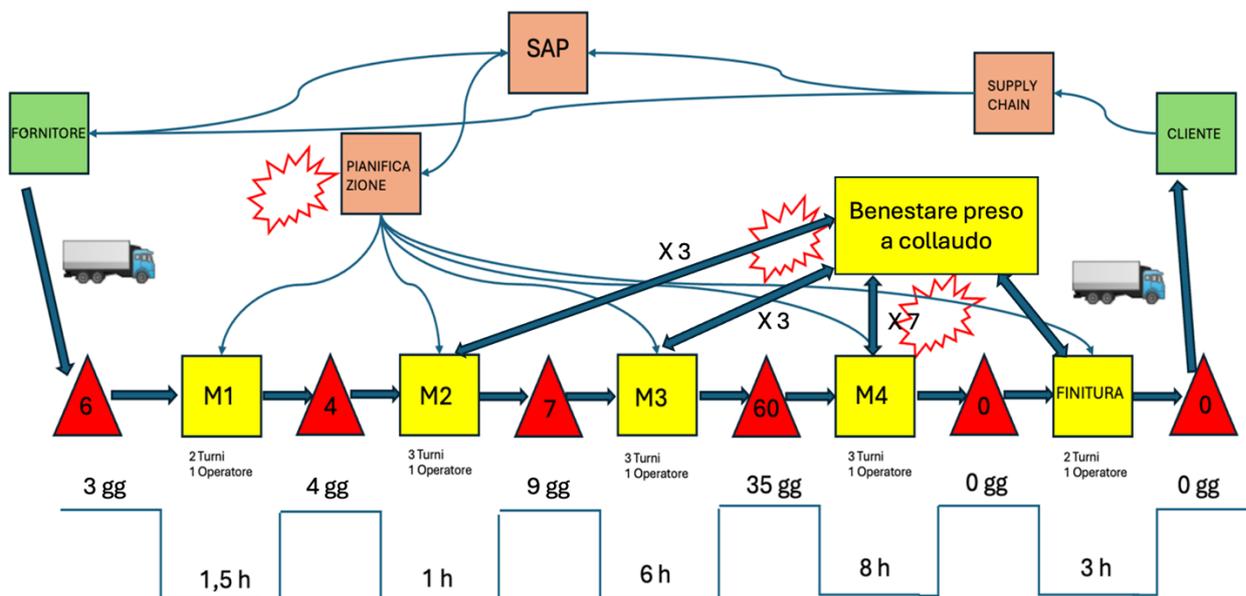


Figura 32. Value Stream Map del processo produttivo

In verde sono indicati i clienti e i fornitori. Il fornitore consegna il materiale grezzo di fusione che, dopo un controllo qualità per l'accettazione, entra nel processo.

Il cliente di questo processo produttivo è lo stabilimento di Brugherio, parte di Collins Aerospace, che svolge il ruolo di cliente interno nel processo produttivo.

In arancione sono indicati i sistemi di gestione e gli uffici incaricati di pianificare il flusso del materiale lungo la catena produttiva. Qui si può notare la prima opportunità di "Kaizen", indicata dalla nuvoletta rossa, che riguarda la pianificazione.

Come verrà illustrato in dettaglio successivamente, i cicli di lavorazione di alcuni prodotti possono essere modificati o spostati su macchine con capacità residua, riducendo il loro impatto sulle attività critiche del prodotto al centro del nostro progetto di miglioramento.

I triangoli rossi indicano gli accumuli di materiale. Nel caso specifico aziendale, si tratta di carrelli manuali per il trasporto dei pezzi, "parcheeggiati" vicino alla macchina che deve eseguire la lavorazione successiva. Gli accumuli mostrano chiaramente dove si trova il collo di bottiglia del processo, ovvero la macchina M4, con 60 lotti in attesa e un tempo di percorrenza stimato in 35 giorni.

Il resto delle attività non presenta particolari problematiche. A valle del collo di bottiglia vi sono una serie di accumuli di materiale completamente vuoti, evidenziando come i processi a valle del collo di bottiglia siano in attesa della produzione della macchina M4, creando ulteriori sprechi dovuti alla sottoutilizzazione dei reparti di finitura.

Le attività sono rappresentate da quadrati gialli, con una descrizione sintetica che indica il numero di operatori presenti e i turni svolti durante la giornata. Le attività di maggiore interesse sono quelle situate immediatamente a valle dell'accumulo con il maggior numero di lotti, ovvero la macchina M4 e il collaudo. Queste due attività offrono ciascuna opportunità di miglioramento "Kaizen".

La macchina M4 soffre di problemi di affidabilità, con numerosi fermi che richiedono l'intervento della manutenzione, causando perdita di capacità produttiva e maggiori costi di gestione.

Tuttavia, la maggioranza dei ritardi è causata dal reparto collaudo, che deve approvare ogni lotto di prodotto dopo aver verificato che il primo pezzo prodotto rispetti le tolleranze dimensionali richieste. Questo processo è lungo e laborioso a causa della geometria complessa del pezzo e dell'elevato numero di quote da controllare.

Inoltre, molti pezzi richiedono l'approvazione di produzione per un alto numero di operazioni, aumentando ulteriormente la domanda sul reparto collaudo. Questo problema è così grave che, anche quando la macchina M4 non è guasta, spesso non può produrre a causa della mancanza di approvazione, con il pezzo bloccato in collaudo.

Infine, nella parte inferiore è presente una linea temporale che evidenzia la distribuzione del Lead Time di produzione del prodotto finito, suddiviso in tempi a valore aggiunto (in basso) e tempi non a valore aggiunto (in alto).

Il Lead Time è "il tempo di attraversamento, ovvero il tempo che scorre tra l'inizio di un processo produttivo e, nella sua accezione più generale, indica il tempo di risposta che un'azienda impiega per soddisfare la richiesta di un cliente." (Qualitas Spa, s.d.)

Anche in questa rappresentazione, si può notare come i tempi non a valore aggiunto costituiscano la maggioranza del tempo di produzione, caratteristica tipica per i processi produttivi del settore aerospaziale.

Tuttavia, è immediatamente visibile come gran parte della durata del processo sia causata dall'attesa nell'accumulo di prodotto immediatamente antecedente la fase più critica del processo, rappresentata dalla macchina M4.

La Value Stream Map ha confermato quanto evidenziato dalle analisi ABC e 5 WHY svolte precedentemente: la causa principale della formazione del collo di bottiglia sulla macchina M4 è una combinazione di fattori. Il principale tra questi è rappresentato dalle lunghe attese per ottenere il benessere di produzione dal collaudo.

7.4. FOCUS BENESTARE COLLAUDO

7.4.1. 5 WHY

Per individuare le root cause delle lunghe attese per ottenere il benessere di produzione dal collaudo, si è proceduto, come in precedenza, utilizzando il metodo 5 WHY. Sono quindi stati convocati i responsabili di produzione, collaudo e pianificazione, ai quali la squadra di miglioramento continuo ha chiesto una serie di "Perché?" per riuscire a raggiungere le cause alla radice del problema.

Grazie a questo metodo, è stato possibile risalire alle root cause che, per facilità di lettura, sono state poi inserite nel diagramma ad albero mostrato in Figura 33.

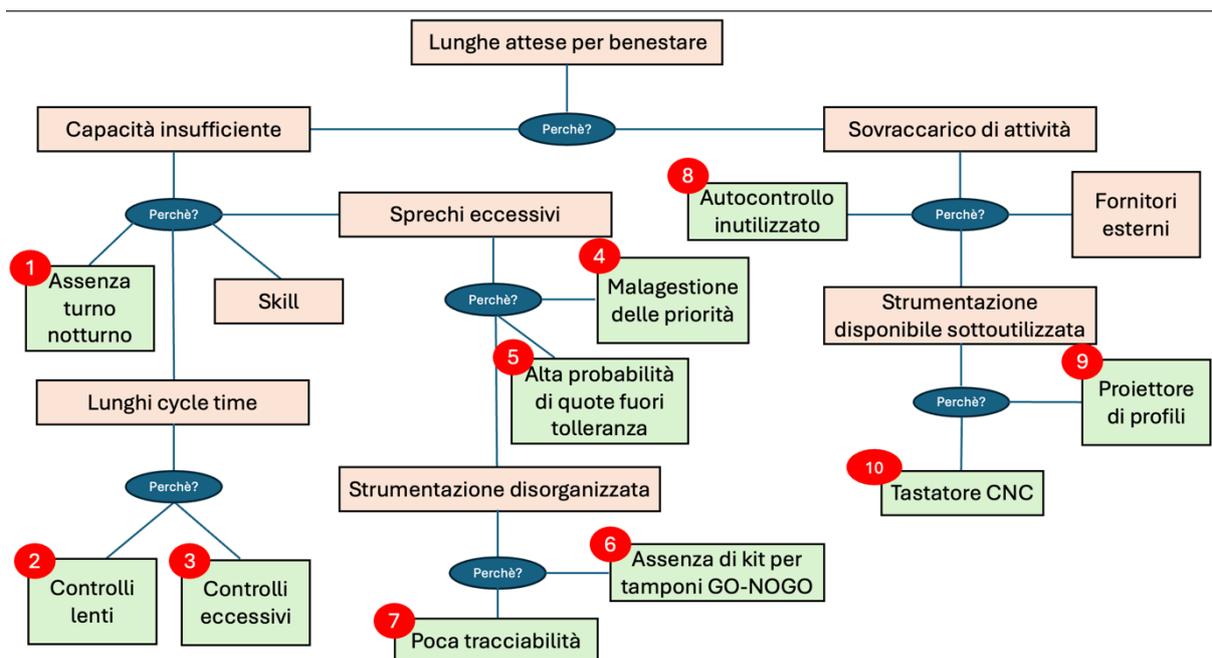


Figura 33. Diagramma delle principali Root Cause delle lunghe attese per ottenere il Benestare di produzione

Questo diagramma ad albero ha permesso di visualizzare in modo chiaro le principali cause alla radice delle lunghe attese per il benessere di produzione dal collaudo. Queste cause sono state poi utilizzate per definire le azioni correttive necessarie per migliorare il processo produttivo e ridurre i ritardi.

In verde possiamo vedere indicate le root cause del problema, mentre due ulteriori root cause sono lasciate in arancione. Queste ultime riguardano una mancanza di competenze da parte del personale e la possibilità di affidarsi a fornitori esterni. Entrambe sono state immediatamente scartate in quanto speculative o non perseguibili dal punto di vista economico.

Di seguito verranno analizzate, separatamente, i singoli root cause alla base delle lunghe attese dei pezzi prima di ricevere il benessere di produzione.

7.4.2. LUNGHE ATTESE AL COLLAUDO PER BENESTARE DI PRODUZIONE

Come visto nel precedente capitolo riguardante la Root Cause Analysis, sono state individuate molteplici cause alla base della mancanza di capacità produttiva del processo in analisi. Di seguito vengono approfondite le cause principali delle lunghe attese per ottenere il benessere di produzione al collaudo, su cui si sono concentrate la maggior parte delle attività di progetto.

Questa criticità influisce in maniera sostanziale sul processo produttivo, causando ritardi nella consegna dei prodotti, che non possono procedere allo step successivo del processo finché non viene ricevuto il benessere da parte dell'operatore macchina.

Le lunghe attese sono particolarmente critiche per le macchine CNC che devono essere presidiate, ovvero gestite da un operatore per continuare le lavorazioni. Questo è dovuto al fatto che queste macchine presentano un numero limitato di spazi nel magazzino utensili e un basso numero di semilavorati in attesa in macchina. In questi casi, sia la macchina che l'operatore sono improduttivi mentre attendono il benessere, creando sprechi e inefficienze.

Le cause di queste attese, come mostrato nella tabella in Figura 34, sono molteplici e complesse. Verranno quindi affrontate come parti indipendenti tra loro.

| CRITICITÀ | CAUSE | REPARTO INTERESSATO | MUDA (SPRECHI) | MISURE DI RIDUZIONE | KPI |
|---|--|--------------------------|---|--|--|
| 1. ASSENZA TURNO NOTTURNO | Non necessario fino ad oggi | Collaudo | Produzione notturna non può essere collaudata | Aggiungere il turno notturno | Collaudatori assegnati al turno notturno |
| 2. CONTROLLI LENTI | Macchinari di misurazione antiquati | Collaudo | Lunghe attese per benestare Facile saturazione della macchina | Acquisto nuovi macchinari Spostamento delle lavorazioni su macchinari sottoutilizzati | Tempi attesa benestare Indice di saturazione collaudo |
| 3. CONTROLLI ECCESSIVI | Accumulo di controlli aggiuntivi durante gli anni di vita del prodotto | Collaudo, Produzione | Controlli ridondanti | Analisi statistica per ridurre controlli | Percentuale quote che rispettano le tolleranze |
| 4. MALAGESTIONE DELLE PRIORITÀ | Assenza di una pianificazione precisa | Collaudo, Pianificazione | Produzione bloccata in attesa del benestare | Creazione di un aiuto visivo per determinare la priorità dei controlli | Tempi attesa benestare |
| 5. ALTA PROBABILITÀ DI QUOTE FUORI TOLLERANZA | Tolleranze dimensionali eccessivamente stringenti | Collaudo, Ingegneria | Atesa per "OK" da ingegneria a procedere con l'utilizzo dei componenti fuori tolleranza | Aumento dei limiti di tolleranza | Percentuale quote che rispettano le tolleranze |
| 6. ASSENZA DI KIT PER TAMPONI GO-NOGO | Non necessario fino ad oggi | Collaudo | Perdita di tempo per la ricerca dei tamponi | Creazione kit di tamponi | Tempi per eseguire il controllo |
| 7. POCA TRACCIABILITÀ | Assenza di un sistema per sapere chi ha utilizzato/sta utilizzando uno strumento | Collaudo | Perdita di tempo per ricerca strumenti | Creazione di una tabella per tener traccia di chi ha preso la strumentazione | Tempi per eseguire il controllo |
| 8. AUTOCONTROLLO INUTILIZZATO | Non necessario fino ad oggi | Collaudo, Produzione | Lunghe attese per benestare Operatore macchina in attesa | Controlli dimensionali più semplici assegnati all'operatore | Tempi attesa benestare Indice di saturazione collaudo |
| 9. PROIETTORE DI PROFILI | Insufficiente precisione nelle misurazioni | Collaudo | Strumento non utilizzato | cooperazione con l'azienda costruttrice per migliorare la precisione delle misurazioni | Indice di saturazione del proiettore di profili |
| 10. TASTATORE CNC | Mancanza programmi per automatizzare i controlli | Collaudo | Strumento sottoutilizzato | Necessità di tradurre i programmi di controllo | Indice di saturazione degli strumenti |

Figura 34. Tabella delle criticità riscontrate nel collaudo dimensionale

Nella tabella in Figura 34 è possibile visionare la FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) delle differenti criticità riscontrate che, se correttamente gestite, possono portare a una riduzione dei tempi di attesa per ottenere il benessere di produzione.

