

IL PROJECT MANAGEMENT: CASO EFFEGI ELETTRONICA

Sommario

Introduzione	4
1 Il Project Management.....	6
1.1 Cos'è un progetto?.....	6
1.2 Cos'è il Project Management	7
1.3 Breve storia del PM	8
1.3.1 <i>Gli anni a cavallo tra XIX e XX secolo</i>	9
1.3.2 <i>La prima metà del XX secolo</i>	9
1.3.3 <i>Gli anni '60</i>	10
1.3.4 <i>Gli anni '70 e '80</i>	11
1.3.5 <i>I giorni nostri</i>	11
1.4 Project Management, Program Management e Portfolio Management.....	12
1.5 Progetti e pianificazione strategica	13
1.6 Stakeholder di progetto	14
1.7 Fattori Ambientali Aziendali (FAA) e Asset dei Processi Organizzativi (APO).....	17
1.8 Ciclo di vita e organizzazione del progetto.....	19
1.9 Raccolta dei requisiti del progetto	21
1.10 Definire l'ambito del progetto	25
2 La gestione di un progetto.....	27
2.1 La pianificazione e il controllo dei progetti	28
2.1.1 <i>Strumenti per la pianificazione ed il controllo dei progetti</i>	30
2.1.2 <i>Strumenti per la pianificazione e controllo dei rischi (Risk Management)</i>	41
2.2 La pianificazione e controllo dei tempi, delle risorse e dei costi	49
2.2.1 <i>Pianificazione e controllo tempi-risorse</i>	49
2.2.2 <i>La gestione delle risorse</i>	59
2.2.3 <i>Pianificazione e il controllo dei costi</i>	60
2.3 Il controllo di avanzamento e il reporting.....	67
3 Processi e strumenti di project management applicati alla realizzazione di un prototipo avanzato di un'unità di input di sterzo attiva (ASIU).....	72
3.1 Presentazione dell'Effegi Elettronica	72
3.1.1 <i>La società</i>	72

3.1.2	<i>I mercati</i>	74
3.1.3	<i>La concorrenza</i>	75
3.1.4	<i>I clienti</i>	75
3.1.5	<i>Andamento del fatturato e vendite</i>	76
3.2	Il progetto ASIU	77
3.2.1	<i>Sintesi della proposta progettuale</i>	77
3.2.2	<i>Descrizione della partnership di progetto</i>	79
3.2.3	<i>Idea e motivazioni alla base del progetto, stato dell'arte scientifico tecnologico</i>	82
3.2.4	<i>Innovazioni perseguite nel progetto</i>	87
3.2.5	<i>Modalità di management e controllo del progetto</i>	88
3.2.6	<i>WBS, Milestones e WBD</i>	89
3.2.7	<i>Tempi, costi e fase realizzativa T2.5, T2.6 e T2.7 WP2</i>	99
3.2.8	<i>Esito prototipazioni, problematiche di processo riscontrate e azioni correttive</i>	112
3.3	Ricadute, impatti attesi e diffusione/applicabilità dei risultati	115
4	Conclusioni	116
	Ringraziamenti	117
	Bibliografia	118

Introduzione

L'obiettivo di questa tesi è la definizione del Project Management, metodologia di pianificazione, organizzazione e controllo dei progetti, utilizzabile ed ormai usata in tutte le realtà lavorative dall'edilizia, all'elettronica.

Il Project Management viene visto come metodo per gestire le risorse di una o più società per un determinato progetto, tenendo sotto controllo i tempi, i costi ed ovviamente le prestazioni.

Ogni funzione in azienda che ha le caratteristiche di progetto, ossia di avere un impulso, dei vincoli, unicità, interfunzionalità ed asincronia, può essere gestito utilizzando le tecniche di Project Management, che ne programmano e controllano il suo ciclo di vita.

Ogni progetto ha bisogno di essere pianificato attentamente dal punto di vista logico strutturale, dei tempi, dei costi e delle risorse, cercando di utilizzare un'organizzazione che ne permetta il regolare svolgimento e assicurando che ci sia un continuo flusso di informazioni, tali da consentire un controllo regolare di ciò che è stato pianificato e, successivamente, in caso di slittamenti, operare delle ri-pianificazioni. Dal punto di vista organizzativo, con l'introduzione di un sistema di Project Management, diventa importante superare i limiti di una struttura tradizionale classica, non adatta ad operare per progetti e introdurre in azienda un'organizzazione formale o informale, che alle responsabilità verticali delle singole funzioni intersechi ortogonalmente le responsabilità orizzontali del progetto, cercando di introdurre una figura che lo coordini e ne abbia le responsabilità.

La figura in questione è il Project Manager, dotata di grandi capacità organizzative, gestionali, di comunicazione e competenze tecniche. Inoltre, è il fulcro della gestione del progetto, colui che definisce le modalità di svolgimento, di organizzazione interna e di pianificazione e controllo. Al Project Manager spetta il compito di scomporre il progetto in insiemi e sottoinsiemi di attività e di arrivare alla definizione delle attività elementari, per le quali vengono definiti i tempi, i costi e le risorse necessarie.

Nei primi due capitoli, di cui è composta la tesi, tenterò di spiegare il Project Management sotto due aspetti: quello organizzativo e quello della pianificazione e controllo. Inoltre nel capitolo finale verrà presentato un progetto nel campo mecatronico focalizzandosi sulle tecniche di Project Management usate per portarlo a compimento.

In particolare, nel primo capitolo si daranno delle definizioni di Project Management, dei suoi attori e del suo contesto aziendale. Verrà inoltre presentata la sua evoluzione dal 1850 ai giorni nostri, un'evoluzione che vede l'introduzione della figura del Project Manager,

Nella seconda parte si entrerà più nello specifico presentando gli strumenti e le sue aree applicative: integrazione, ambito, tempi, qualità, risorse umane, comunicazione, rischi ed approvvigionamento.

Infine, nell'ultimo capitolo, verrà presentato il progetto ASIU. Alcuni task di tale progetto sono stati da me seguiti durante il mio tirocinio presso l'EFFEGI ELETTRONICA, azienda specializzata nella progettazione, assemblaggio e validazione di schede elettroniche.

1 Il Project Management

1.1 Cos'è un progetto?

Possiamo definire un progetto come *“un’iniziativa temporanea intrapresa per creare un prodotto, un servizio o un risultato con caratteristiche di unicità (Project Management Body of Knowledge (PMBOK)”*. La natura temporanea dei progetti indica una fine ed un inizio definiti. La fine si raggiunge quando sono stati ottenuti gli obiettivi del progetto o quando il progetto è terminato poiché non si riesce, anche per impossibilità, a raggiungere tali obiettivi, o quando non sussiste più l’esistenza dello stesso. Il termine temporaneo non significa necessariamente di breve durata e non si applica generalmente al prodotto, servizio o risultato creato dal progetto; la maggior parte dei progetti è intrapresa per creare un risultato durevole.

Ogni progetto crea un prodotto, servizio o risultato unico. Sebbene elementi ripetitivi possano essere presenti nei deliverable di alcuni progetti, tale ripetizione non modifica la fondamentale unicità del lavoro del progetto.

Un impegno lavorativo continuativo è generalmente un processo ripetitivo poiché segue le procedure esistenti di un’organizzazione. Al contrario, a causa della natura unica dei progetti, ci possono essere incertezze sui prodotti, sui servizi o sui risultati creati dal progetto. Le attività del progetto possono essere nuove per un gruppo di progetto, che avrà quindi bisogno di una pianificazione specifica rispetto ad altri lavori di routine.

Inoltre, i progetti sono intrapresi a tutti i livelli organizzativi, infatti un progetto può coinvolgere una singola persona, una singola attività organizzativa o più unità organizzative.

Un progetto può creare:

- un prodotto che può essere un componente di un altro prodotto o un prodotto finito in sé,
- la capacità di effettuare un servizio,
- un risultato od un documento.

1.2 Cos'è il Project Management

Per PM s'intende "l'applicazione di conoscenze, capacità, strumenti e tecniche inerenti alle attività di progetto per soddisfarne i requisiti (Project Management Body of Knowledge (PMBOK))". Si esegue tramite la corretta applicazione ed integrazione dei processi di PM:

- Avvio
- Pianificazione
- Esecuzione
- Monitoraggio e controllo
- Chiusura

La gestione di un progetto solitamente include:

- identificare i requisiti,
- Prendere in considerazione le varie esigenze, interessi ed aspettative degli stakeholder durante la pianificazione e lo svolgimento del progetto,
- Bilanciare i vincoli del progetto in conflitto, tra cui a titolo indicativo:
 - Ambito
 - Qualità
 - Schedulazione
 - Budget
 - Risorse
 - Rischio

Ogni singolo progetto determinerà i vincoli sui quali il Project manager si dovrà focalizzare.

La relazione tra i fattori è tale che, al modificare di un qualunque fattore, almeno un altro potrà esserne influenzato. Ad esempio, se si riduce la schedulazione, è spesso necessario aumentare il budget per aggiungere ulteriori risorse in modo da completare la stessa mole di lavoro in minor tempo. Se non è possibile aumentare il budget, l'ambito o la qualità potranno essere ridotti per fornire un prodotto in minor tempo con lo stesso budget. Gli stakeholder del progetto possono avere idee diverse in merito ai fattori più importanti, rendendo il progetto ancora più sfidante. La modifica dei requisiti del progetto può creare rischi aggiuntivi. Il gruppo di progetto deve essere in grado di valutare la situazione e bilanciare le richieste per garantire la buona riuscita del progetto.