Di seguito verranno velocemente commentati e approfonditi ciascuno dei punti presenti nella FMEA.

7.4.2.1. ASSENZA TURNO NOTTURNO

I reparti produttivi lavorano su tre turni, mentre il collaudo su due; questo porta la produzione a non essere supportata durante la notte, accumulando lavoro che il collaudo dovrà smaltire nel corso della giornata successiva.

Inoltre, l'assenza di un turno notturno riduce il numero di ore disponibili al collaudo per effettuare attività di miglioramento e di creazione dei programmi per le misurazioni.

La situazione attuale è condizionata da accordi sindacali: il terzo turno può essere richiesto dal supervisore solo per situazioni di emergenza, ma di recente viene utilizzato sempre più frequentemente per sopperire alle crescenti richieste di collaudo.

7.4.2.2. CONTROLLI LENTI

Alcuni strumenti di misurazione sono antiquati e presentano tempi ciclo più lunghi, aumentando i tempi di attesa per il benessere e facilitando la saturazione del reparto.

Inoltre, questi macchinari usano un linguaggio di programmazione diverso rispetto ai modelli più moderni, causando difficoltà di comunicazione tra strumenti di misurazione e la necessità di tradurre i programmi macchina per spostare le misurazioni su sistemi alternativi.

In alcuni casi, l'operatore deve controllare manualmente il corretto svolgimento del programma, aumentando ulteriormente i tempi di attesa e rendendo impossibile svolgere altre attività in parallelo.

7.4.2.3. CONTROLLI ECCESSIVI

Per un numero considerevole di prodotti vengono effettuate misurazioni eccessive o ridondanti.

La maggioranza dei controlli vengono effettuati al 100%, includendo anche le quote con ampie tolleranze dimensionali, portando a sostanziali perdite di tempo per controlli su quote sempre corrette. Inoltre, alcuni pezzi vengono controllati nei reparti (ad esempio rettifica, sbavatura, ecc.) e successivamente nuovamente a collaudo, verificando al 100% la validità delle misurazioni precedenti anziché utilizzare un controllo statistico meno dispendioso.

Questo rende inutili le prime misurazioni effettuate nei reparti, causando perdite di tempo e saturando la capacità produttiva del collaudo dimensionale.

7.4.2.4. MALAGESTIONE DELLE PRIORITÀ

All'apertura del progetto di miglioramento vi era una totale assenza di un criterio per la gestione delle priorità delle misurazioni da effettuare, rendendo difficile per il responsabile di reparto ottenere informazioni rapide su performance e ordine di lavorazione.

Spesso venivano processati pezzi meno urgenti o con tempi di attraversamento lunghi perché il richiedente di tali misurazioni era più pressante rispetto ad altri.

Questa assenza di razionalità portava a inefficienze nell'area di collaudo, allungando i tempi di attesa e diminuendo l'utilizzazione delle macchine di produzione.

7.4.2.5. ALTA PROBABILITÀ DI QUOTE FUORI TOLLERANZA

Essendo Collins Aerospace un'industria del settore aerospaziale, molti prodotti presentano quote critiche con tolleranze molto ridotte.

Questa caratteristica rende le lavorazioni di questi prodotti difficoltose da mantenere entro i limiti di tolleranza dimensionale, obbligando il pezzo a tornare più volte al collaudo per ricontrollare e correggere le quote.

Il processo di ritorno frequente al benestare crea ulteriore intasamento al collaudo, costretto a ripetere numerose volte le misurazioni.

7.4.2.6. ASSENZA DI KIT PER TAMPONI GO-NOGO

Per velocizzare alcuni controlli vengono già utilizzati tamponi dimensionali GO-NOGO, ma questi sono conservati fuori dall'area di collaudo.

Questa decisione organizzativa causa inefficienze e perdite di tempo per andare a recuperare i tamponi necessari.

Inoltre, i tamponi sono conservati alla rinfusa e non organizzati in kit specifici, allungando ulteriormente i tempi di ricerca e picking dei tamponi dimensionali.

7.4.2.7. POCA TRACCIABILITÀ

Questo punto si collega al precedente ma riguarda la strumentazione più in generale (come ad esempio: calibri, micrometri et cetera), non vi è una tracciabilità in tempo reale della posizione dove questi strumenti si trovano all'interno dell'azienda e il loro stato di utilizzo.

Essendo la strumentazione non tracciata in tempo reale all'interno dell'azienda, non vi è la possibilità di conoscere le scadenze delle certificazioni degli strumenti di misura tramite estrazione da database.

Questo porta alla scoperta di certificazioni scadute solo al momento dell'utilizzo e, di conseguenza, al rischio di non avere disponibili gli strumenti necessari per i controlli richiesti.

7.4.2.8. AUTOCONTROLLO INUTILIZZATO

Alcune misure non particolarmente critiche possono essere affidate in autocontrollo agli operatori di produzione, alleggerendo il carico di lavoro del collaudo.

Questa opportunità era prevista per alcuni cicli di produzione ma era poco utilizzata, e può essere estesa a un maggior numero di controlli.

L'autocontrollo non diminuisce la produttività dell'operatore macchina, che può effettuare le misurazioni durante il "tempo mascherato", ovvero mentre la macchina CNC continua la produzione.

7.4.2.9. PROIETTORE DI PROFILI

La nostra analisi si è quindi focalizzata su strumenti di misura già presenti a collaudo, ma sottoutilizzati per svariati motivi, le motivazioni principali sono: una bassa precisione nelle misurazioni, diffidenza da parte degli operatori o l'assenza del programma per effettuare il controllo automatico.

Il proiettore di profilo Keyence è uno strumento di misura già presente a collaudo ma sottoutilizzato a causa della bassa precisione per tolleranze inferiori al centesimo e della diffidenza degli operatori.

Questo strumento consente una misurazione automatica e rapida delle quote presenti sul profilo del prodotto rendendolo ottimo per scaricare le altre macchine di controllo.

Tuttavia, è applicabile solo a un numero limitato di misurazioni.

7.4.2.10. TASTATORI CNC

Due tastatori (uno a geometria cartesiana marcato Hexagon e uno con geometria di movimento SCARA prodotto da Renishaw) sono poco utilizzati.

Sebbene siano già impiegati per una serie di prodotti, restano ampi margini per saturare le macchine.

La saturazione di questi strumenti è rallentata dall'utilizzo di un linguaggio di programmazione diverso rispetto alle altre macchine di misura, richiedendo risorse e tempo per la traduzione dei programmi.

7.5. ALTRE PROBLEMATICHE

Durante la Root Cause Analysis sono state individuate ulteriori cause che diminuiscono l'efficienza del processo produttivo.

Queste sono state riassunte nella tabella mostrata in Figura 35.

| CRITICITÀ | CAUSE | REPARTO INTERESSATO | MISURE DI RIDUZIONE |
|-----------------------------|--|---|--|
| GUASTI FREQUENTI | Assenza monitoraggio e analisi allarmi macchina | Manutenzione | Monitoraggio e analisi statistica degli allarmi macchina |
| | Assenza manutenzione preventiva | | Creazione di una checklist per effettuare la manutenzione preventiva |
| MACCHINE SOVRACCARICHE | Carico di lavoro mal distribuito tra le diverse macchine | Pianificazione, Manufacturing Engineering | Ridistribuzione del carico su altre macchine |
| | Alcune macchine sono sovraccaricate | | Creazione programmi macchina più efficienti |
| PIANIFICAZIONE POCO PRECISA | Durata delle operazioni ignota | Pianificazione | Raccolta dati riguardanti la durata delle lavorazioni |

Figura 35. Tabella delle altre criticità riscontrate nel processo produttivo

Come evidenziato nella Figura 35, le criticità riscontrate riguardano principalmente la mancanza di dati per effettuare analisi precise e ottenere risultati convincenti.

L'assenza di dati sulla durata delle lavorazioni impatta soprattutto la pianificazione.

Senza dati precisi, la pianificazione è costretta a fornire liste di lavori da completare entro una certa data.

Questo metodo, tuttavia, non garantisce un carico di attività che assicuri l'efficienza delle macchine. Per ovviare a questo problema, è stata avviata una raccolta dati sulla durata delle operazioni non ancora tempificate.

Questa situazione porta a cicli produttivi sbilanciati e macchine sovraccariche. Di conseguenza, è stato necessario spostare alcune lavorazioni su macchine alternative. Questo passaggio ha richiesto l'intervento dell'ufficio di Manufacturing Engineering per verificarne la fattibilità e tradurre i programmi macchina.

Inoltre, la mancanza di un'analisi dei guasti rende impossibile effettuare la manutenzione preventiva. La manutenzione preventiva è una delle "best practice" per raggiungere

l'obiettivo dichiarato nel pilastro della World Class Manufacturing riguardante la manutenzione, ovvero "zero guasti".

Il progetto per risolvere queste problematiche si è concentrato su una sistematica raccolta e analisi dei dati. La raccolta dati è stata affidata a figure tecniche o operative, mentre l'analisi dei dati è stata gestita dalla squadra di miglioramento continuo.

8. APPLICAZIONE DI SCRUM AL PROGETTO

8.1. TEAM

Come prima attività di progetto, sono state individuate le figure che ricopriranno il ruolo di Product Owner e Scrum Master.

La posizione di Product Owner è stata affidata all'Head of Continuous Improvement and Senior MRO Manager per le filiali italiane di Collins Aerospace. La posizione di Scrum Master, invece, è stata ricoperta dall'Operational Excellence and CORE Manager per l'Italia.

La squadra di progetto è stata creata coinvolgendo i diversi soggetti interessati dalle attività di miglioramento. I principali membri del team includono:

- Responsabili delle aree produttive interessate;
- Membri del team di miglioramento continuo;
- Manufacturing Engineering;
- Planning;
- Responsabili del collaudo;
- Manutenzione.

Questa formazione multidisciplinare garantisce che tutte le aree critiche del processo produttivo siano rappresentate e che le soluzioni sviluppate siano efficaci e implementabili.

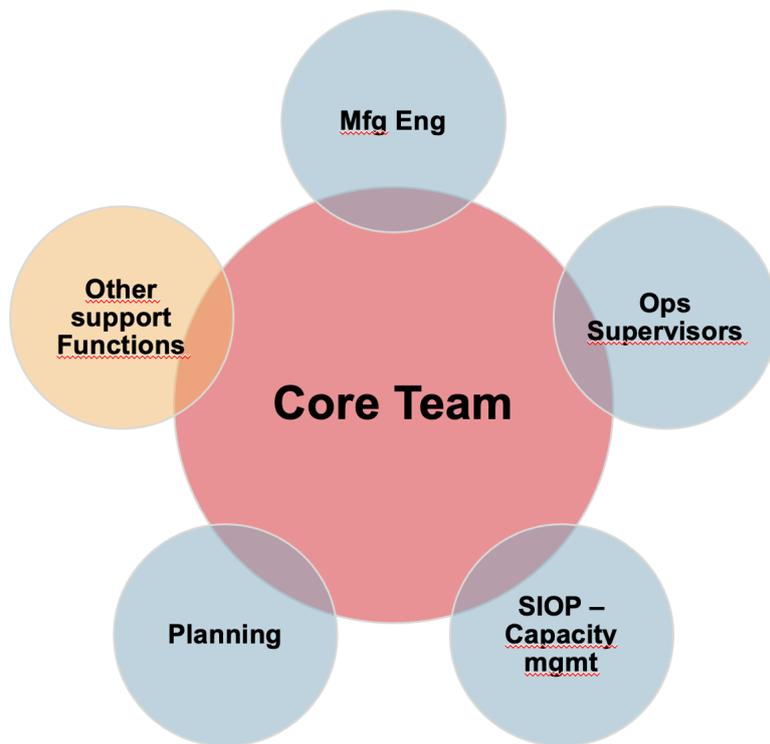


Figura 36. Struttura della squadra di progetto

La squadra di progetto, pur seguendo la metodologia Scrum, era composta da membri che, a causa di altri impegni esterni, non potevano dedicare il 100% del loro tempo alle attività del progetto.

Questa è la principale differenza tra la teoria di Scrum e la sua applicazione pratica nel progetto descritto. Il fatto che non tutte le risorse fossero completamente dedicate al progetto di miglioramento ha comportato difficoltà organizzative nel bilanciare il carico di lavoro dei membri del gruppo.

Le uniche risorse totalmente dedicate al progetto erano i membri del CORE Team. Tuttavia, questi membri, essendo più orientati alla gestione che alla tecnica, necessitavano del supporto dei colleghi con competenze tecniche per analizzare i dettagli del processo produttivo.

La limitata disponibilità di risorse ha causato significativi ritardi nelle attività di miglioramento. I membri della squadra, infatti, erano spesso impegnati nelle loro attività di routine, riducendo notevolmente il tempo disponibile per le attività del progetto.

Questa situazione ha portato a una condizione in cui alcuni membri dell'ufficio CORE sono stati costretti a intraprendere ulteriori progetti di miglioramento, poiché i membri tecnici, non dedicati completamente al progetto, non riuscivano a fornire abbastanza materiale e supporto ai componenti del gruppo impegnati esclusivamente nel progetto.

8.2. STRUMENTI UTILIZZATI

Per monitorare l'avanzamento di progetto sono stati utilizzati gli strumenti Scrum, in particolare una Scrum Board nella quale sono stati inseriti i post-it indicanti le attività di progetto.

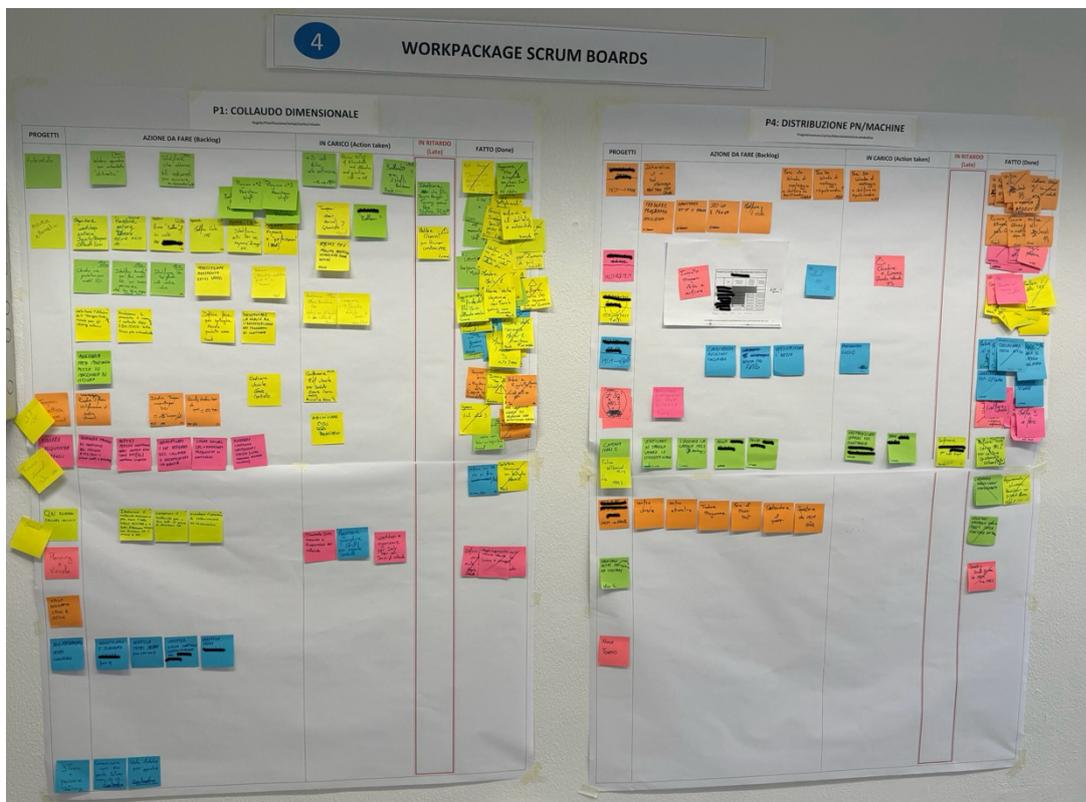


Figura 37. Fotografia della Scrum Board utilizzata durante il progetto

La Scrum Board utilizzata durante il progetto, come illustrato nella Figura 37, è da considerarsi come un chiaro esempio di una tecnica gestionale applicata per risolvere problemi di natura operativa.

La Scrum Board utilizzata durante lo svolgimento delle attività di progetto presenta quattro sezioni anziché le classiche tre (To Do, Doing, Done):

- **Product Backlog:** Questa sezione, conosciuta anche come "To Do", raccoglie i post-it delle attività ancora da completare, il cui numero può variare da meno di dieci a diverse centinaia. Il Product Backlog viene aggiornato continuamente durante l'evento di Sprint Planning, che verrà spiegato nel capitolo "Sprint Planning";
- **Work in Progress:** Chiamata anche "Doing", questa sezione contiene i post-it delle attività che la squadra ha deciso di prendere in carico per il corrente Sprint. Anch'essa viene alimentata durante l'evento di Sprint Planning;
- **Late:** Questa sezione non dovrebbe essere presente in una Scrum Board ideale, poiché attività in ritardo indicano che la pianificazione dello Sprint non è stata eseguita correttamente. Tuttavia, è stata inclusa per fini pratici di gestione del progetto. La presenza di attività in ritardo è accettabile solo se si verificano problemi imprevisti. In tal caso, il membro del team responsabile deve segnalare immediatamente il problema, e, con il supporto dello Scrum Master e dello sforzo congiunto della squadra, cercare di rimuovere gli ostacoli al completamento dell'attività;
- **Work Completed:** Conosciuta anche come "Done", questa sezione raccoglie le attività completate durante gli Sprint precedenti.

L'aggiunta di una quarta colonna "Late" ovvero in ritardo non è presente nella teoria Scrum ma si rende spesso necessaria in ambito aziendale, dato il rischio sempre presente di incorrere in ritardi.

Questa colonna permette di far risaltare le attività dimostrate maggiormente critiche e di conseguenza concentrare un maggiore impegno da parte del team nel risolvere le problematiche che hanno portato l'attività ad essere in ritardo.

È inoltre presente una sezione dedicata alla visualizzazione delle diverse parti del progetto, denominate User Stories. Ogni User Story è contraddistinto da un colore specifico per facilitare l'individuazione delle diverse linee di lavoro.

I post-it non indicano solo le attività da svolgere, ma anche il responsabile di ciascuna attività. Durante i primi Sprint, si tentava di assegnare anche il tempo stimato per completare ciascun compito, ma questa pratica è stata successivamente abbandonata, poiché i membri della squadra erano in grado di valutare autonomamente il carico di lavoro settimanale.

Come mostrato nella Figura 37, la Scrum Board presentava un numero molto limitato di azioni in ritardo. L'assenza di un alto numero di azioni in ritardo è uno degli effetti positivi derivanti dall'applicazione corretta di Scrum.

In aggiunta, è stato utilizzato un foglio per annotare le criticità emerse durante lo sviluppo del progetto. Questo strumento serviva a raccogliere i feedback del gruppo alla fine di ogni Sprint, in particolare durante gli eventi di Sprint Review e Sprint Retrospective.

Di seguito è mostrato un esempio di come questo strumento è stato utilizzato.

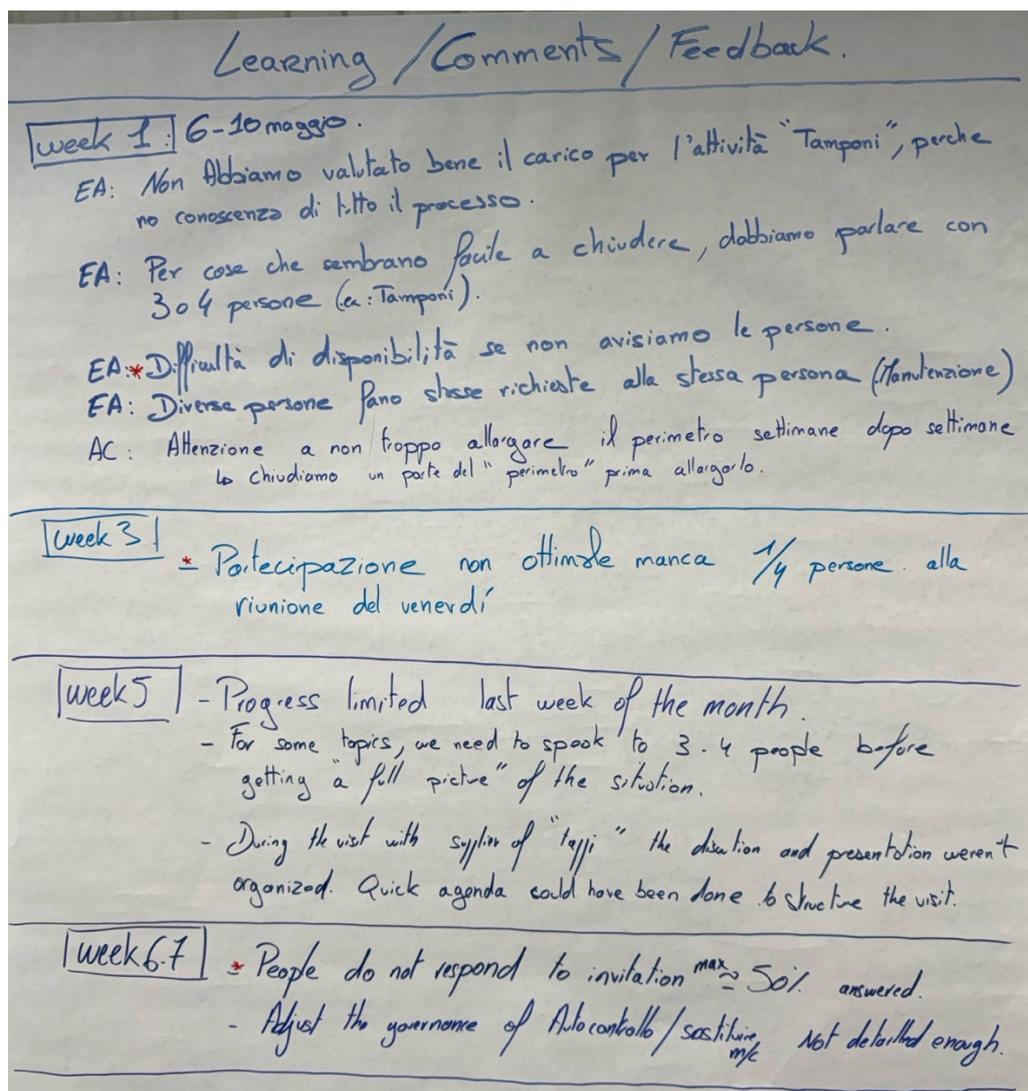


Figura 38. Elenco delle criticità emerse durante gli eventi di Sprint Review e Sprint Retrospective

Come evidenziato nella Figura 38, la maggior parte delle problematiche riscontrate era dovuta alla scarsa partecipazione dei membri della squadra di progetto e, più in generale, alla disponibilità limitata del personale per collaborare al progetto di miglioramento continuo.

Per quanto riguarda la squadra di progetto, il problema principale era la mancanza di tempo per gestire sia le attività di routine del proprio ruolo in azienda (considerato che le figure tecniche del team ricoprivano ruoli di responsabilità, come responsabili di reparto o capi ufficio) sia le attività del progetto.

Questo problema è stato particolarmente acuto con l'ufficio di Manufacturing Engineering, che ha sofferto di una carenza di personale.

In relazione alle figure aziendali coinvolte esternamente al progetto, oltre alle difficoltà già menzionate, si è aggiunta una forte resistenza al cambiamento da parte di alcuni membri, il che ha avuto un impatto negativo sui tempi di consegna delle attività di progetto.

Per gestire e monitorare meglio i progressi, è stato sviluppato un Macro Plan. Questo strumento visualizza, su una linea temporale, le stime di completamento delle singole attività, aiutando a tenere traccia dei progressi e delle scadenze del progetto.



Figura 39. Macro Plan di progetto

Questo Macro Plan differisce sostanzialmente dalla pianificazione tradizionale a cascata (o diagramma di Gantt), dove tutte le tempistiche di consegna sono stimate all'inizio del progetto. Invece, nel Macro Plan, le attività vengono aggiunte man mano che si raggiunge un certo grado di avanzamento.

In Figura 39 si può notare l'utilizzo di colori differenti, ciascun colore fa riferimento ad un progetto specifico e facilita la lettura del Macro Plan; ad esempio il colore verde è stato utilizzato per il progetto di riduzione delle attese del benessere di produzione, l'arancione indica il progetto di spostamento dei codici prodotto e in azzurro il miglioramento della pianificazione.

Questo approccio consente di ottenere stime dei tempi di consegna più realistiche in quanto costantemente riviste e aggiornate, come dettagliato nel capitolo "Sprint Planning".