In considerazione delle potenziali modifiche, il piano di PM è iterativo ed è soggetto a un'elaborazione progressiva nel corso del ciclo di vita del progetto. L'elaborazione progressiva implica il continuo miglioramento e approfondimento di un piano mano a mano che, con l'avanzamento del progetto, diventano disponibili informazioni più specifiche e stime più accurate. Inoltre essa consente al gruppo di PM di gestire un numero superiore di dettagli con l'evolversi del progetto.

1.3 Breve storia del PM

Il Project Management, così come lo si intende oggi, si è affermato non più tardi di cinquant'anni fa, all'inizio degli anni 60, quando le aziende iniziarono ad apprezzare i vantaggi del lavoro organizzato per progetti e a comprendere quanto fosse importante riuscire a far lavorare in modo coordinato tra loro, verso il raggiungimento di un obiettivo comune, più reparti con diverse competenze e specializzazioni.

Ma la realizzazione di quello che oggi si definisce comunemente un progetto, ossia uno *"sforzo complesso, comportante compiti interrelati eseguiti da varie organizzazioni, con obiettivi, schedulazioni e budget ben definiti"* (R. Archibald, Project management. La gestione di progetti e programmi complessi) è una sfida che l'uomo ha raccolto da sempre, a partire dalla realizzazione delle prime grandi opere: basti pensare alle grandi piramidi di Giza, esempio tutt'oggi insuperato di capacità organizzativa e logistica oppure, tra gli insuccessi, alla mitica Torre di Babele, altrettanto insuperato esempio di carenza comunicativa e crisi organizzativa. E' solo dalla fine dell'800 che ha inizio il processo evolutivo verso l'organizzazione per progetto, con approcci che cominciano ad assumere le forme del Project Management quale naturale evoluzione delle teorie di gestione aziendale che si erano andate affermando proprio in quel periodo di grande crescita di complessità del business mondiale, primi fra tutti i grandi lavori per la costruzione delle infrastrutture che segnarono profondamente l'epoca.

Intorno al 1870, negli Stati Uniti cominciarono i lavori per la costruzione della ferrovia che doveva unire la costa atlantica a quella del pacifico, la Transcontinental Railroad: per la prima volta nella storia industriale ci si trovò di fronte al problema di coordinare le attività di migliaia di lavoratori, nonché la costruzione e l'assemblaggio di una quantità mai vista prima di materiali grezzi.

1.3.1 Gli anni a cavallo tra XIX e XX secolo

In questo periodo Frederick Taylor (1865-1915) iniziava i suoi studi sui metodi di lavoro, applicando al lavoro ragionamenti scientifici.

L'idea di Taylor consisteva nel superare l'amatorialità dei manager suoi contemporanei: attraverso lo studio scientifico del lavoro e la cooperazione tra dirigenza qualificata e operai specializzati riteneva infatti possibile organizzare un proficuo rapporto, in cui ambo le parti avrebbero ottenuto vantaggi.

La sua ipotesi consisteva essenzialmente nel supporre l'esistenza di una sola "via migliore" ("one best way") per compiere una qualsiasi operazione. La teoria di Taylor si occupò inizialmente di un ambito prevalentemente produttivo: il suo metodo prevedeva lo studio accurato dei singoli movimenti del lavoratore per poter ottimizzare il tempo di lavoro.

Prima di allora, l'unico sistema conosciuto per migliorare la produttività era lavorare di più e più duramente.

Un associato di Taylor, Henry Gantt (1861-1919) studiò in dettaglio l'ordine delle operazioni nel lavoro, definendo quello che oggi è conosciuto come Diagramma di Gantt: uno strumento grafico per la rappresentazione sull'asse temporale delle attività che concorrono al completamento di un progetto, permettendone così la programmazione ed il controllo dell'avanzamento. Il diagramma di Gantt si è dimostrato nel tempo uno strumento di analisi così potente da venire utilizzato continuamente da generazioni di manager sino ai giorni nostri rimanendo praticamente immutato.

Solo negli anni '90 furono introdotte nel diagramma delle linee di collegamento (link) che consentono di rappresentare con maggior precisione le dipendenze esistenti tra le attività di progetto.

Taylor, Gantt e altri hanno contribuito all'evoluzione del management in varie funzioni ben distinte negli anni precedenti lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale: Marketing, Psicologia Industriale e Relazioni Umane cominciarono ad affermarsi come parte integrante del "Business Management".

1.3.2 La prima metà del XX secolo

Il primo grande progetto che vide l'impiego razionale dei concetti di Project Management fu il progetto Manhattan, iniziato nel 1942 con l'obiettivo di realizzare la fissione nucleare e le bombe che sarebbero poi state sganciate sul Giappone tre anni più tardi. Un progetto il cui

Project Manager riferiva direttamente al Presidente degli Stati Uniti, con obiettivi molto ben definiti e una chiara distribuzione dei compiti e delle responsabilità all'interno dell'organizzazione di progetto.

Il periodo dopo la fine della Seconda Guerra Mondiale fu caratterizzato sul fronte civile dalla ricostruzione post-bellica con la realizzazione di importanti opere impiantistiche ed infrastrutturali, mentre sul fronte militare dalla corsa agli armamenti innescata dalla Guerra Fredda e dalle prime imprese spaziali. La necessità di progredire nella gestione per progetti riuscendo a raggiungere risultati importanti comprimendo i tempi di realizzazione favorì lo svilupparsi di metodologie di Project Management sempre più sofisticate. In quel periodo furono introdotti nuovi strumenti di analisi sempre più complessi e sofisticati, come i diagrammi detti di PERT (Program Evaluation and Review Technique) e il metodo del CPM (Critical Path Method) cioè del "percorso critico", che migliorarono le capacità di controllo dei manager su progetti sempre più grandi e complessi.

Molto presto l'uso di queste tecniche si diffuse in tutti i tipi di industria e i leaders industriali individuarono le nuove strategie e strumenti per sostenere la crescita in un mondo sempre più competitivo e in veloce evoluzione.

1.3.3 Gli anni '60

Nei primi anni 60 del XX secolo, si incominciarono a vedere i primi sistemi di gestione e pianificazione dei progetti così come li conosciamo oggi, applicati nei più svariati ambiti, come ad esempio il progetto inerente al Programma Apollo, che culminò nel luglio del 1969 con la missione di allunaggio di Apollo 11.

Questi sistemi presentavano tra gli aspetti salienti una pianificazione eseguita partendo dall'alto per giungere al dettaglio (top-down), mentre i controlli vengono effettuati in senso inverso partendo dal basso per giungere in cima (bottom-up).

Quegli anni vedono anche un forte sviluppo della cultura organizzativa di Project Management. Vengono analizzate strutture a task force e a matrice, ponendole in relazione con il ruolo e l'autorità del Project Manager.

L'analisi delle esperienze nella conduzione di progetto evidenzia come la diversità culturale e i diversi obiettivi tra chi opera nella struttura organizzativa permanente e chi in quella temporanea di progetto siano origine di conflitti, soprattutto nelle organizzazioni a matrice. Si sviluppano teorie sui conflitti e si definisce la teoria dei sistemi aperti, che considera le

organizzazioni come organismi viventi predisposte all'adattamento delle evoluzioni ambientali attraverso forti differenziazioni e interdipendenza.

1.3.4 Gli anni '70 e '80

Negli anni '70 il Project Management si consolida definitivamente nei settori dell'impiantistica e dell'edilizia. Emerge l'importanza dei cosiddetti "stake-holder" i decisori esterni al progetto, con cui è necessario confrontarsi.

Ad esempio, il progetto Concorde, l'aereo supersonico francese, fu fortemente penalizzato dal fatto che gli Stati Uniti non ne autorizzarono l'atterraggio fino al 1976.

A partire dai primi anni '80 il Project Management si diffonde definitivamente anche ad altre industrie, prima fra tutti l'industria IT di produzione del software e, più in generale dei sistemi informativi aziendali che in quegli anni fanno la loro comparsa.

Inoltre, la rapida evoluzione dell'HW e del SW, soprattutto in seguito all'introduzione del personal computer, favorisce la diffusione di sistemi di gestione dei progetti, di schedulazione, di controllo, molto orientati agli utenti ma che funzionano sul singolo PC, impedendo la raccolta di dati su Database omogenei. Per questo si dovrà aspettare gli anni '90, con le prime applicazioni distribuite client-server.

L'aumentata potenza dei sistemi di controllo consente di concentrare l'attenzione sugli aspetti comunicativi e di relazione. Il Project Management si estende a progetti critici per la strategia aziendale come il re-engineering dei processi produttivi, l'introduzione di nuovi prodotti e servizi, l'adeguamento del business aziendale ai benchmark di mercato, lo sviluppo di nuovi business e iniziative per la Qualità Totale.

1.3.5 I giorni nostri

Lo sviluppo dei sistemi software, dell'IT e soprattutto di Internet, consente un continuo potenziamento dei sistemi di controllo dei progetti, così come migliora notevolmente la facilità di comunicazione tra i membri dei team di progetto. I progetti vengono sempre più frequentemente gestiti da team virtuali, composti da persone dislocate in varie parti del mondo ma in continuo collegamento grazie alla rete.