8.3. DIFFERENZE CON LA TEORIA

Scrum, come menzionato all'inizio dell'elaborato, non è una metodologia, ma un framework che deve essere adattato alle esigenze specifiche di ciascun progetto, mantenendo al contempo le sue caratteristiche fondamentali di flessibilità, adattabilità e velocità.

Per adattare Scrum al progetto di miglioramento in questione, il Product Owner e lo Scrum Master hanno preso una serie di decisioni strategiche.

Come già illustrato, il team di progetto non è dedicato esclusivamente al miglioramento, come previsto dalla teoria Scrum. Questa scelta è stata imposta da considerazioni economiche e organizzative, in quanto non era previsto l'impiego di ulteriori risorse dedicate esclusivamente ai progetti di miglioramento.

8.3.1. GESTIONE DEGLI EVENTI SCRUM

Tuttavia, la differenza più significativa si è manifestata nella gestione dei cinque eventi Scrum, poiché, a causa della mancanza di tempo da parte dei membri del team, è stato necessario minimizzare la durata di questi eventi.

Gli eventi di Sprint Planning, Sprint Review e Sprint Retrospective sono stati unificati in un'unica riunione settimanale, tenuta il venerdì pomeriggio. Durante questo incontro, che segnava la conclusione dello Sprint, il team si riuniva per aggiornare la Scrum Board spostando le attività completate e discutere i progressi.

Successivamente, venivano raccolte le difficoltà riscontrate dai membri del gruppo, chiudendo così lo Sprint e avviando la pianificazione dello Sprint successivo, che teneva conto delle osservazioni emerse dalla Sprint Review e dalla Sprint Retrospective appena concluse.

Questo approccio ha semplificato notevolmente il lavoro, evitando la perdita di contesto e rendendo più efficiente la transizione tra gli eventi Scrum, dato che venivano eseguiti in successione senza intervalli di tempo tra uno e l'altro.

La decisione di ridurre al minimo le riunioni di aggiornamento ha avuto un impatto particolare sull'evento di Daily Scrum. Nessun Daily Scrum è stato inserito durante lo sviluppo del progetto. L'allineamento dei membri del team avveniva tramite scambi di email, messaggi su Microsoft Teams o riunioni ad hoc, a seconda dell'urgenza e della complessità della tematica trattata.

Questa scelta è stata guidata dalla preferenza per una maggiore flessibilità nell'organizzazione degli incontri, piuttosto che mantenere un evento giornaliero fisso, permettendo ai membri del team di gestire meglio il loro lavoro di routine.

8.3.2. SVILUPPO DI PROGETTI IN PARALLELO

Contrariamente a quanto consigliato dalla metodologia Scrum, come descritto in Figura 26, la squadra non ha focalizzato il proprio lavoro su un singolo progetto fino al completamento, ma ha invece iniziato a lavorare su più progetti (o parti di essi) contemporaneamente.

Questa scelta è stata guidata dal desiderio di ottimizzare l'impiego delle risorse disponibili. Ad esempio, nel progetto di manutenzione preventiva, questa strategia si è rivelata vantaggiosa poiché i tecnici di manutenzione non erano coinvolti nello sviluppo degli altri progetti che procedevano in parallelo.

Inoltre, il progetto di manutenzione preventiva era di dimensioni contenute, con un'unica Swimlane nella quale venivano gestite tutte le attività. I confini del progetto erano ben definiti, il che ha facilitato una gestione più semplice e ha richiesto un impegno limitato di risorse.

Il progetto di manutenzione preventiva e il suo sviluppo parallelo di successo saranno esaminati più dettagliatamente nel capitolo **PUNTI DI FORZA**.

Altri progetti sviluppati in parallelo includevano la riduzione dei tempi di attesa per il benessere e la redistribuzione dei codici prodotto tra le macchine. Questi progetti, a differenza di quello di manutenzione preventiva, condividevano componenti dell'ufficio di Manufacturing Engineering tra i due gruppi di progetto.

Contrariamente al progetto di manutenzione preventiva, questi progetti erano caratterizzati da molteplici Swimlane e da attività complesse. Inoltre, i limiti di progetto erano meno definiti e soggetti a frequenti modifiche.

Le problematiche incontrate nell'assegnare il corretto carico di lavoro al Manufacturing Engineering saranno trattate nel capitolo **PROBLEMATICHE PRINCIPALI**.

8.3.3. GESTIONE DELLE PRIORITÀ

All'interno dei singoli progetti, la gestione delle priorità è stata variabile e influenzata dalle specifiche caratteristiche delle attività e dalle decisioni del gruppo di lavoro.

Nel progetto di riduzione delle attese a benessere, si è optato per non differenziare le priorità tra le diverse Swimlane (sotto-progetti in cui il progetto principale è suddiviso). Questa scelta è stata motivata dal fatto che i membri assegnati al progetto a tempo pieno (Continuous Improvement) non ricevevano un flusso di materiale sufficiente dai membri tecnici, che, pur essendo coinvolti nel progetto, non erano completamente esonerati dalle loro attività di routine.

Per evitare che i membri del team restassero inattivi in attesa di materiale, è stata necessaria l'apertura anticipata di Swimlane. Inoltre, la variabilità nella velocità di avanzamento dei membri del gruppo, dovuta alle differenze nei ruoli e carichi di lavoro, ha ulteriormente complicato la gestione delle priorità.

Ad esempio, mentre i cambiamenti nella produzione potevano essere implementati rapidamente dopo un'analisi dei dati, per il Manufacturing Engineering questi cambiamenti richiedevano studi di fattibilità, aggiornamenti del ciclo produttivo e collaudi aggiuntivi.

Queste discrepanze hanno causato uno squilibrio nel carico di lavoro tra le figure tecniche, con alcuni membri sovraccarichi e altri con poco da fare. Per cercare di bilanciare il carico di lavoro, è stato necessario aprire un numero maggiore di Swimlane. Tuttavia, queste decisioni hanno portato a inefficienze legate alla perdita di contesto, che saranno esplorate più dettagliatamente nel capitolo **PROBLEMATICHE PRINCIPALI**.

Per il progetto di redistribuzione dei prodotti tra le macchine di produzione, è stata assegnata una priorità chiara e sviluppata una scaletta per l'apertura di ulteriori Swimlane. Questa gestione prioritaria è stata facilitata dal numero limitato di persone coinvolte e dalle poche aree coinvolte, ovvero l'ufficio Continuous Improvement, Manufacturing Engineering e la produzione.

Nel progetto di redistribuzione, Manufacturing Engineering ha avuto un ruolo predominante, mentre le altre funzioni avevano principalmente una funzione di supporto. La divisione in Swimlane è risultata più semplice rispetto al progetto di riduzione delle attese a benestare, poiché il progetto di redistribuzione poteva essere segmentato in sotto-progetti indipendenti basati sui codici prodotto da spostare.

La scelta di concentrarsi su un solo sotto-progetto alla volta, dovuta alle risorse estremamente limitate assegnate, ha permesso un avanzamento rapido del progetto. I motivi alla base di questa velocità saranno approfonditi nel capitolo **PUNTI DI FORZA**.

8.4. PUNTI DI FORZA

Come discusso nel capitolo precedente, per adattare Scrum alle specifiche esigenze del progetto, sono state implementate diverse modifiche. Alcune di queste modifiche hanno prodotto risultati positivi, migliorando l'efficacia e la velocità di esecuzione, mentre altre hanno portato a problematiche impreviste.

In questo capitolo, ci concentreremo sull'analisi delle modifiche che si sono rivelate efficaci e hanno contribuito al miglioramento della velocità di esecuzione del progetto. L'obiettivo è identificare le caratteristiche e i fattori che hanno influenzato positivamente il successo della strategia applicata.

8.4.1. MANUTENZIONE

Il progetto di manutenzione, come già illustrato, presentava dimensioni contenute e si focalizzava principalmente sulla raccolta e analisi dei dati relativi ai guasti delle macchine. L'analisi dei dati raccolti era condivisa e discussa con il team dell'ufficio Continuous Improvement e i manutentori per identificare le cause dei guasti più frequenti. Questo processo ha portato alla creazione e al miglioramento di una checklist per la manutenzione preventiva della macchina.

Una volta redatto il documento, l'inserimento dei nuovi dati estratti dalla macchina M4 è diventato una routine settimanale, semplice e veloce, che non richiedeva molto tempo.

Le specifiche del progetto di manutenzione, caratterizzate da dimensioni ridotte e una bassa richiesta di tempo, hanno consentito di gestirlo in parallelo con altri progetti senza causare rallentamenti significativi.

Tuttavia, è importante notare che il progetto di manutenzione rappresenta un'eccezione. Per progetti di maggiori dimensioni e complessità, adottare una strategia simile potrebbe portare

a perdite di tempo significative dovute alla perdita di contesto. Questo fenomeno sarà approfondito nel capitolo dedicato alle problematiche principali.

8.4.2. SPOSTAMENTO CODICI PRODOTTO

Nel progetto di redistribuzione dei prodotti per ribilanciare il carico delle macchine, si è deciso di affrontare una sola attività alla volta, data la limitata disponibilità di risorse tecniche, rappresentate da un solo membro della squadra di Manufacturing Engineering. Inizialmente, questo approccio poteva sembrare una limitazione, ma si è rivelato essere il principale punto di forza del progetto.

La scelta di focalizzarsi su un'unica attività per volta non solo ha evitato rallentamenti, ma ha anche accelerato i tempi di consegna.

Questo risultato è stato possibile grazie alla riduzione del tempo perso nel passaggio tra progetti, come spiegato nel capitolo "Prioritizzazione delle Attività". Infatti, lavorare su più progetti simultaneamente può comportare una perdita di tempo significativa dovuta al "salto mentale" necessario per cambiare focus tra attività diverse.

Il progetto ha visto una consegna estremamente regolare e puntuale delle parti completate, con un'aderenza ai tempi prestabiliti vicino al 100%. Questo dimostra che, per team di piccole dimensioni che non possono essere suddivisi tra diverse Swimlane, è cruciale concentrare tutte le risorse su un singolo progetto fino al completamento delle sue attività.

Questa strategia garantisce efficienza e minimizza i ritardi, dimostrando che una focalizzazione mirata può essere particolarmente efficace per progetti di dimensioni contenute e con risorse limitate.

8.5. PROBLEMATICHE PRINCIPALI

Nel capitolo precedente abbiamo analizzato come le limitazioni principali del progetto derivino dalle dimensioni e dalle caratteristiche della squadra, che era sottodimensionata e priva di risorse tecniche dedicate esclusivamente alle attività di progetto.

Un errore significativo commesso durante il progetto è stato l'inizio simultaneo di numerose attività. Questa scelta ha avuto due conseguenze principali:

1. **Sovraccarico della Squadra:** Lavorare su molteplici attività contemporaneamente ha amplificato la già critica scarsità di risorse, causando un sovraccarico dei membri del team. L'eccessivo numero di attività ha aggravato ulteriormente la situazione, rendendo difficile la gestione e il completamento efficace delle singole attività.
2. **Rallentamento e Perdita di Contesto:** Come discusso nel capitolo "Prioritizzazione delle Attività", gestire molteplici progetti simultaneamente comporta un rallentamento delle attività dovuto alla perdita di contesto. Ogni passaggio tra attività diverse richiede un "salto mentale", che comporta una perdita di tempo e di efficienza.

L'interazione tra queste due problematiche ha avuto un impatto notevole sull'efficienza complessiva del progetto. Man mano che il numero di progetti e attività aumenta, il monte ore disponibile per il team diminuisce in modo proporzionale, come illustrato nella Figura 40. Essendo il tempo inizialmente già limitato, anche un numero relativamente basso di progetti aperti simultaneamente può ridurre drasticamente la capacità della squadra di completare le attività.

In sintesi, la combinazione di un numero eccessivo di attività e una scarsità di risorse ha portato a una rapida perdita di efficienza, dimostrando che una gestione più mirata e focalizzata potrebbe essere stata più vantaggiosa per il successo del progetto.

| Number of Simultaneous Projects | Percent of Time Available per Project | Loss to Context Switching |
|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 1 | 100% | 0% |
| 2 | 40% | 20% |
| 3 | 20% | 40% |
| 4 | 10% | 60% |
| 5 | 5% | 75% |

Figura 40. Perdita di contesto quando si lavora su più progetti in contemporanea (Sutherland, SCRUM: The art of doing twice the work in half the time)

8.5.1. SQUADRA DI PROGETTO SOTTODIMENSIONATA E IMPEGNATA IN ATTIVITÀ DI ROUTINE

La squadra incaricata di velocizzare il rilascio del bene di produzione dal collaudo era composta da sei persone con ruoli specifici:

- Un responsabile di produzione
- Un responsabile di collaudo
- Un responsabile del Manufacturing Engineering
- Un membro della squadra di Continuous Improvement
- Il Product Owner
- Lo Scrum Master

La raccolta e l'analisi dei dati sono state principalmente eseguite dai responsabili di produzione e collaudo, in collaborazione con il membro dell'ufficio Continuous Improvement. Tuttavia, la parte tecnica del progetto, che includeva lo studio della fattibilità delle azioni introdotte e la successiva modifica dei cicli produttivi, era esclusivamente affidata al membro del Manufacturing Engineering.

Questo ha creato uno squilibrio significativo tra il tempo disponibile per la raccolta e l'analisi dei dati e le attività tecniche richieste. Il membro del Manufacturing Engineering si è trovato a gestire un carico di lavoro considerevole, diventando il collo di bottiglia del progetto. La

carenza di risorse allocate per queste attività ha rallentato il progresso complessivo del progetto.

La situazione è stata ulteriormente complicata dal fatto che il membro del Manufacturing Engineering era anche impegnato in attività di routine, riducendo drasticamente il tempo disponibile per il progetto. Questo ha contribuito a rendere il monte ore effettivamente dedicato al progetto estremamente limitato, aggravando ulteriormente le difficoltà nel completamento delle attività richieste.

8.5.2. INTERAZIONE TRA PROGETTI SVILUPPATI CONTEMPORANEAMENTE

Nel capitolo precedente, dedicato ai **PUNTI DI FORZA** del nostro progetto, abbiamo esaminato casi di successo relativi alla manutenzione e alla redistribuzione dei codici prodotto, evidenziando come la gestione simultanea di progetti di minori dimensioni abbia portato risultati positivi. Tuttavia, è importante considerare anche le ripercussioni di questa gestione su progetti di maggiore complessità.

In particolare, il progetto di redistribuzione dei codici prodotto ha utilizzato risorse di Manufacturing Engineering che avrebbero potuto essere cruciali per il progetto principale riguardante il benessere di produzione. Questa allocazione di risorse ha avuto conseguenze rilevanti sull'avanzamento del progetto principale.

Mentre il progetto di redistribuzione dei codici prodotto, più piccolo e meno complesso, ha beneficiato di un buon ritmo e di successi significativi, il progetto più grande e complesso del benessere di produzione ha subito ritardi e rallentamenti sostanziali. Questo squilibrio è stato causato dalla competizione per le stesse risorse tecniche e dalla difficoltà di gestire simultaneamente più progetti complessi.

In sintesi, la gestione di progetti in parallelo può essere vantaggiosa quando si tratta di iniziative di piccole dimensioni e complessità.

Tuttavia, per progetti più complessi, dove i limiti e le risorse sono meno definiti e le interazioni tra i vari elementi sono più intricate, la gestione simultanea di più progetti può ridurre significativamente la velocità e l'efficacia del lavoro. Questo suggerisce che, in contesti complessi, potrebbe essere più efficace concentrarsi su un progetto alla volta per ottimizzare i risultati complessivi.

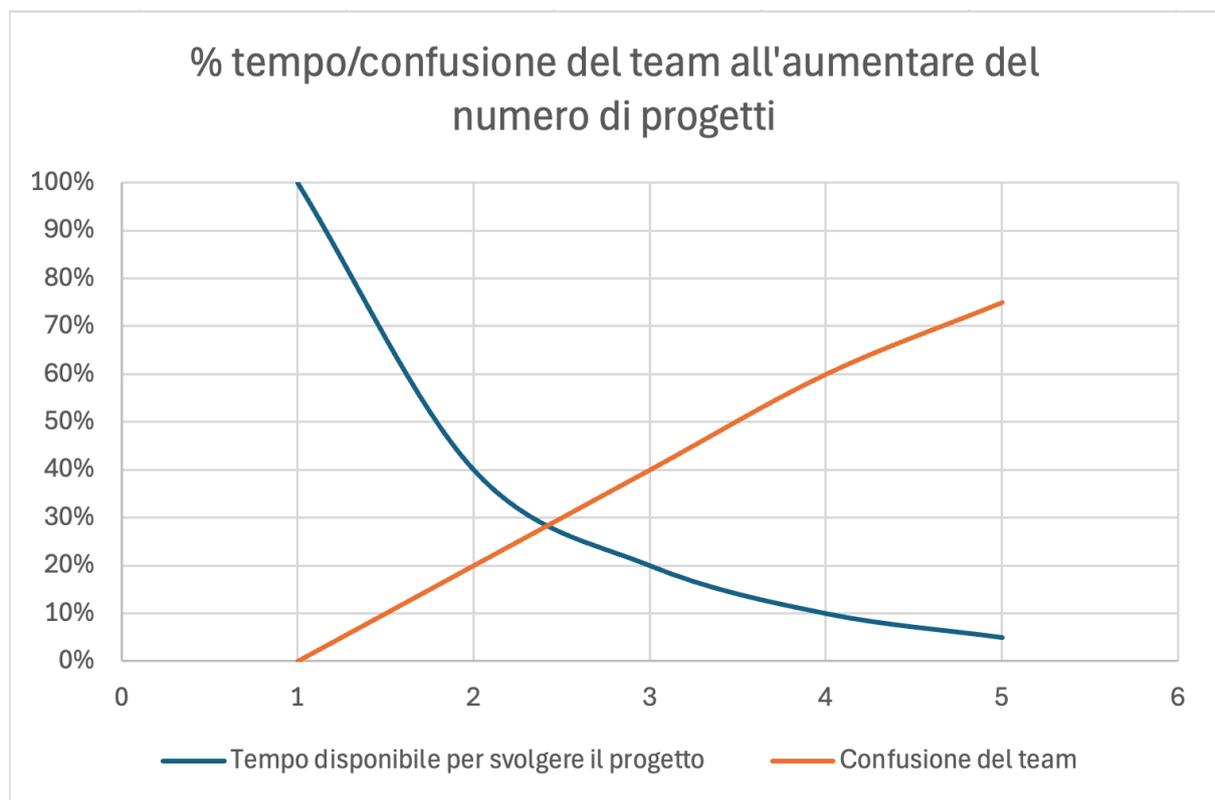


Figura 41. Grafico rappresentante l'aumento della confusione e la diminuzione del tempo per svolgere le attività all'aumentare del numero di progetti svolti contemporaneamente

Questa relazione può essere riassunta con una curva asintotica tendente a zero, per quanto riguarda il tempo disponibile per svolgere le attività di progetto; parallelamente, la confusione dei membri della squadra, aumenta in maniera lineare.

8.5.3. INTERAZIONE TRA LE PROBLEMATICHE

Le due problematiche descritte in precedenza sono profondamente interconnesse e incidono direttamente sul tempo disponibile per portare avanti le attività di progetto.

Queste difficoltà sono comuni nell'ambito industriale, dove spesso i progetti di sviluppo sono ostacolati da risorse, sia umane che finanziarie, limitate rispetto agli obiettivi prefissati.

Un problema ricorrente è la tendenza del management a sottovalutare gli effetti negativi di gestire molteplici progetti simultaneamente.

Spesso, si presume erroneamente che la simultaneità possa accelerare lo sviluppo, portando le squadre di progetto a lavorare su più fronti contemporaneamente. Questa pratica ignora le conseguenze della confusione e della dispersione delle risorse, costringendo lo Scrum Master e il Product Owner a deviare dalle "best practices" raccomandate da Scrum.

Di conseguenza, la squadra di progetto si ritrova sottodimensionata e disorientata, in difficoltà nel determinare la strategia più efficace per completare le attività necessarie. Il risultato è un aumento esponenziale dei tempi richiesti per completare le attività di progetto, man mano che cresce il numero di progetti e diminuiscono le risorse disponibili, come illustrato nella Figura 42.

Tempo aggiuntivo per completare il progetto

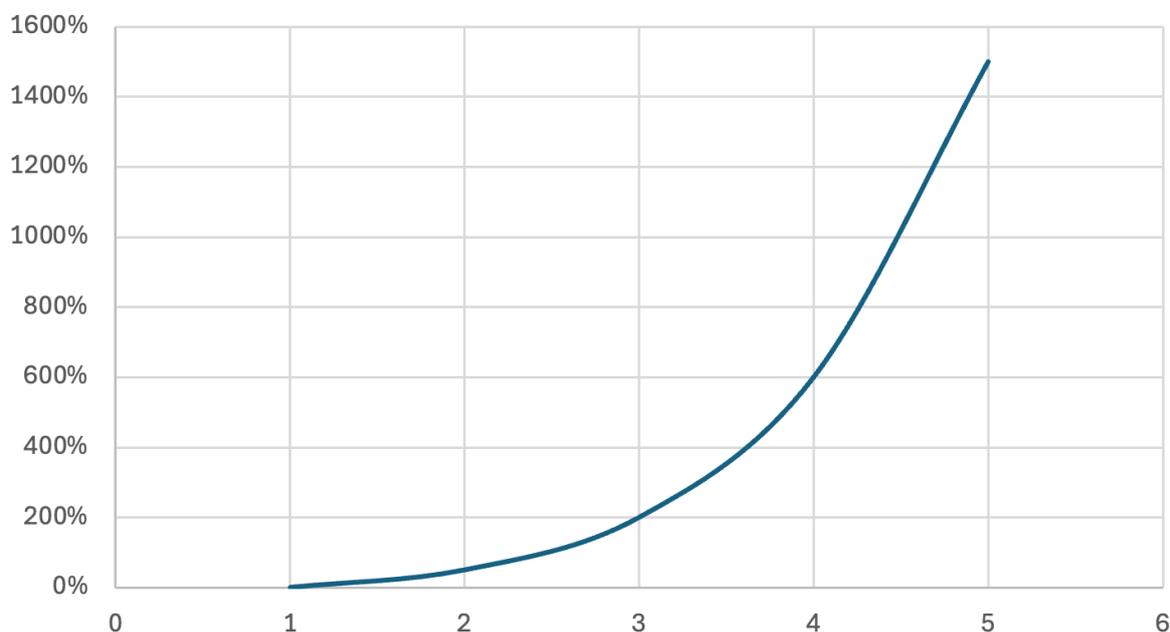


Figura 42. Allungamento dei tempi quando si svolgono progetti in contemporanea

La situazione descritta evidenzia un circolo vizioso che può verificarsi quando una squadra è sottoposta a un carico di lavoro eccessivo e, contemporaneamente, mancanza di risorse.

A causa della perdita del contesto delle attività che si stanno sviluppando, portata dalla necessità di dover svolgere contemporaneamente diversi progetti, il tempo per il completamento di ciascuna parte al posto di ridursi, come si sarebbe portati a pensare, aumenta esponenzialmente.

Questo scenario porta inevitabilmente a ritardi crescenti nelle consegne, che aumentano man mano che il progetto prosegue.

1. **Ritardi Crescenti:** Il carico di lavoro eccessivo e la confusione riguardo alle priorità portano a ritardi nei tempi di consegna. Con il passare del tempo, i ritardi tendono ad accumularsi, ampliando il divario tra le aspettative e i risultati effettivi.
2. **Demoralizzazione della Squadra:** La difficoltà nel raggiungere gli obiettivi, unita ai ritardi accumulati, contribuisce a un basso morale e a una diminuzione della fiducia del team nel completamento degli obiettivi prefissati. Questo stato di demoralizzazione influisce negativamente sulla produttività e sull'efficacia della squadra.

3. **Rallentamento Ulteriore:** La mancanza di fiducia e il morale basso alimentano un ulteriore rallentamento, creando una spirale negativa che compromette ulteriormente la capacità della squadra di avanzare nel progetto.

Per contrastare questo circolo vizioso, lo Scrum Master ha adottato una serie di misure:

1. **Prioritizzazione e Focalizzazione:** Il Scrum Master ha deciso di mettere in pausa alcune attività meno critiche per permettere al team di concentrarsi su quelle veramente essenziali. Questo approccio aiuta a ridurre il carico di lavoro e a migliorare la gestione delle risorse.
2. **Incremento della Velocità di Sviluppo:** Concentrandosi su un numero ridotto di attività, il team ha potuto migliorare la propria velocità di sviluppo. La riduzione delle attività parallele permette una gestione più efficiente e meno confusa delle risorse disponibili.
3. **Miglioramento del Morale e della Motivazione:** La ritrovata velocità e il miglioramento dei risultati contribuiscono a risollevarlo il morale della squadra. Un ambiente di lavoro più motivante e soddisfacente può portare a una maggiore efficienza e produttività.

In conclusione, la situazione ha dimostrato che, nonostante le difficoltà iniziali, un'attenta gestione e una prioritizzazione strategica possono aiutare a ristabilire l'efficacia e la velocità di avanzamento del progetto. Focalizzarsi su un numero ridotto di attività critiche e ridurre il carico di lavoro può permettere alla squadra di superare il rallentamento e ripristinare la propria motivazione e produttività.

9. CONCLUSIONI

9.1. RAGGIUNGIMENTO OBIETTIVI PROGETTO

Durante la scrittura di questo elaborato, il progetto era ancora in fase di sviluppo. Pertanto, è possibile analizzare solo gli obiettivi parziali raggiunti prima di agosto 2024.

Tuttavia, grazie a Scrum e alle sue consegne progressive di parti funzionanti, è stato possibile valutare i risultati ottenuti e l'impatto sul processo produttivo delle attività completate fino a questo momento. Di seguito sono elencati gli obiettivi raggiunti per i diversi progetti.