Aumenta l'attenzione ai rischi e alla loro mitigazione, soprattutto investendo in una miglior pianificazione e una miglior preparazione teorica dei project manager e dei team di progetto, elemento quest'ultimo ormai acquisito come essenziale dalla maggioranza delle aziende.

1.4 Project Management, Program Management e Portfolio Management

Il Project Management opera in un contesto organizzativo più ampio disciplinato dal Program Management e dal portfolio management. Le strategie e priorità organizzative sono collegate e hanno diverse interazioni (Figura 1).

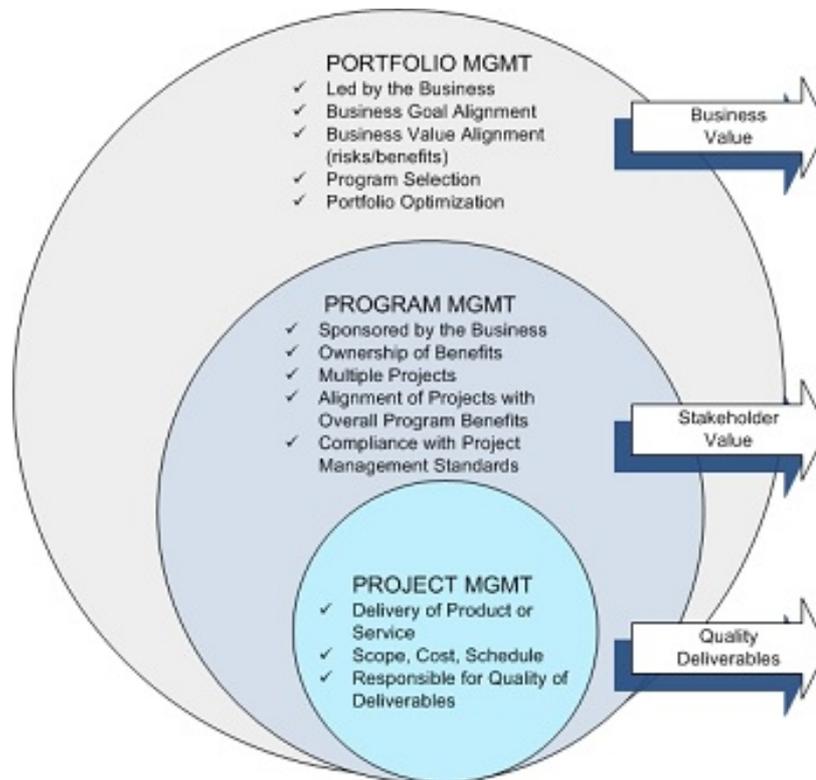


Figura 1. Portfolio MGMT, Program MGMT, Project MGMT

Con Program Management è definita la gestione di “un gruppo di progetti correlati, gestiti in modo coordinato al fine di ottenere benefici ed obiettivi strategici e un controllo non possibili nella gestione individuale dei singoli progetti”.

I programmi possono contenere elementi di lavoro correlati ma esterni all’ambito dei singoli progetti appartenenti al programma. Un progetto può far parte o meno di un programma ma un programma avrà sempre dei progetti. I progetti di un programma sono collegati da un risultato comune.

Se la relazione tra progetti è solo quella della condivisione di un cliente, di un fornitore, di una tecnologia o di una risorsa, l’impegno deve essere gestito come un portfolio di progetti piuttosto che come un programma.

Il Program Management si focalizza sulle interdipendenze tra progetti ed aiuta a determinare l'approccio ottimale per gestire tali interdipendenze.

Le azioni riferite a tali interdipendenze possono includere:

- risolvere i vincoli legati alle risorse e/o conflitti che hanno un impatto su diversi progetti nell'ambito dello stesso programma.
- allineare la direzione organizzativa/strategica che influenza gli obiettivi dei progetti e del programma
- risolvere le questioni e la gestione del cambiamento nell'ambito di una struttura di governance condivisa.

Per Portfolio Management invece si intende l'insieme di progetti e programmi che un'organizzazione (oppure una divisione o business unit) gestisce in un periodo di tempo correlato al piano strategico aziendale.

Ciascun progetto o programma presente nel portfolio è quindi associato a specifici obiettivi di business e viene valutato in relazione al contributo al business aziendale.

La gestione del portfolio ha l'obiettivo di assicurare che la priorità dei singoli progetti e programmi venga periodicamente rivista al fine di allocare le risorse e gli investimenti in modo coerente ed in linea con gli obiettivi organizzativi e gli obiettivi strategici.

1.5 Progetti e pianificazione strategica

I progetti sono spesso utilizzati come mezzo per raggiungere gli obiettivi prefissati nella pianificazione strategica, quel processo con il quale si fissano gli obiettivi di un sistema (territoriale, aziendale, statale) e si indicano i mezzi, gli strumenti e le azioni per raggiungerli in una prospettiva di medio/lungo periodo.

Essi sono solitamente autorizzati come risultato di una o più delle seguenti considerazioni strategiche:

- richiesta del mercato
- opportunità strategiche/esigenze aziendali
- richiesta di un cliente
- progresso tecnologico
- requisiti legali

Sebbene un gruppo di progetti nell'ambito di un programma possa prevedere specifici benefici associati a ciascun progetto, può anche contribuire ai benefici complessivi del programma, agli obiettivi del portfolio e al piano strategico dell'organizzazione.

1.6 Stakeholder di progetto

Gli stakeholder sono persone/organizzazioni direttamente coinvolte nel progetto o i cui interessi possono essere influenzati in modo positivo o negativo dall'esecuzione o dal completamento del progetto.

Essi possono anche esercitare la propria influenza sul progetto, sui suoi deliverable e sui membri del gruppo di progetto. Il gruppo di Project Management deve identificare gli stakeholder interni ed esterni per determinare i requisiti del progetto e le aspettative di tutte le parti coinvolte. Inoltre, il Project Manager deve gestire l'influenza dei vari stakeholder in relazione ai requisiti del progetto per garantire un risultato di successo.

Gli stakeholder presentano differenti livelli di responsabilità e di autorità, che possono variare nel corso del ciclo di vita del progetto. La loro identificazione e comprensione del relativo grado di influenza sul progetto è un processo continuo e fondamentale; la mancata esecuzione di tale attività, infatti, può fare aumentare notevolmente la durata ed i costi del progetto stesso. Una parte importante della responsabilità del Project Manager è gestire le aspettative degli stakeholder, attività alquanto difficile poiché questi ultimi hanno obiettivi molto diversi o in conflitto.

Gli stakeholder principali sono:

- *Clienti/Utenti*: sono le persone o le organizzazioni che utilizzeranno il prodotto, il servizio o il risultato del progetto. Possono essere interni e/o esterni alla Performing Organization. In alcune aree applicative i clienti e gli utenti sono sinonimi; in altre invece, i clienti si riferiscono all'entità che acquisisce il prodotto del progetto e gli utenti, coloro che utilizzeranno direttamente il prodotto del progetto.
- *Portfolio Manager/Comitato di revisione del portfolio*: sono responsabili della governance di alto livello di un insieme di progetti o programmi, che possono essere interdipendenti oppure no. Essi revisionano ciascun progetto per quanto riguarda il rendimento del capitale investito, il valore del progetto, i rischi associati alla sua attuazione e altre caratteristiche chiave del progetto.

- Program Manager: sono responsabili della gestione coordinata di progetti tra loro correlati, al fine di ottenere benefici ed un livello di controllo non conseguibili attraverso la gestione individuale dei singoli progetti. I Program Manager interagiscono con ciascun Project Manager per fornire supporto ed indicazioni sui singoli progetti.
- Project Manager: definito come la persona incaricata dalla Performing Organization del raggiungimento degli obiettivi del progetto. Si tratta di una funzione impegnativa e di alto profilo con importanti responsabilità e priorità mutevoli. Richiede flessibilità, buona capacità di giudizio, forti capacità di leadership e negoziazione. Deve inoltre essere in grado di comprendere i dettagli del progetto ma deve saperlo gestire da una prospettiva generale.

Il Project Manager occupa il centro del sistema di relazioni tra gli stakeholder e il progetto stesso. È inoltre il principale responsabile della comunicazione con tutti gli stakeholder, in particolar modo con quelli chiave.

Le principali funzioni di sua responsabilità sono:

- sviluppare il piano di Project Management e tutti i piani specifici che lo compongono,
- rispettare la schedulazione e il budget del progetto,
- identificare, monitorare e reagire al rischio,
- fornire report dettagliati e tempestivi sui parametri di valutazione del progetto.

Il suo ruolo è diverso da quello di un manager funzionale o di un manager delle unità operative. A seconda della struttura organizzativa un Project Manager può riportare a un manager funzionale. In altri casi può accadere che più Project Manager riportino a un Program Manager o ad un Portfolio Manager, responsabili ultimi dei progetti di portata aziendale. In questi casi la loro collaborazione è finalizzata al raggiungimento degli obiettivi del progetto e per garantire che il piano del progetto sia in linea con il piano globale del programma.

Oltre alle capacità specifiche di ciascuna area applicativa, alle competenze manageriali di carattere generale necessarie per la gestione di un progetto, il Project manager deve possedere i tre tipi seguenti di competenze:

- **Conoscenza** il know how specifico legato al Project Management e ai suoi strumenti.

- **Prestazioni** in riferimento a ciò che il Project Manager è in grado di fare o di portare a termine nell'applicazione delle proprie competenze di Project Management.
- **Personale** in rapporto al comportamento, le attitudini, le principali caratteristiche della personalità e della leadership del Project Manager quando opera con i stakeholder del progetto ovvero “l'abilità di guidare il gruppo nel raggiungimento degli obiettivi del progetto bilanciando i vincoli che il progetto presenta”
- Project Management Office: IL PMO è una funzione organizzativa a cui vengono attribuite varie attività correlate alla gestione dei progetti. Una funzione primaria è supportare i Project Manager in molti modi tra i quali:
 - gestire le risorse condivise su tutti i progetti amministrativi,
 - identificare e sviluppare metodologie di Project Management, buone prassi e standard,
 - addestramento, mentoring, formazione e supervisione,
 - monitorare la conformità agli standard in relazione alle direttive, alle procedure e ai modelli di documenti,
 - sviluppare e gestire direttive, procedure, modelli di documenti di progetto e altra documentazione condivisa,
 - coordinare la comunicazione tra progetti.

Tra i Project Manager e i PMO vi sono obiettivi diversi guidati da requisiti diversi. Tutte le attività, tuttavia, sono allineate alle esigenze strategiche dell'organizzazione.

Le differenze possono essere riassunte in tre punti. Il Project manager si concentra sugli obiettivi specifici per il progetto di sua responsabilità, mentre il PMO gestisce le attività inerenti al programma che possono essere considerate potenziali opportunità di raggiungere gli obiettivi aziendali prefissati. Il Project Manager gestisce le risorse assegnate al progetto per meglio raggiungere gli obiettivi specifici al progetto, mentre il PMO ottimizza e gestisce le risorse organizzative condivise tra più progetti. Il Project Manager gestisce i vincoli (schedulazione, ambito, costo, qualità, ecc.) specifici al suo progetto mentre il PMO gestisce le metodologie, gli standard, le opportunità e i rischi complessivi e le interdipendenze tra i progetti a livello aziendale.

- Manager Funzionali: sono figure chiave che svolgono un ruolo gestionale in un'area amministrativa e funzionale dell'azienda, quali risorse umane, finanza, contabilità o

approvvigionamento. Il manager funzionale può fornire esperienza specifica del proprio settore o la sua funzione può fornire servizi al progetto.

- Gestione operativa: I manager della gestione operativa sono individui con un ruolo gestionale in un'area del core business, quali ricerca e sviluppo, progettazione, produzione, approvvigionamento, collaudo e manutenzione. Hanno a che fare direttamente con la produzione e il mantenimento di prodotti o servizi commerciali da parte dell'azienda. Il gruppo di gestione operativa dovrà quindi integrare il prodotto rilasciato dal progetto nelle attività operative di tipo continuativo e fornire supporto a lungo termine.
- Fornitori/Partner commerciali: I fornitori sono aziende esterne che stipulano contratti per fornire componenti o servizi necessari al progetto. I partner commerciali sono anch'essi aziende esterne, ma vantano un rapporto speciale con l'azienda, talvolta raggiunto tramite un processo di certificazione. Forniscono competenze specializzate o rivestono un ruolo specifico, quale 'installazione, la personalizzazione del prodotto, la formazione o il supporto.

1.7 Fattori Ambientali Aziendali (FAA) e Asset dei Processi Organizzativi (APO)

I fattori ambientali aziendali (FAA) e gli asset dei processi organizzativi (APO) costituiscono un input per quasi tutti i processi di Project Management.

Per Fattori Ambientali Aziendali si intendono l'insieme delle condizioni interne ed esterne che influenzano i comportamenti delle persone all'interno di un'organizzazione.

Tali fattori costituiscono dei condizionamenti per ogni tipo di attività che venga svolta da una certa organizzazione.

Esempi di FAA possono essere:

- la cultura organizzativa;
- i valori aziendali;
- i regolamenti interni e le normative cui l'operatività deve sottostare;
- le politiche interne (es. la politica del personale) ed esterne (es. vincoli legislativi, privacy ecc.);
- le infrastrutture di cui un'organizzazione può disporre;

- le condizioni di mercato;
- la propensione al rischio da parte del management.

Questi fattori possono in alcuni casi agevolare il lavoro di un team di progetto, mentre in altri casi possono ostacolarlo. Per questo motivo è fondamentale prevederne l'impatto sul ciclo di vita di un progetto in modo da prendere eventuali contromisure per proteggersi dalle implicazioni sfavorevoli.

In fase di pianificazione di un progetto è quindi importante che il Project Manager precisi tali impatti in modo da concordare con il management le azioni di contenimento da svolgere.

Per asset dei Processi Organizzativi si intende l'insieme delle procedure e strumenti di cui un'organizzazione si dota per lo svolgimento della propria operatività. Non ci si riferisce solo a processi e strumenti di Project Management ma anche a tutti i processi aziendali e gli strumenti metodologici e tecnologici presenti in un'organizzazione per la gestione della propria attività.

Esempi di APO possono essere:

- le procedure di assicurazione e controllo qualità;
- le procedure per l'assunzione, l'allocazione, la formazione e valutazione del personale;
- le procedure per la produzione di beni e servizi;
- le tecnologie di produzione impiegate dall'azienda;
- gli standard di ciascun settore interno;
- il sistema di knowledge management;
- i sistemi informativi aziendali;
- i format di comunicazione interna;
- le tecnologie di comunicazione utilizzate dall'organizzazione;
- gli strumenti e la metodologia di Project Management utilizzati.

Gli APO sono elementi facilitanti il lavoro del team di progetto ed è quindi importante fin dalle fasi preliminari di un progetto comprendere come possono essere sfruttati al meglio.

Il team di progetto, in quanto utilizzatore di tali asset, è inoltre chiamato in ogni fase del ciclo di vita di un progetto a proporre eventuali migliorie ad essi contribuendo così al processo di crescita aziendale

1.8 Ciclo di vita e organizzazione del progetto

Con ciclo di vita di un progetto si intende un insieme di fasi di progetto generalmente sequenziali e talvolta sovrapposte il cui nome e numero sono determinati dalle esigenze di controllo e gestione dell'organizzazione o delle organizzazioni coinvolte nel progetto, dalla natura del progetto stesso e dalla relativa area applicativa. Esso può essere determinato o modellato in base al tipo di organizzazione, del settore di mercato o della tecnologia utilizzata. Mentre ogni progetto ha un inizio e una fine definiti, i deliverables specifici e le relative attività, variano notevolmente con il progetto.

Il ciclo di vita fornisce il quadro di base per la gestione del progetto, indipendentemente dallo specifico lavoro previsto.

Tutti i progetti possono essere mappati sulla seguente struttura del ciclo di vita:

- avviare il progetto,
- organizzare e preparare,
- svolgere il lavoro del progetto,
- chiudere il progetto.

Questa visione di alto livello può fornire un quadro comune di riferimento.

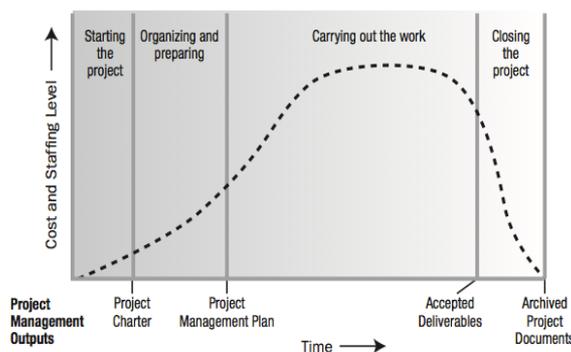


Figura 2. Impatto delle variabili in base ai tempi di progetto

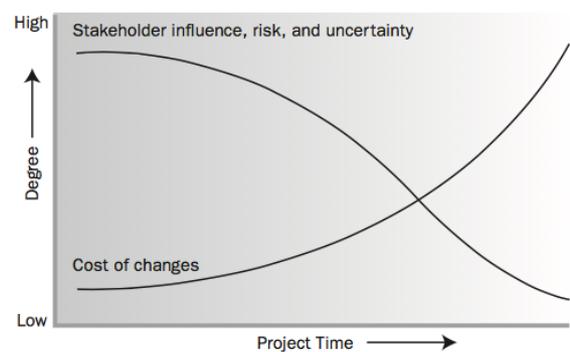


Figura 3. Livelli tipici dei costi e delle risorse umane lungo il ciclo di vita del progetto

Analizzando i due grafici si possono raggiungere le seguenti considerazioni generali:

- i livelli dei costi e delle risorse sono inizialmente bassi, raggiungono il picco durante lo svolgimento del lavoro e si abbassano rapidamente man mano che il progetto si avvicina alla fine. La linea tratteggiata nella figura 2 illustra questo andamento;

- le influenze degli stakeholder, il rischio e l'incertezza sono massimi all'inizio del progetto tali fattori diminuiscono nel corso della vita del progetto, come mostra la figura 3;
- la capacità di influenzare le caratteristiche finali del prodotto del progetto, senza impattare in maniera significativa sui costi, è massimo all'inizio del progetto e diminuisce man mano che il progetto si avvicina al completamento. La figura 3 illustra l'idea che il costo delle modifiche e della correzione degli errori aumenta solitamente in maniera rilevante al completamento del progetto.