9.1.1. RIDUZIONE TEMPI DI ATTESA A BENESTARE

I diversi progetti (e i rispettivi sottocomponenti) sviluppati fino alla fine di luglio risultavano in diverse fasi di maturità, di seguito sono elencati i differenti temi sviluppati:

- **Autocontrollo:** Sebbene l'attività proceda a ritmo sostenuto, l'impatto complessivo è marginale a causa dell'altissimo numero di prodotti dell'azienda, nonostante l'inizio con quelli più frequentemente prodotti.
- **Macchine di misura alternative:** Questo progetto è stato rallentato dalla necessità di interazione con fornitori esterni per la creazione dei programmi macchina hanno rallentato l'avanzamento e, nonostante il progresso sia proceduto a ritmi sostenuti, l'elevato numero di codici prodotto.
- **Tamponi GO/NOGO:** La maggior parte del progetto è rimasta in attesa di ricevere i tamponi, solamente una parte del controllo dimensionale risulta portata a termine. Questo è causato da ritardi nella consegna di alcuni codici da parte del fornitore, con le attività di kitting che necessariamente sono state posticipate e si prevede avvengano successivamente alla stesura di questo elaborato.
- **Ridurre la frequenza dei controlli:** Questo progetto, date le molteplici implicazioni tecniche e la necessità di approvazioni specifiche, è stato valutato come meno urgente. È quindi stato sviluppato un elenco di codici prodotto a cui sembrerebbe possibile ridurre i controlli, il passo successivo sarà decidere come eseguire il controllo

statistico garantendo comunque la qualità richiesta dal cliente e attendere l'approvazione da parte della direzione tecnica.

- **Ridurre errori ricorrenti:** Dopo aver dimostrato questo fenomeno attraverso dati misurabili, si è iniziato un processo per rendere il controllo più efficace, riducendo la necessità di contattare l'ufficio di ingegneria per il rilascio di approvazioni specifiche. Le possibili soluzioni sono in discussione.
- **Aggiornamento tempi e priorità collaudo:** Per migliorare la pianificazione, sono stati raccolti i tempi delle attività più frequenti grazie alla collaborazione degli operatori di collaudo. Questi dati hanno permesso di pianificare meglio le attività giornaliere. Durante una settimana dedicata, la squadra ha focalizzato l'attenzione sul reparto collaudo, raccogliendo dati e sviluppando opportunità di miglioramento, anche in questa fase grazie all'intervento di diverse figure operative. Un sistema che permettesse la corretta assegnazione delle priorità ai controlli è stato sintetizzato in un grafico per una comunicazione semplice e diretta agli operatori.

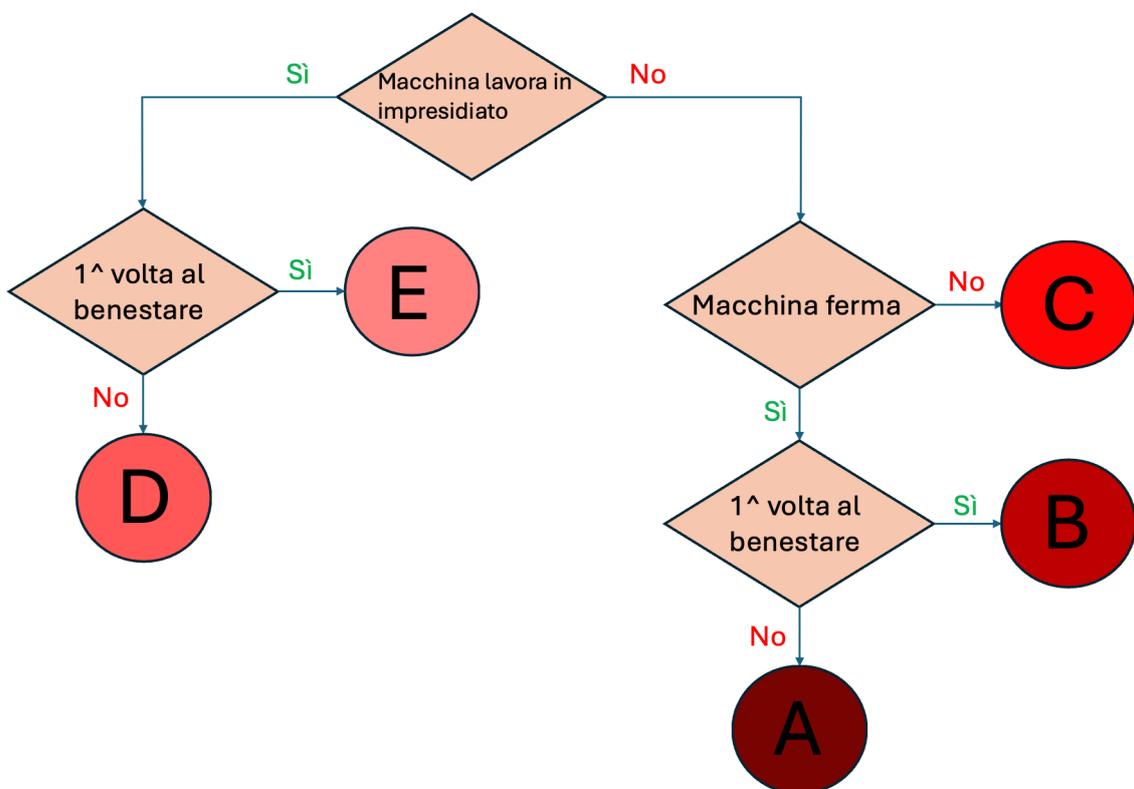


Figura 43. Diagramma per assegnare la priorità ai differenti prodotti

Rispondendo alle domande poste nel diagramma di flusso, è possibile assegnare una priorità a ciascun prodotto. L'obiettivo è massimizzare l'utilizzo della macchina e, soprattutto, dell'operatore. Pertanto, viene assegnata una priorità maggiore ai pezzi che devono essere lavorati su macchine che richiedono la presenza di un operatore. Inoltre, i macchinari che operano in modalità non presidiata possono produrre diverse tipologie di prodotti durante un turno senza influenzare il rispetto delle tolleranze dimensionali, poiché non è necessario cambiare gli utensili in magazzino o la tipologia di fissaggio.

- **Aggiunta di un turno notturno:** Le attività necessarie per implementare questa opzione sono principalmente legate alla contrattazione con i sindacati. Questa opzione viene considerata solo se tutte le altre misure risultassero insufficienti. Attualmente, quindi, il progetto è in attesa di ulteriori sviluppi.

Questi sotto-progetti illustrano le diverse strategie adottate per affrontare le problematiche specifiche e migliorare l'efficienza del processo produttivo, e permettono di vedere gli impatti che queste strategie hanno avuto sull'avanzamento dei progetti.

9.1.2. GUASTI FREQUENTI

Il progetto sviluppato con l'ufficio manutenzione, avviato a maggio 2024, è stato l'unico completato entro agosto 2024. Questo è stato possibile grazie al numero limitato di attività richieste, suddivise in due parti: l'analisi dello storico degli allarmi e la creazione di una checklist per la manutenzione preventiva.

La checklist è stata sviluppata analizzando i dati sui guasti della macchina M4. Una volta raccolto un numero sufficiente di guasti, è stato possibile individuare quelli più frequenti e creare due checklist distinte per monitorare gli aspetti critici: una settimanale e una mensile.

La checklist settimanale aveva l'obiettivo di garantire l'efficacia degli interventi di manutenzione per mitigare il rischio dei guasti più comuni. Questi interventi venivano eseguiti

il venerdì pomeriggio, aumentando la probabilità di una produzione senza interruzioni durante il fine settimana, periodo in cui la macchina lavora in modalità impresidiata.

La checklist mensile, invece, si concentrava sulle caratteristiche dimensionali del gruppo mandrino della macchina, garantendo che le lavorazioni rispettassero le strettissime tolleranze dimensionali tipiche del settore aeronautico. Questa checklist non richiedeva un'esecuzione in un giorno o un'ora precisa, purché fosse effettuata mensilmente.

La raccolta e l'analisi dei guasti sono proseguite per valutare l'efficacia della manutenzione preventiva nel ridurre il numero e il tipo di guasti registrati. Questo processo ha permesso di migliorare progressivamente la checklist, rendendola sempre più efficace nel mitigare il rischio di fermate per guasti.

I dati riguardanti l'impatto della checklist sui guasti saranno analizzati nel capitolo "VALORE AGGIUNTO CREATO".

9.1.3. MACCHINE SOVRACCARICHE

Per bilanciare il carico di lavoro delle macchine in officina, la squadra di Continuous Improvement ha collaborato con l'ufficio Manufacturing Engineering e con i responsabili di produzione.

Questo progetto si è rivelato essere uno dei più riusciti, con oltre il 60% delle attività prefissate completate con successo. I benefici di questi spostamenti sono stati immediati, aumentando non solo la capacità produttiva ma anche la flessibilità del processo.

L'aumento della flessibilità è stato ottenuto grazie alla possibilità di effettuare le lavorazioni su entrambe le macchine coinvolte dopo lo spostamento. In futuro, sarà quindi possibile eseguire queste lavorazioni sulla macchina più conveniente, migliorando considerevolmente l'efficienza del processo produttivo.

Come discusso nel capitolo PUNTI DI FORZA, le dimensioni ridotte della squadra incaricata dello sviluppo del progetto hanno permesso di massimizzare il lavoro durante gli Sprint settimanali.

Questo successo, sebbene in gran parte dovuto allo sforzo di un singolo membro del team, è stato reso possibile grazie al lavoro di squadra volto a garantire la massima efficacia ed efficienza per il membro che rappresentava il "collo di bottiglia" del gruppo.

9.1.4. PIANIFICAZIONE POCO PRECISA

Il progetto sviluppato con l'ufficio di pianificazione della produzione si è rivelato uno dei più lenti a progredire a causa dell'opposizione al cambiamento riscontrata nella maggior parte dei pianificatori.

Questa resistenza interna ha rallentato significativamente l'avanzamento del progetto. Per questa ragione, lo Scrum Master è stato costretto a riportare il problema al management, evidenziando la scarsa collaborazione.

Dopo l'intervento delle figure senior, il progetto ha iniziato a svilupparsi più velocemente, sebbene persistessero alcune resistenze residue.

La raccolta e l'analisi dei dati hanno rappresentato la problematica principale. Di conseguenza, gli sforzi del gruppo di Continuous Improvement si sono inizialmente concentrati sulla creazione di un layout per comunicare la pianificazione giornaliera e settimanale.

Questo piccolo cambiamento ha portato un notevole valore aggiunto, garantendo una comunicazione più chiara e standardizzata tra i diversi soggetti interessati.

9.2. VALORE AGGIUNTO CREATO

Il valore aggiunto creato dal progetto, essendo questo di dimensioni considerevoli, varia a seconda dell'impatto specifico di ciascun sotto progetto sulle caratteristiche della sua area di interesse. Tuttavia, si può considerare positivamente l'impatto delle azioni di miglioramento sul processo produttivo.

Il progetto ha infatti permesso di aumentare di circa il 50% la produzione del corpo Power Control Module, permettendo di soddisfare la domanda del cliente. Come già accennato in precedenza gli impatti positivi si sono estesi, anche se in maniera più limitata su gli altri prodotti che presentano similitudini a livello di processo produttivo.

In questo capitolo, per facilitare la comprensione, saranno quindi elencati il valore aggiunto creato da ciascun sotto progetto e, successivamente, sarà analizzata l'effetto dell'interazione tra di loro.

9.2.1. RIDUZIONE TEMPI DI ATTESA A BENESTARE

Il principale obiettivo del progetto di miglioramento era ridurre i tempi di attesa per ricevere il benessere di produzione, e il management si aspettava che la maggior parte del valore aggiunto derivasse da queste attività, con una significativa riduzione delle ore di attesa da parte degli operatori macchina.

Contrariamente alle aspettative, il mese di luglio ha mostrato un aumento del 35% delle ore di attesa, sollevando interrogativi sul motivo di questo incremento nonostante i cambiamenti applicati.

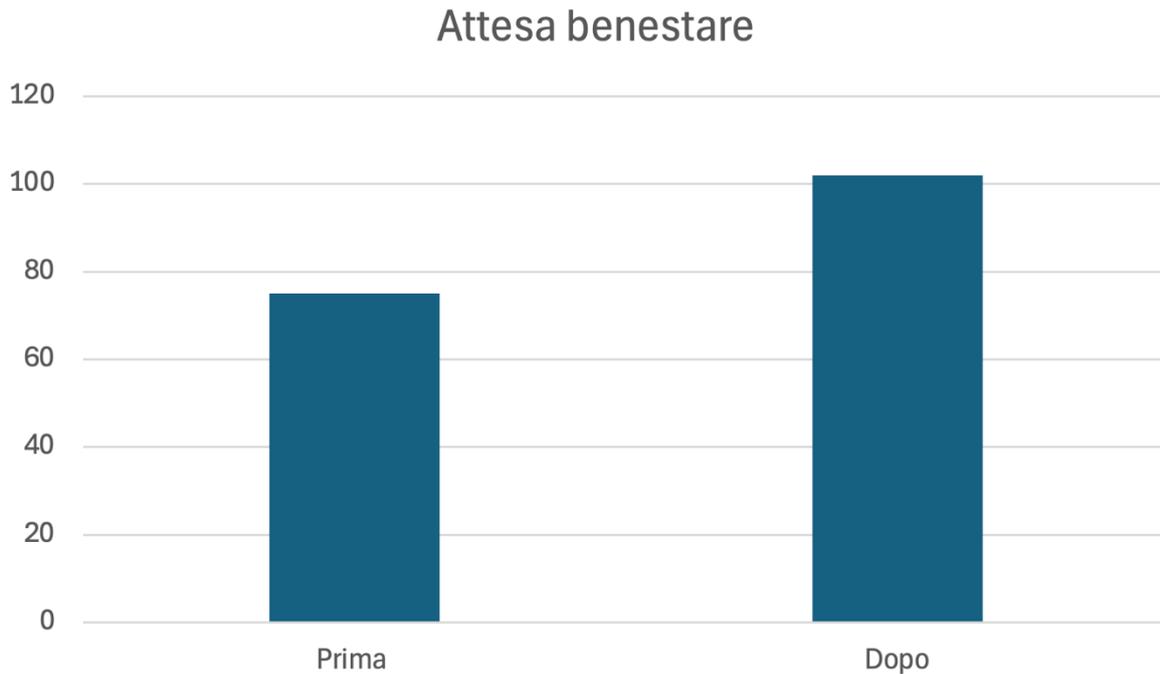


Figura 44. Tempi di attesa benessere prima e dopo l'inizio del progetto di miglioramento

Questo aumento è stato attribuito alle iniziative di miglioramento, in quanto è stato richiesto ai supervisor di rappresentare la realtà nella raccolta dei dati di produzione senza eseguire “aggiustamenti” manuali.