E' necessario distinguere con estrema attenzione tra ciclo di vita del progetto e ciclo di vita del prodotto.

Tutti i progetti hanno uno scopo od un obiettivo, ma nei casi in cui quest'ultimo è un servizio o un risultato, può esservi un ciclo di vita per il servizio o risultato, non un ciclo di vita del prodotto.

Qualsiasi progetto è organizzato in fasi facenti parte del ciclo di vita del progetto. Tali fasi sono divisioni che richiedono controlli supplementari per gestire in modo efficace il completamento dei deliverables ovvero i prodotti e servizi da rilasciare per rispondere agli obiettivi. Un deliverable può essere di due tipi:

- fisico: corrisponde ai prodotti realizzati od installati o servizi erogati;
- documentale: corrisponde a documentazione prodotta durante la realizzazione di tali prodotti e servizi per facilitarne la produzione oppure per addestrare all'utilizzo di quanto sviluppato (i documenti di Project Management sono appunto deliverables documentali).

Le fasi di progetto vengono solitamente completate in sequenza, ma in alcune situazioni particolari di progetto possono sovrapporsi.

Si hanno tre tipi di relazione tra fase:

- relazione sequenziale, in cui una fase può avere inizio solo quando la fase precedente è stata completata. La natura graduale di questo approccio riduce le incertezze, ma può eliminare le possibilità di ridurre i tempi della schedulazione;
- relazione di sovrapposizione, in cui una fase inizia prima del completamento della fase precedente. Fasi sovrapposte possono aumentare il rischio e comportare rilavorazioni se una fase successiva progredisce prima che siano disponibili informazioni più specifiche dalla fase precedente;

- relazione iterativa, in cui si pianifica una sola fase in un determinato momento e la pianificazione per la fase successiva è effettuata man mano che il lavoro procede sulla fase o sui deliverable correnti.

La struttura a fasi consente la segmentazione del progetto in sottoinsiemi logici per facilità di gestione, pianificazione e controllo. Il numero, l'esigenza e il grado di controllo applicato dipendono dalle dimensioni, dalla complessità e dal potenziale impatto del progetto.

Tutte le fasi hanno caratteristiche simili, quando sono sequenziali, la chiusura di una fase termina con una sorta di trasferimento di consegne del lavoro realizzato (deliverable di fase). La fine della fase rappresenta un punto naturale per rivalutare l'impegno in corso e modificare o terminare il progetto, se necessario.

Tali punti prendono il nome di milestones, punti di controllo all'interno e di consegna di specifici deliverables. Sono normalmente attività considerate convenzionalmente a durata zero che servono per isolare nella schedulazione i principali momenti di verifica del deliverable. Possono coincidere con riunioni di presentazione, firma di verbali di accettazione, ecc. Il lavoro si focalizza su qualcosa di diverso da qualsiasi altre fase e spesso coinvolge organizzazioni e capacità differenti;

Non esiste tuttavia un unico modo per definire la struttura ideale di un progetto. Alcune organizzazioni hanno criteri consolidati che standardizzano tutti i progetti, mentre altre consentono al gruppo di Project Management di scegliere la struttura più adeguata al singolo progetto.

In realtà molto dipende dalla natura del progetto specifico e dallo stile di gestione adottato dal gruppo di progetto o dall'organizzazione

1.9 Raccolta dei requisiti del progetto

Processo di definizione e documentazione delle esigenze degli stakeholder al fine di soddisfare gli obiettivi del progetto. Il buon esito del progetto è direttamente influenzato dalla cura posta nel raccogliere e gestire i requisiti del progetto e del prodotto. I requisiti comprendono le esigenze e le aspettative quantificate e documentate dello sponsor, del cliente e degli altri stakeholder. Tali requisiti devono essere dedotti, analizzati e registrati in modo sufficientemente dettagliato da consentirne la misurazione una volta avviata l'esecuzione del progetto. Raccogliere i requisiti significa definire e gestire le aspettative del cliente. Questi

requisiti saranno alla base della pianificazione dei costi, della schedulazione, della Work Breakdown Structure e della qualità del progetto. La raccolta di questi significa sostanzialmente definire e gestire le aspettative del cliente.

I requisiti possono essere suddivisi in requisiti di progetto e di prodotto. I primi possono includere i requisiti commerciali, di Project Management, di consegna, ecc. I secondi includono informazioni su specifiche tecniche, di sicurezza, prestazioni, ecc.

Il Project Charter è utilizzato per fornire i requisiti del progetto ad alto livello e la descrizione del prodotto del progetto ad alto livello, in modo da poter sviluppare i requisiti dettagliati del prodotto.

Vi sono diversi strumenti e tecniche per la raccolta dei requisiti:

- a) **Interviste:** un'intervista è un approccio formale od informale finalizzato alla scoperta di informazioni dagli stakeholder parlando direttamente con loro. Si esegue solitamente ponendo domande preparate e spontanee e registrando le risposte.

Le interviste sono spesso condotte in modo individuale ma possono coinvolgere più intervistatori e/o intervistati. Tramite le interviste si può facilitare l'identificazione e la definizione delle caratteristiche e delle funzioni dei deliverable attesi dal progetto.

- b) **Focus group:** riuniscono stakeholder prequalificati ed esperti del settore per conoscere le relative aspettative e le opinioni su un prodotto, un servizio o un risultato proposto. Un moderatore in possesso dell'adeguata preparazione guida il gruppo attraverso una discussione interattiva, studiata per essere maggiormente colloquiale rispetto alle interviste individuali.

- c) **Workshop guidati:** sono delle sessioni focalizzate che riuniscono stakeholder interfunzionali per definire i requisiti del prodotto.

Vengono considerati come una tecnica primaria per definire in modo rapido i requisiti interfunzionali e riconciliare le differenze tra gli stakeholder. Sessioni ben condotte possono costruire fiducia, favorire le relazioni e migliorare la comunicazione tra i partecipanti, portando ad un maggiore consenso da parte degli stakeholder.

- d) **Tecniche di creatività di gruppo:**

- *Brainstorming.* Una tecnica utilizzata per generare e raccogliere diverse idee relative ai requisiti del progetto e del prodotto.
- *Tecnica Nominal Group.* Potenzia il brainstorming con un processo di votazione utilizzato per classificare le idee più utili per un ulteriore brainstorming o per l'assegnazione delle priorità.

- *Tecnica Delphi*. Un gruppo selezionato di esperti risponde a questionari e fornisce feedback sulle risposte per ogni gruppo di requisiti.
 - *Mappatura mentale/delle idee*. Le idee create tramite brainstorming individuale sono consolidate in una singola mappa per riflettere le convergenze e le divergenze di significato e per generare nuove idee.
 - *Diagramma di affinità*. Questa tecnica consente di raggruppare un gran numero di idee da sottoporre a revisione ed analisi.
- e) **Tecniche decisionali di gruppo**: le decisioni di gruppo rappresentano un processo di valutazione di più alternative tramite un risultato atteso sotto forma di decisione per azioni future.

Queste tecniche possono essere usate per generare, classificare e assegnare la priorità ai requisiti del prodotto. Vi sono diversi metodi:

- **Unanimità**. Tutti sono concordi su una singola serie di azioni.
 - **Maggioranza**. Accordo da parte di oltre il 50% dei membri del gruppo.
 - **Pluralità**. Se non si raggiunge la maggioranza, è il blocco di persone più numeroso a decidere.
 - **Dittatura**. Un individuo prende le decisioni per tutto il gruppo.
- f) **Questionari e sondaggi**: i questionari ed i sondaggi sono una serie di domande scritte, studiate per raccogliere rapidamente informazioni da un ampio numero di partecipanti. Sono il metodo più appropriato nel caso di una popolazione ampia, quando sono necessari tempi di risposta rapidi e quando è appropriata un'analisi statistica.
- g) **Osservazioni**: forniscono un modo diretto per osservare gli individui nel loro ambiente e individuare il modo in cui svolgono il loro lavoro o attività, e portano a termine i processi. Metodo particolarmente utile per processi dettagliati quando le persone che usano il prodotto hanno difficoltà o sono riluttanti ad articolare le proprie richieste. L'osservazione, chiamata anche "job shadowing", è solitamente svolta esternamente dall'osservatore che guarda l'utente svolgere il proprio lavoro. Può anche essere effettuata da un "osservatore partecipante" che esegue un processo o una procedura per scoprire come si svolge, al fine di scoprire i requisiti nascosti.
- h) **Prototipi**: la loro creazione è un metodo per ottenere un feedback precoce sui requisiti fornendo un modello di lavoro del prodotto atteso prima di costruirlo effettivamente. Essendo tangibili, i prototipi consentono agli stakeholder di sperimentare un modello

del prodotto finale piuttosto che discutere soltanto di rappresentazioni astratte dei requisiti.

I prototipi supportano il concetto di elaborazione progressiva poiché sono utilizzati in cicli iterativi di creazione di modelli dimostrativi, sperimentazione da parte dell'utente, generazione di feedback e revisione dei prototipi. Una volta eseguiti abbastanza cicli di feedback, i requisiti ottenuti dal prototipo sono sufficientemente completi per passare a una fase di progettazione o costruzione.

La **documentazione dei requisiti** descrive il modo in cui i singoli requisiti soddisfano l'esigenza commerciale per il progetto. Possono essere inizialmente di alto livello e diventare progressivamente più specifici man mano che si acquisiscono maggiori informazioni. Prima di creare una baseline, i requisiti non devono presentare ambiguità (essere misurabili e tastabili), tracciabili, completi, coerenti e accettabili per i principali stakeholder. Il formato di un documento relativo ai requisiti può variare da un semplice documento che elenca tutti i requisiti classificati per stakeholder e priorità a forme più elaborate che contengono un riepilogo esecutivo, descrizioni dettagliate e allegati.

Il **piano di gestione dei requisiti** inoltre, documenta il modo in cui i requisiti saranno analizzati, documentati e gestiti nel corso del progetto. Il tipo di relazione tra le fasi del progetto, influenza fortemente la gestione dei requisiti. Il Project Manager deve scegliere la relazione più efficace per il progetto e documentare tale approccio nel piano di gestione dei requisiti.

Per far sì che ciascun requisito aggiunga valore collegandolo agli obiettivi aziendali o del progetto è utile l'implementazione di una **matrice di tracciabilità dei requisiti** che mette in relazione i requisiti con la relativa origine e li traccia durante tutto il ciclo di vita del progetto. Fornisce inoltre una struttura per gestire le modifiche delle specifiche di prodotto. Tale matrice include la tracciatura di tutti i requisiti. Gli attributi associati a ciascun requisito possono essere registrati nella matrice di tracciabilità dei requisiti. Tali attributi aiutano a definire le principali informazioni sui requisiti. I tipici attributi utilizzati includono: un identificativo unico, una descrizione testuale dei requisiti, il fondamento logico per l'inclusione, il responsabile, la fonte, la priorità, la versione, lo stato attuale e la data di completamento.

1.10 Definire l'ambito del progetto

E' il processo di sviluppo di una descrizione dettagliata del progetto e del prodotto. La preparazione di una descrizione dettagliata dell'ambito del progetto è fondamentale per il successo e si basa sui principali deliverables, assunti e vincoli documentati all'avviamento del progetto. Durante la pianificazione, le specifiche del prodotto sono definite e descritte con maggiore precisione man mano che diventano disponibili maggiori informazioni sul progetto. I rischi, gli assunti e i vincoli esistenti sono analizzati per verificarne la completezza; in caso di necessità in un secondo momento possono essere aggiunti ulteriori rischi, assunti, vincoli.

Il Project Charter e la documentazione dei requisiti forniscono una descrizione del progetto e delle caratteristiche del prodotto e contengono anche i requisiti di approvazione del progetto.

Per analizzare le informazioni necessarie per sviluppare la descrizione dell'ambito del progetto è spesso utilizzato il **parere di esperti**. Tale giudizio, unito alle competenze, è applicato ai dettagli tecnici. Le competenze sono fornite da qualsiasi gruppo o individuo con abilità o formazione specifica.

Per progetti che hanno come deliverable un prodotto invece di un servizio o di un risultato, **l'analisi del prodotto** può rappresentare uno strumento efficace. Ciascuna area applicativa dispone di uno o più metodi generalmente accettati per tradurre descrizioni di prodotto di alto livello in deliverables tangibili. L'analisi del prodotto include tecniche quali la scomposizione del prodotto, l'analisi di sistema, l'analisi dei requisiti, l'ingegneria di sistema, l'ingegneria del valore e l'analisi del valore.

La descrizione dell'ambito del progetto descrive nel dettaglio i deliverable del progetto e il lavoro necessario per crearli. Fornisce inoltre anche una comprensione comune dell'ambito tra gli stakeholder. Può contenere esclusioni esplicite dall'ambito che possono aiutare la gestione delle aspettative degli stakeholder. Consente al gruppo di progetto di eseguire una pianificazione maggiormente dettagliata, guida il lavoro del gruppo di progetto durante l'esecuzione e fornisce la baseline per valutare se le richieste di modifica o di ulteriore lavoro rientrano o meno nei confini del progetto.

Il grado e il livello di dettaglio della descrizione dell'ambito del progetto che definisce il lavoro che sarà eseguito e il lavoro che sarà escluso, possono determinare la qualità del controllo che il gruppo di Project Management può esercitare sull'ambito generale del progetto. La descrizione dettagliata dell'ambito del progetto include, direttamente o indirettamente o tramite il riferimento ad altri documenti, quanto segue:

- **Descrizione delle specifiche di prodotto.** Elabora progressivamente le caratteristiche del prodotto, del servizio o risultato descritto nel Project Charter e la documentazione relativa ai requisiti.
- **Criteri di accettazione del prodotto.** Definisce il processo e i criteri per l'accettazione dei prodotti, servizi o risultati completati.
- **Deliverable del progetto.** I deliverables includono sia gli output che comprendono il prodotto o il servizio, sia i risultati secondari, quali i report di Project Management e la documentazione.
- **Esclusioni dal progetto.** Identifica in modo generale ciò che è escluso dal progetto. Aiuta a gestire le aspettative degli stakeholder indicando in modo esplicito ciò che non rientra nell'ambito del progetto.
- **Vincoli del progetto.** Elenca e descrive i vincoli specifici del progetto associati all'ambito che vincolano le opzioni del gruppo di progetto, ad esempio un budget predefinito, date imposte o milestone di schedulazione stabilite in fase di pianificazione.
- **Assunti del progetto.** Elenca e descrive gli assunti specifici del progetto associati all'ambito e il potenziale impatto di tali assunti nel caso in cui si rivelino falsi.

2 La gestione di un progetto

Come già presentato nel precedente capitolo, per poter attribuire ad un insieme di attività la qualifica di “progetto”, è necessario che posseggano le seguenti caratteristiche:

- essere correlate nell’obiettivo di conseguire un risultato predeterminato,
- essere scadenzate nel tempo,
- essere soggette a vincoli sulle risorse
- dover essere terminate ad una data prestabilita, alla quale viene effettuata la verifica formale del conseguimento del risultato predeterminato.

La gestione, inoltre, non è altro che il lavoro svolto dal gruppo di progetto per assicurarsi che il compito o una serie di attività legate al progetto, vengano svolte con i tempi e i metodi prestabiliti.

La gestione comprende alcuni passaggi fondamentali:

- **Definizione:** definiamo il lavoro da fare. Si definiscono i requisiti, ciò che è necessario fare, le specifiche, il metodo e le unità di misura
- **Pianificazione:** creiamo un piano scritto che descrive quello che faremo
- **Stima:** creiamo una previsione di quello che ci vorrà per fare il lavoro
- **Comunicazione:** il Project Management presuppone un grande lavoro gomito a gomito con gli altri per creare un piano, per assicurarsi che tutti si impegnino, per migliorare il piano e il modo in cui si lavora, per risolvere i problemi che, via via, emergono. Per svolgere al meglio questo lavoro, occorre sincerarsi che tutti abbiano capito cosa bisogna fare e una buona comunicazione è lo strumento migliore per ottenere questi risultati
- **Monitoraggio:** solo confrontando quello che stiamo facendo con quello che abbiamo scritto nel nostro piano potremo assicurarci che il progetto stia proseguendo nel migliore dei modi o apportare le necessarie azioni correttive
- **Misurazioni:** per gestire al meglio un progetto occorre misurare quanto stiamo lavorando bene. Le misure si effettueranno sia durante il lavoro che alla fine
- **Reporting:** l'attività di reporting continua ci aiuta a specificare esattamente dove siamo col nostro progetto, i progressi che stiamo facendo, il punto dove siamo arrivati e le previsioni di quando si pensa che arriveremo al termine del lavoro

- Decidere: all'interno delle attività di gestione è posto anche il momento decisionale. Decidiamo cosa fare, annotiamo eventuali modifiche del progetto e ci assicuriamo che le persone portino a compimento il lavoro da fare
- Sostegno: anche fornire aiuto e supporto ai membri del team di progetto fa parte di un lavoro di Project Management, così come l'attività successiva
- Coordinamento: lavorare sui dettagli da mettere insieme e sulle singole capacità delle persone è il modo migliore per far funzionare le cose
- Responsabilità: quando gestiamo un progetto, dobbiamo assumerci la responsabilità del suo successo ma anche quella di un eventuale insuccesso.

2.1 La pianificazione e il controllo dei progetti

In un progetto sono predefiniti degli obiettivi, tra i quali alcuni sono di ordine economico e temporale, pertanto il Project Manager aiutato dal suo team, studiano e decidono sul come conseguire i risultati tecnici rispettando però i vincoli di costo e di tempo. Quindi, l'avvio delle attività prettamente operative di un progetto è preceduto da una fase di analisi, tesa a definire esattamente quali attività operative converrà eseguire e in quale ordine.

Questa fase viene chiamata di **pianificazione** e deve rispettare gli obiettivi predefiniti esplicitati dal cliente/committente, eventuali obiettivi aggiuntivi dei realizzatori/fornitori e di altri stakeholder, i vincoli posti da tali attori e dei vincoli oggettivi.

Tutto quello che viene stabilito nella fase di pianificazione serve da guida nel corso delle attività di progetto e da riferimento per il **controllo** dell'avanzamento delle attività del progetto.