Inoltre, l’aumento di produzione della macchina M4 ha portato a un aumento di lavoro per il reparto collaudo, allungando di conseguenza i tempi di attesa soprattutto per le macchine meno critiche e che potevano continuare la produzione di altri prodotti mentre erano in attesa del benessere.

L'analisi dei dati ha quindi rivelato che il problema era più grave di quanto inizialmente previsto, e che i cambiamenti effettuati fino a quel momento non erano stati sufficienti per risolverlo completamente.

A partire da luglio 2024, la squadra ha iniziato a spostare il focus da attività a costo quasi zero verso iniziative che richiedevano investimenti di capitale più consistenti ma che promettevano opportunità di miglioramento più significative.

In particolare, si è lavorato per trasferire i codici prodotto su strumenti di misura sottoutilizzati, simile a quanto fatto nei reparti di produzione.

Sebbene non ci fossero dati concreti a confermare i benefici, il responsabile del collaudo ha sempre sostenuto che la creazione di un rationale per la prioritizzazione dei lavori ha apportato enormi benefici, semplificando notevolmente la pianificazione delle attività e migliorando l'efficienza complessiva.

9.2.2. GUASTI FREQUENTI

Grazie all'analisi storica dei guasti riscontrati sulla fresatrice M4, è stato possibile individuare le cause principali e intervenire su di esse attraverso l'uso di checklist per la manutenzione preventiva.

La collaborazione con il produttore del macchinario ha permesso di ridurre significativamente gli allarmi più frequenti, che bloccavano il corretto funzionamento della macchina, migliorandone così l'efficienza.

Di seguito, la Figura 45 mostra le frequenze degli allarmi prima e dopo l'intervento, evidenziando l'impatto positivo del progetto su questa problematica.

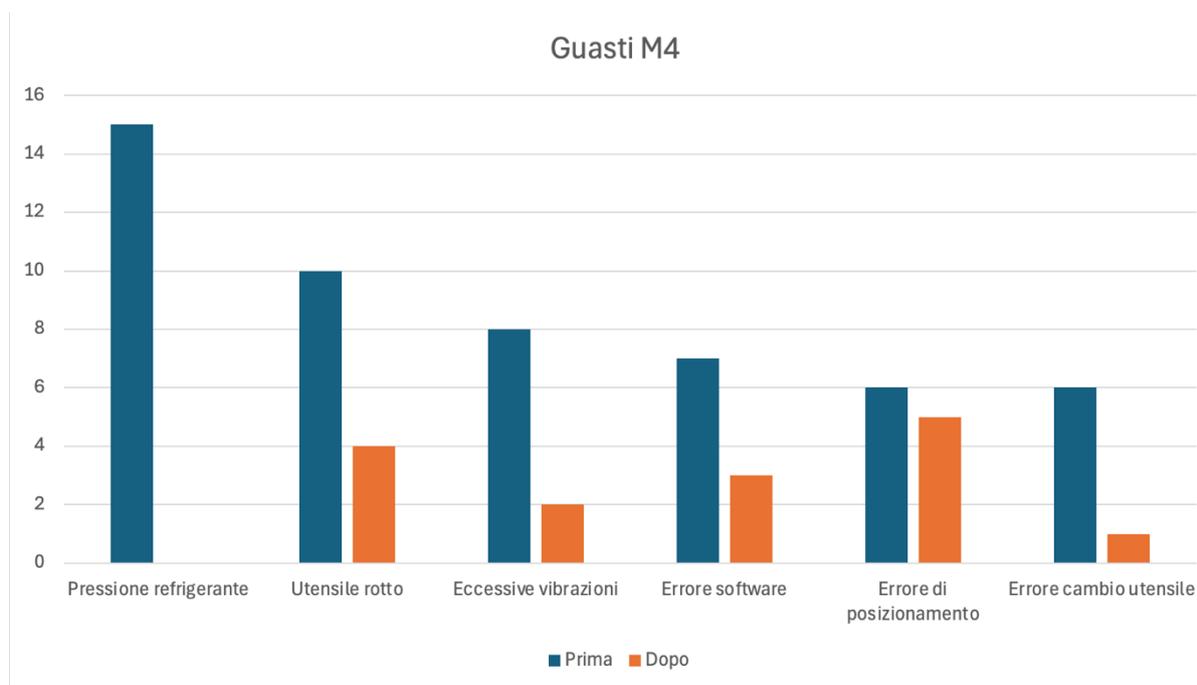


Figura 45. Guasti della macchina M4 prima e dopo l'introduzione della manutenzione preventiva

Dal grafico si può osservare come tutti i principali guasti della macchina siano stati significativamente ridotti, se non addirittura eliminati. Questo processo, in linea con i principi del miglioramento continuo, è ancora in corso e viene sviluppato ulteriormente grazie all'analisi dei nuovi dati sui guasti raccolti dalla macchina M4.

Entro la fine di luglio 2024, si è registrato un sostanziale incremento delle ore di lavoro effettivo mensili di M4, con un aumento del 30% rispetto ai valori precedenti all'implementazione delle checklist di manutenzione preventiva.

Questo incremento delle ore operative disponibili ha permesso di raggiungere agevolmente i target di produzione previsti per la macchina M4 e ha creato un surplus di tempo utile per eseguire alcuni test necessari per applicare le modifiche in corso di sviluppo. Tali modifiche hanno facilitato il progetto di spostamento della produzione di alcuni codici prodotto.

Questo progetto di miglioramento si è quindi rivelato essere di grande successo e la squadra ha potuto celebrare la prima "vittoria" e il raggiungimento degli obiettivi previsti dal piano.

9.2.3. MACCHINE SOVRACCARICHE

Lo spostamento dei codici prodotto dalle macchine sovraccariche a quelle con ore disponibili è stato eseguito con successo grazie agli sforzi della piccola squadra dedicata a questo progetto.

Sin da luglio 2024, si è osservato un incremento nelle ore di produzione delle macchine precedentemente sottoutilizzate, con alcuni casi in cui il coefficiente di utilizzo è aumentato fino al 20%.

Questo riorientamento ha permesso di concentrare le lavorazioni critiche, per le quali la macchina M4 era indispensabile, esclusivamente su di essa, mentre le altre lavorazioni sono state trasferite a macchine che non rischiavano di diventare colli di bottiglia nel processo produttivo.

Per facilitare questi spostamenti, è stato necessario rivedere e modificare i programmi macchina, una procedura che, grazie all'esperienza accumulata, ha comportato una riduzione dei tempi di ciclo delle lavorazioni del 15-20% in media.

In Figura 46 è visibile come questa redistribuzione del carico sulle diverse macchine abbia portato a un incremento generalizzato delle ore di produzione (UpTime). In particolare, la macchina M4 ha beneficiato di un aumento delle ore di lavorazione disponibili, anche grazie alla riduzione dei setup necessari per ogni cambio di produzione.

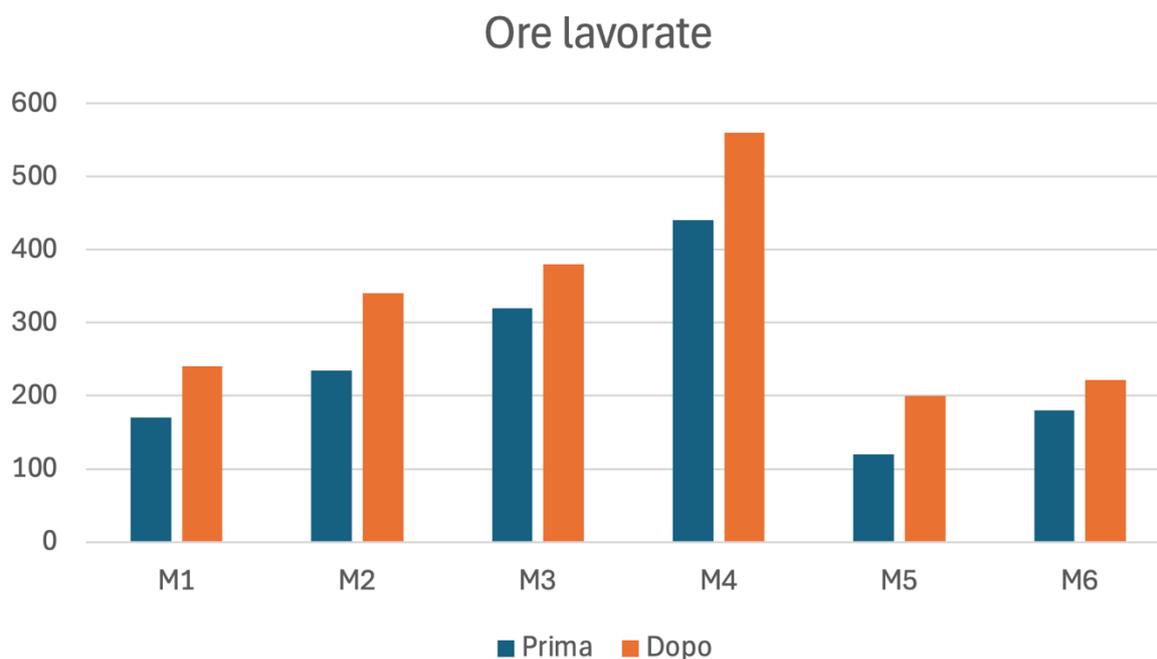


Figura 46. Ore di lavoro effettivo delle macchine prima e dopo lo spostamento dei codici prodotto

9.2.4. PIANIFICAZIONE POCO PRECISA

Il progetto di miglioramento della pianificazione, come detto in precedenza, è avanzato molto lentamente e, a fine luglio 2024, non erano ancora visibili risultati concreti delle azioni di miglioramento.

Tuttavia, sono state individuate le cause principali della problematica: una costante mancanza di comunicazione tra i reparti e l'ufficio di pianificazione, e l'assenza di una pianificazione dettagliata a livello giornaliero. Questa situazione rendeva impossibile predire la produzione dei giorni successivi, costringendo la produzione e il collaudo a reagire costantemente alle emergenze.

Nelle ultime settimane di luglio 2024, si è provato a introdurre un prototipo di pianificazione giornaliera basato sulla comunicazione tra i reparti, seguendo i piani sviluppati dall'ufficio di pianificazione a livello settimanale. Tuttavia, questo prototipo si è rivelato fallimentare a causa della persistente carenza di comunicazione tra i reparti, che spesso ha creato incomprensioni e ridotto l'efficacia dello strumento creato.

Un modesto successo ottenuto è stata la realizzazione di un piano settimanale standard per la produzione del "Power Control Module" (PCM). Questo ha permesso di facilitare la pianificazione delle lavorazioni sulle macchine M1, M2, M3 e M4, riservando alcuni turni specificamente per la produzione del corpo PCM.

Inoltre, ha razionalizzato il processo produttivo del pezzo, migliorando la chiarezza della comunicazione tra le diverse fasi del ciclo produttivo.

Un esempio di questa pianificazione è riportato in Figura 47.

| turni/giorni | LUN | MAR | MER | GIO | VEN | SAB | DOM |
|--------------|-------------------|-----------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | Vibro burattatura | Bagno galvanico | Ricezione/Controllo grezzo | M2 | M3 | M4 | M4 |
| 2 | | | M1 | M2 | M3 | M4 | M4 |
| 3 | | Collaudo finale | | M2 | | M4 | M4 |

Figura 47. Esempio di pianificazione settimanale del corpo Power Control Module

Come si può osservare, questa pianificazione settimanale "fissa" impattava solo una frazione limitata delle ore totali disponibili sulle macchine. Di conseguenza, ciò consentiva di dedicare le ore rimanenti alla produzione degli altri componenti senza interrompere o influenzare la produzione principale.

Si può inoltre notare come la produzione inizi a metà settimana, questa scelta è stata necessaria per aumentare l'efficienza garantendo che le lavorazioni di finitura eseguite sulla macchina M4 fossero eseguite durante il fine settimana. Essendo, come detto precedentemente, la M4 l'unica macchina del ciclo produttivo a poter lavorare in maniera totalmente impresidiata.

9.2.5. VALORE AGGIUNTO DEL PROGETTO

In generale, la squadra di progetto può considerarsi soddisfatta dei risultati ottenuti durante il primo periodo di sviluppo del progetto di miglioramento.