Secondo l'Ing. Protto in "Concetti e strumenti di Project Management", si pianifica un progetto:

- Per assicurare che ogni azione necessaria al conseguimento dell'obiettivo sia stata:
 - prevista
 - definita e correlata con le altre
 - quotata in termini di costo
 - valutata in termini di rischio
- Per assicurare che per ogni azione necessaria al conseguimento dell'obiettivo siano state previste le risorse per implementarla
- Affinché sia chiaro all'interno come all'esterno dell'azienda che realizza il progetto:
 - in che modo

- in quali tempi
- con quali costi
- con quali risorse
- sotto la responsabilità di chi ogni azione necessaria deve essere implementata.

La pianificazione di un progetto, sempre secondo l'autore è utile:

- Al cliente e/o committente, perché lo tutela, chiarisce le scadenze (milestone) e gli consente di esercitare un controllo di natura fiscale.
- Al fornitore, perché prevede le aree di rischio, consente il coordinamento delle risorse e l'ottimizzazione dei costi, gli dà la possibilità di esercitare un controllo di natura correttiva a feedback, e di natura preventiva come vera e propria "guida" a feedforward.

L'attività di pianificazione non porta di per se un valore aggiunto alle caratteristiche intrinseche del progetto, ma serve ad ottimizzare le attività direttamente produttive, e quindi essa rappresenta un costo che viene sostenuto con l'obiettivo di ridurre il rischio di non conseguire gli obiettivi temporali e di budget del progetto qualora si procedesse, invece, affrontando i problemi man mano che essi si presentano e concatenando le attività operative a seconda della disponibilità del momento.

Risulta chiaro che più il progetto è di grandi dimensioni e/o presenta un elevato grado di complessità tecnica, più diventa importante l'attività di pianificazione, la quale fa crescere i costi per il suo svolgimento e i costi associati alla fase di controllo. La pianificazione può determinare un certo grado di rigidità; infatti, una pianificazione troppo stretta compromette la creatività del progetto, soprattutto, se lo stesso risulta essere critico dal punto di vista tecnologico e organizzativo. La pianificazione può essere poco dettagliata oppure portata ai massimi livelli di dettaglio; e non è detto che esasperare il livello di dettaglio sia una cosa positiva.

Una buona pianificazione ha tra le prime priorità di identificare le aree critiche del progetto ed analizzarle in dettaglio tenendo in considerazione gli aspetti di costo e di rigidità accennati. In base a tale complessità il Project Manager deve delineare in maniera completa e precisa tutte le attività costituenti il progetto stesso, ossia tutte quelle attività che è necessario eseguire, affinché l'intero progetto sia compiuto, raggiungendo tutti gli obiettivi tecnici, temporali e di costo.

Per ogni progetto vi sono diversi piani per conseguire il risultato richiesto; il pianificatore cerca di individuare, tra i vari possibili piani, quello ottimale per la particolare situazione del suo progetto in relazione a molti fattori quali la tipologia del progetto e del contratto, il tipo e l'organizzazione dell'azienda o delle aziende coinvolte, i problemi economico finanziari, gli

aspetti tecnologici, i vincoli particolari esterni al progetto, i rapporti con i sub-fornitori, la gestione della qualità.

Sempre Protto afferma che: *“L’ottimalità di un piano di progetto risiede, oltre che, nel non contenere errori, anche nel compromesso tra la migliore controllabilità dell’attività di realizzazione ed il minor costo dell’attività di pianificazione e controllo”*.

Pianificare un progetto significa innanzitutto individuare tutte le attività operative necessarie al miglior conseguimento dell’obiettivo del progetto. Tale azione, logicamente, precede quelle di pianificazione dei tempi, pianificazione delle risorse, pianificazione economico- finanziaria.

2.1.1 Strumenti per la pianificazione ed il controllo dei progetti

Gli strumenti di pianificazione si raggruppano in cinque principali categorie:

- Strumenti di pianificazione logica/strutturale,
- Strumenti di pianificazione e controllo degli aspetti tecnici,
- Strumenti di analisi e controllo dei rischi,

Con una **pianificazione logica/strutturale** è possibile suddividere in base a schemi logici l’intero progetto in sotto-progetti e in attività facilmente controllabili esplicitandone le interrelazioni.

Gli strumenti usati sono la **WBS (Work Breackdown Structure)** in connessione con la **WPD (Work Package Description)**. La WBS fornisce una suddivisione del progetto in sotto progetti semplici detti **work package (WP, pacchetti di lavoro)** con caratteristiche uniformi e i cui contenuti ed interrelazioni in termini di attività elementari chiamate **task** sono elencate nella WPD.

Con una **pianificazione e controllo degli aspetti tecnici s’intende** tutte le **specifiche** (di progetto, di costruzione, di collaudo, di interfaccia, ecc.), **il piano della qualità** e, in parte, il **TPM (Technical Performance Managment, controllo dell’andamento tecnico)**.

Gli strumenti di analisi e controllo dei rischi consentono la corretta pianificazione e gestione delle attività (**Risk Managment di progetto**).

2.1.1.1 Creare la WBS e la WPD

Un progetto è un insieme complesso di numerose attività diverse finalizzate al conseguimento di un obiettivo vincolato. Tale complessità si mostra sin dal primo approccio come difficoltà di cogliere una visione completa e precisa di tutte le attività costituenti il progetto stesso, cioè tutte

le attività semplici che è necessario eseguire affinché l'intero progetto sia compiuto raggiungendo tutti gli obiettivi tecnici, temporali e di costo. Nell'implementazione, la complessità si estrinseca nella difficoltà di gestire e mantenere sotto controllo tutte queste attività, ammesso di essere riusciti ad identificarle per tempo.

Per ridurre la complessità e la difficoltà di gestione è utile suddividere ma, d'altra parte, ogni suddivisione incrementa il numero degli item da controllare aumentando il costo della pianificazione e del controllo. La struttura definita nel progetto chiamata **Work Breakdown Structure** è una tipica struttura tolopologica ad albero, cioè una struttura per diramazione che si accresce dalla "radice" (che rappresenta l'intero programma inteso come unica macro-attività) alle "foglie" (aggregati poco complessi e agevolmente controllabili di attività semplici).

Definire una Work Breakdown Structure per un determinato progetto significa quindi effettuare una pianificazione logica delle attività necessarie alla sua realizzazione, seguendo una logica per suddivisione gerarchica. Più nel dettaglio, con la Work Breakdown Structure si definisce la suddivisione dei deliverable del progetto e del lavoro incluso nel progetto in componenti più piccoli e quindi maggiormente gestibili. La struttura di scomposizione del lavoro è una scomposizione gerarchica del lavoro da eseguire da parte del gruppo di progetto per poter portare a termine gli obiettivi e creare i deliverable richiesti, con ciascun livello discendente della WBS a rappresentare una definizione sempre più dettagliata del lavoro del progetto. La WBS organizza e definisce l'ambito totale del progetto e rappresenta il lavoro specifico per ogni item che la compongono.

Il lavoro pianificato è contenuto nel livello più basso dei componenti della WBS, chiamati **Work Package**, costituiti a loro volta da attività elementari, **tasks**, che vengono realizzati e gestiti all'interno del pacchetto di lavoro. Le stime di risorsa necessaria, di tempo e di costo devono essere fatte sui pacchetti di lavoro.

Un work package può essere soggetto a schedulazione, stima dei costi, monitoraggio e controllo.

Un pacchetto di lavoro è caratterizzato dalle seguenti caratteristiche:

- è un insieme di attività elementari strettamente connesse
- ha degli obiettivi chiaramente descritti (specifiche), e altrettanto chiaramente sono descritti vincoli ed ipotesi
- la responsabilità del raggiungimento degli obiettivi può essere attribuita ad un singolo elemento nell'ambito dell'organizzazione

Nel contesto della WBS, il lavoro si riferisce ai prodotti o deliverable del lavoro che sono il risultato dell'impegno e non all'impegno in sé.

Per scomposizione s'intende la suddivisione dei deliverable del progetto in componenti più piccoli e maggiormente gestibili fino alla definizione del lavoro e dei deliverable al livello di Work Package e dei suoi tasks, ovvero il livello più basso della WBS, ed è il punto in cui è possibile stimare e gestire in modo affidabile la durata delle attività del lavoro. Il livello di dettaglio dei Work Package varierà in base alle dimensioni e alla complessità del progetto. La suddivisione segue una precisa logica: ritagliare le attività elementari in modo che le risorse da esse richieste siano utilizzate in modo il più possibile uniforme durante la durata di esecuzione. La scomposizione dei componenti della WBS di livello superiore richiede la suddivisione del lavoro per ciascuno dei deliverable o dei sottoprogetti nei componenti fondamentali, dove i componenti della WBS rappresentano prodotti, servizi o risultati verificabili.

La WBS può essere strutturata come schema, organigramma, diagramma a lisca di pesce o utilizzando un'altra rappresentazione. La scomposizione è corretta se i componenti della WBS di livello inferiore sono quelli necessari e sufficienti per il completamento dei corrispondenti deliverable di livello superiore. Deliverable differenti possono avere diversi livelli di scomposizione.