Nel mese di luglio, si è registrato un incremento del 50% delle unità prodotte rispetto ad aprile, il mese immediatamente precedente l'avvio del progetto. Tuttavia, è importante notare che questo aumento è principalmente attribuibile alla riduzione dei guasti e all'aumento delle ore disponibili sulla macchina M4, considerata il collo di bottiglia.

Questo miglioramento ha comportato un incremento del lavoro di collaudo, rendendo il reparto ancora più critico e prolungando i tempi di attesa per il benessere di produzione. Sebbene siano stati implementati miglioramenti organizzativi per gestire parte di questo aumento, il rischio di congestionamento del reparto durante i picchi di produzione rimane elevato.

Inoltre, la programmazione della produzione continua a essere la causa principale di ritardi e inefficienze. L'assenza di una comunicazione efficace tra i reparti impedisce la creazione di un flusso produttivo più razionale e ottimizzato.

I picchi di benessere che si accumulano simultaneamente rendono il lavoro del reparto collaudo particolarmente complesso, con passaggi repentini da periodi di inattività a sovraccarico senza preavviso o azioni preventive da parte della pianificazione.

Il principale valore aggiunto di questo primo periodo è emerso chiaramente: la consapevolezza che una gestione deficitaria della produzione è la causa fondamentale delle difficoltà riscontrate lungo tutto il processo produttivo.

9.3. COMMENTI PERSONALI

Il progetto di miglioramento si è rivelato di dimensioni molto maggiori rispetto a quanto previsto inizialmente. Poiché i vari prodotti dell'azienda condividevano processi produttivi, ogni modifica doveva essere valutata attentamente per il suo impatto complessivo. Infatti, una semplificazione in un'area poteva complicare significativamente un'altra.

Per identificare i cambiamenti più semplici e profittevoli, la squadra ha collaborato con i responsabili delle aree produttive e di collaudo. Questi ultimi, interfacciandosi direttamente con gli operatori, avevano una visione chiara degli aspetti su cui intervenire.

Tuttavia, questo ha portato la squadra a concentrarsi su miglioramenti operativi di impatto limitato sul processo produttivo aziendale nel suo insieme. Durante i primi mesi, l'approccio è stato quello di risolvere problemi puntuali, trascurando la problematica principale legata a una pianificazione non ottimale e alle difficoltà di comunicazione tra reparti.

Quando si è iniziato a lavorare per migliorare la comunicazione e la pianificazione, si è riscontrata una forte opposizione al cambiamento da parte dell'ufficio di pianificazione e, in misura minore, dai reparti produttivi.

L'avanzamento del progetto ha inoltre sofferto a causa della carenza di personale e della mancanza di una chiara direzione. Questi problemi derivavano dalle dimensioni considerevoli del progetto e dal numero limitato di risorse umane disponibili.

Questa situazione ha portato alla necessità di utilizzare le stesse risorse su più progetti contemporaneamente, riducendo l'efficacia nell'esecuzione delle attività. Il passaggio tra le diverse attività ha generato frustrazione nel team, che faticava a completare tutte le attività necessarie, causando spesso disallineamenti interni e blocchi nei progetti.

I progetti di maggior successo sono stati quelli in cui le risorse erano dedicate e richiedevano un basso intervento delle altre risorse del team, come il progetto di manutenzione preventiva e il progetto di spostamento dei codici prodotto.

Nonostante le difficoltà, il clima di cooperazione creatosi all'interno della squadra di progetto ha permesso una comunicazione efficace dei cambiamenti agli operatori, che sono stati implementati rapidamente all'interno dell'azienda.

Le consegne incrementali hanno facilitato l'introduzione di miglioramenti basati sull'esperienza acquisita nelle prime settimane di utilizzo, migliorando significativamente la qualità del lavoro svolto.

L'utilizzo di Scrum ha mantenuto alti standard di qualità, ma la mancata applicazione della sua regola aurea, cioè concentrare tutte le risorse su un singolo progetto o sottoprogetto fino al completamento, ha causato rallentamenti e frustrazione.

Da questa esperienza si può dedurre che Scrum è uno strumento estremamente potente che, se applicato correttamente, può portare a risultati eccellenti. Tuttavia, come tutti gli strumenti, può indurre l'utilizzatore a voler riempire la Scrum Board di attività, ignorando i limiti dei diversi progetti e causando ritardi dovuti alla perdita del contesto di progetto.

9.4. RACCOMANDAZIONI PER IL FUTURO

In futuro, si consiglia di proseguire il progetto di miglioramento sfruttando il lavoro già sviluppato a livello operativo, ma delegando sempre più le responsabilità tecniche ai responsabili di produzione e al team di Manufacturing Engineering.

I membri dell'ufficio di miglioramento continuo dovrebbero invece concentrarsi sul miglioramento della pianificazione e della comunicazione tra i diversi reparti. Per fare ciò, è necessario superare l'opposizione del planning e cercare una collaborazione più stretta con questo reparto.

Il progetto richiede inoltre un maggior numero di risorse dedicate provenienti dal Manufacturing Engineering, poiché questo reparto si è dimostrato il collo di bottiglia delle attività di progetto, non riuscendo ad effettuare tutte le modifiche ai cicli produttivi richieste.

Per quanto riguarda il progetto di spostamento dei codici prodotto per ridistribuire il carico di lavoro tra le macchine, è necessaria una maggiore comunicazione tra i membri del team per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Inoltre, come suggerito dallo Scrum Master del progetto, è necessario avere maggiore "coraggio" nel dare priorità alle attività di miglioramento legate al progetto piuttosto che alle attività di routine. Ad esempio, per quanto riguarda il collaudo, sarebbe opportuno prioritizzare i controlli necessari per effettuare le modifiche ai processi produttivi, piuttosto che cercare di recuperare l'arretrato di produzione. Una volta apportati questi cambiamenti, l'intero ciclo produttivo avrà benefici sostanziali.

Si consiglia inoltre di concentrare le attività di progetto su alcune parti ormai concluse che possono portare a facili guadagni a breve termine, come ad esempio la creazione di kit per tamponi GO/NOGO, ora che sono stati ricevuti dal fornitore.

Dato l'eccellente risultato ottenuto dal progetto di manutenzione predittiva sulla macchina M4, si consiglia di estendere l'analisi a tutte le macchine presenti in azienda. Questo

permetterà di ridurre al minimo i fermi dovuti a guasti e soddisfare completamente il pilastro della World Class Manufacturing riguardante la manutenzione.

In breve:

1. Delegare responsabilità tecniche ai responsabili di produzione e Manufacturing Engineering.
2. Concentrarsi sul miglioramento della pianificazione e della comunicazione inter-reparto.
3. Aumentare le risorse dedicate provenienti da Manufacturing Engineering.
4. Migliorare la comunicazione tra i membri del team per il progetto di spostamento dei codici prodotto.
5. Dare priorità alle attività di miglioramento rispetto alle attività di routine.
6. Concludere rapidamente le parti del progetto già avviate per ottenere guadagni a breve termine.
7. Espandere la manutenzione predittiva a tutte le macchine aziendali.

Questi passaggi garantiranno un flusso produttivo più efficiente e un'azienda più resiliente e competitiva, aumentando la produzione e riducendo i costi operativi.

BIBLIOGRAFIA

- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- PMTSI. (2019). *Storia Metodologia SCRUM*. From <https://www.pmtsi.com/storia-della-metodologia-scrum/>
- McMartin, P. (2019). *Using Scrum in the Classroom*. From <https://threeteacherstalk.com/2019/01/25/using-scrum-in-the-classroom/>
- Mora, A. (2021). *La fresatrice: come è fatta, come funziona e quali sono le tipologie*. From Techmec: <https://www.techmec.it/fresatrice/>
- SIOM. (n.d.). *Una nuova fresatrice universale CNC a 5 assi nel parco macchine di Siom*. From <https://siomitalia.com/news/una-nuova-fresatrice-universale-cnc-a-5-assi/>
- Weerg. (2020). *COS'È LA LAVORAZIONE CNC A 5 ASSI?* From https://www.weerg.com/it/guide/cosè-la-lavorazione-cnc-a-5-assi?utm_campaign=SPM+TOP-ENG+INT+ALLT+ALLC+CPAmax&utm_medium=ppc&utm_source=adwords&utm_term=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_cam=20581733212&hsa_kw=&hsa_grp=&hsa_tgt=&hsa_ver=3&hsa
- ALPA metrology. (2023). *MACCHINA DI MISURA 3D AUTOMATICA TRUST ST ALPA LA150*. From <https://www.alpametrolgy.com/macchine-di-misura-coordinate-cnc/macchina-di-misura-3d-automatica-trust-st-alpa-la150/>
- UNIMET. (n.d.). *Vibrofinitura*. From <http://www.unimet-srl.it/vibrofinitura.html>
- Formlabs. (2024). *L'abc della galvanizzazione: come funziona la placcatura*. From <https://formlabs.com/it/blog/galvanizzazione-placcatura/>
- Wei, L. (2016). *Copper electroplating fundamentals*. From <https://www.dupont.com/blogs/copper-electroplating-fundamentals.html#>
- Strategie digitali. (2021). *KPI Aziendali – Definizione, Significato ed Esempi*. From <https://strategiedigitali.net/kpi-aziendali-definizione-significato-ed-esempi/#>
- Qualitiamo. (n.d.). *COLLO DI BOTTIGLIA*. From https://www.qualitiamo.com/terminologia/collo-bottiglia.html#google_vignette
- Jacobson, G. (2024). *The Meaning of Hoshin Kanri: What, Why, and How*. From <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/hoshin-kanri/hoshin-kanri-what-why-and-how>
- Leanmap. (n.d.). *LEARN STRATEGY DEPLOYMENT TO REALIZE YOUR VISION IN 7 STEPS*. From <https://www.leanmap.com/academy/strategy-deployment/>
- Kneafsey, S. (n.d.). *A Short History Of Scrum*. From <https://www.thescrummaster.co.uk/scrum/short-history-scrum/>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Filippetti, A. (2024). *Le regole del gioco: gli Eventi Scrum*. From <https://agileplaza.it/eventi-scrum/>
- Kneafsey, S. (n.d.). *The Five Scrum Events*. From <https://www.thescrummaster.co.uk/scrum/the-five-scrum-events/>
- Scrum.org. (n.d.). *Learn About the Scrum Sprint Event*. From <https://www.scrum.org/resources/what-is-a-sprint-in-scrum>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Acronymat.com. (n.d.). From <https://www.acronymat.com/wp-content/uploads/2021/03/cone-of-uncertainty-picture1-min.png>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.

- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Ksenia. (2023). *Sprint Review: The Basics*. From <https://bordio.com/blog/sprint-review-basics/>
- QRP. (2021). *Cos'è uno sprint in Scrum?* From <https://www.qrpinternational.it/blog/faq/cose-sprint-in-scrum/>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Eby, K. (2017). *Tutto quello che c'è da sapere sui product owner per i team Agile e Scrum*. From <https://it.smartsheet.com/everything-you-need-know-about-product-owners>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *The Scrum Leader's Dashboard Transparency without the waste of traditional reporting*. From <https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2015/06/Scrum-Leaders-Dashboard-Webinar-Slides.pdf>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Zoho Sprint. (n.d.). *What is a scrum board?* From <https://www.zoho.com/sprints/what-is-a-scrum-board.html>
- West, M. (n.d.). *Agile Board Swimlanes: What They Are and How to Use Them*. From <https://www.visor.us/blog/agile-swimlane-how-to/>
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Sutherland, J. (n.d.). *SCRUM: The art of doing twice the work in half the time*.
- Odessa Corp. (n.d.). *Value Stream Mapping Symbols*. From <https://www.conceptdraw.com/examples/value-stream-mapping-symbols>
- Micheli, A. (n.d.). *MUDA: I 7 sprechi della produzione*. From <https://www.headvisor.it/muda-7-sprechi>
- Humanware. (n.d.). *Root Cause Analysis*. From <https://www.humanwareonline.com/project-management/center/root-cause-analysis/>
- Focus Informatica. (n.d.). *Identificare la fonte di non conformità e problematiche per il miglioramento continuo*. . From <https://www.focus-auditmanager.com/root-cause-analysis-rca/>
- Salesforce. (n.d.). *Root Cause Analysis Explained: Definition, Examples, and Methods*. From [https://www.tableau.com/learn/articles/root-cause-analysis#:~:text=Root%20cause%20analysis%20\(RCA\)%20is,symptoms%20and%20putting%20out%20fires](https://www.tableau.com/learn/articles/root-cause-analysis#:~:text=Root%20cause%20analysis%20(RCA)%20is,symptoms%20and%20putting%20out%20fires).
- Opinaldo, N. (2023). *Problem Root Cause Analysis Using the 5 Whys Template*. From <https://gitmind.com/5-whys-template.html>
- Regina, F. (2018). *Analisi ABC per la gestione aziendale*. From <https://ilprogressionline.it/business/management/analisi-abc-per-la-gestione-aziendale/>
- Qualitas Spa. (n.d.). *Il Lead Time di Produzione: cos'è e come si calcola* . From <https://www.qualitas.it/blog/il-lead-time-di-produzione-cose-e-come-si-calcola>
- IBM. (n.d.). *Cos'è la manutenzione preventiva?* From IBM: <https://www.ibm.com/it-it/topics/what-is-preventive-maintenance#:~:text=La%20manutenzione%20preventiva%20consiste%20nell,Come%20funziona%20la%20manutenzione%20preventiva%3F>