Per arrivare ad un Work Package, il lavoro di alcuni deliverable deve essere scomposto solo al livello successivo, mentre altri hanno bisogno di ulteriori livelli di scomposizione. Man mano che il lavoro è scomposto in livelli di maggior dettaglio, la capacità di pianificare, gestire e controllare il lavoro aumenta. Tuttavia, una scomposizione eccessiva può condurre a un impegno di gestione non produttivo, a un uso inefficiente delle risorse e a una minore efficienza nell'esecuzione del lavoro.

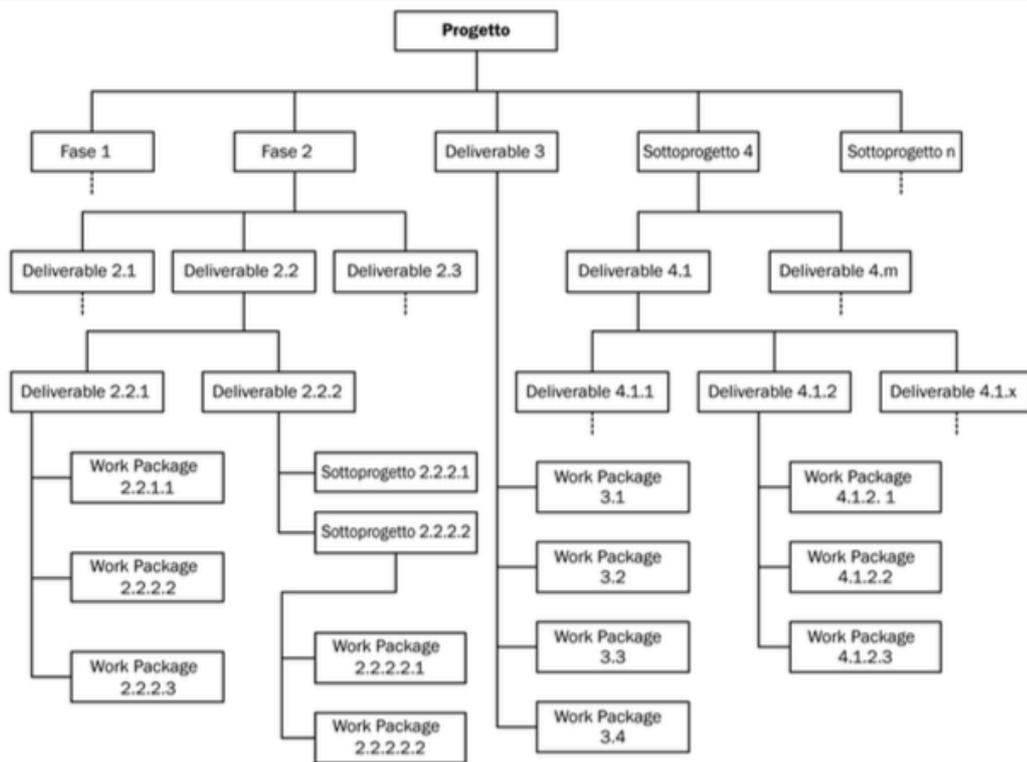


Figura 4. WBS

La WBS rappresenta tutto il lavoro del prodotto e del progetto, incluso il lavoro di Project Management. L'intero lavoro dei livelli inferiori deve sommarsi fino a raggiungere i livelli superiori in modo che non venga tralasciato nulla e che non sia svolto nessun lavoro in eccesso. Questo principio è talvolta definito come la "Regola del 100%".

La WBS è una scomposizione gerarchica orientata ai deliverable del lavoro da eseguire da parte del gruppo di progetto per portare a termine gli obiettivi del progetto e creare i deliverable richiesti, con ciascun livello discendente della WBS a rappresentare una definizione sempre più dettagliata del lavoro del progetto. La WBS è finalizzata stabilendo dei punti di controllo per i Work Package e un identificativo unico derivato da un codice di classificazione. Tali identificativi forniscono una struttura per l'aggregazione delle informazioni su costi, schedulazione e risorse. Un punto di controllo è un punto di controllo gestionale in cui l'ambito, i costi e la schedulazione vengono integrati e confrontati con l'Earned Value per la misurazione delle prestazioni. I punti di controllo sono posizionati in determinati punti gestionali della WBS, opportunamente selezionati. Ciascun punto di controllo può includere uno o più Workpackage, ma ciascun Work package deve essere associato a un solo punto di controllo.

Le regole da rispettare per la costruzione di una WBS in forma canonica sono solo due e possono esprimersi in modo comprensibile come segue:

1. nel corso della suddivisione nulla si perde (il tutto si conserva)
2. nel corso della suddivisione nulla si duplica

La migliore Work Breakdown Structure, in tutti i casi, tra tutte quelle possibili di un determinato progetto è quella che, nell'organizzazione che realizza il progetto, consente il miglior controllo del progetto al minor costo di controllo.

Fondamentale per la comprensione da parte di tutti gli stakeholder del progetto è la **Work Package Description (WPD)** ovvero una descrizione maggiormente dettagliata dei componenti della WBS, inclusi i Work package e i punti di controllo. La descrizione del pacchetto di lavoro è un documento di fondamentale importanza che riporta tutte le informazioni di piano necessarie per l'esecuzione del lavoro:

- identificazione del pacchetto nell'ambito dell'albero WBS,
- nome del responsabile e la sua posizione nell'organizzazione,
- contenuti del pacchetto, in termini di obiettivi da conseguire,
- budget autorizzato,
- tempi di inizio e fine lavoro, con le eventuali scadenze (milestones),
- elenco e descrizione precisa dei pacchetti di lavoro,
- tutti i documenti, in particolare quelli di specifica tecnica relativi alla realizzazione del pacchetto,

In particolare l'elenco e la descrizione precisa delle attività elementari del pacchetto è il cuore della WPD, per ogni attività elementare vengono indicate le seguenti informazioni stimate preventivamente:

- risorse e mezzi necessari,
- "durata tecnica": tempo necessario per eseguire l'attività quando tutte le risorse ed i mezzi necessari sono realmente disponibili,
- i collegamenti, detti "vincoli tecnici", con le altre attività elementari del pacchetto o presenti in altri pacchetti: sono attività "predecessori" quelle che devono necessariamente essere terminate affinché l'attività in descrizione possa essere quanto prima iniziata, sono attività "successori" quelle che non possono essere quanto prima iniziate se non è terminata l'attività in descrizione,
- i costi, scomposti analiticamente per consentire un controllo accurato.

Le informazioni relative a risorse e mezzi necessari, durata tecnica e collegamenti sono usate per calcolare i tempi di inizio e fine e il grado di libertà di slittamento nel tempo dell'attività senza che il progetto complessivo ne sia danneggiato.

2.1.1.2 Criteri per la definizione della WBS

Molti sono le modalità per definire una WBS per un dato progetto. L'obiettivo primario da seguire nella sua definizione è quello di realizzare una scomposizione che consenta poi di pianificare il progetto in modo da massimizzarne la controllabilità, al minimo costo del controllo eliminando inoltre qualsiasi ambiguità.

A questo proposito si parla delle logiche di suddivisione "per prodotto", particolarmente indicate nella suddivisione delle attività di progettazione. tali logiche, tuttavia, se applicate alla scomposizione di attività di produzione o costruzione non si rilevano sempre convenienti: infatti per questo tipo di attività si utilizzano logiche per tecnologie e/o per specializzazione.

Le WBS vanno quindi definite di volta in volta dopo un attento studio, tuttavia possono esistere delle standardizzazioni e proceduralizzazioni nella definizione della WBS

In base a queste considerazioni nel manuale di PM redatto dall'Ingegnere Protto sono presentati dei suggerimenti di massima per la definizione di una WBS:

- Al primo livello, oltre a quanto suggerito nel SOW (Statement of Work, è un documento tra committente/cliente e fornitore che chiarisce: cosa sarà fornito, come sarà fornito, chi lo fornirà, quando sarà fornito) conviene di solito seguire una suddivisione per macro attività (progettazione, produzione, management, ecc...). Dal secondo livello, nei limiti del possibile, seguire una struttura per prodotto, così come suggerito dalle norme MIL-STD, o per macroprocesso (o tecnologia), lasciando micro-attività e/o microprocessi, ai pacchetti di lavoro come attività elementari.
- In seconda priorità, e solo se ciò è possibile, seguire lo schema della struttura organizzativa e dei centri di costo dell'azienda.
- Se si è definito un ramo di progettazione, sviluppare questo ramo secondo una logica "per prodotto" in modo da ottenere contestualmente un elenco strutturato dei documenti di specifica da emettere nel corso della progettazione.
- Nel caso di rami di costruzione in officina e/o di produzione in fabbrica può convenire seguire una logica per processi tecnologici piuttosto che per prodotto perché l'officina e la fabbrica sono organizzate per aree tecnologiche e le lavorazioni avvengono per lotti

(è comodo far corrispondere ad un pacchetto di lavoro la lavorazione di un lotto in un'area tecnologica).

- In generale, nei limiti del possibile, suddividere tenendo conto della struttura organizzativa dell'azienda in modo da riuscire ad ottenere pacchetti di lavoro le cui attività elementari siano realizzate in prevalenza da una singola unità organizzativa; ciò semplifica il controllo.
- Conviene individuare i “prime item” della fornitura (elementi hardware “predominanti”, cioè configurabili con il maggior grado di indipendenza dagli altri) e porli ai livelli WBS più vicini alla radice, di solito ciò è automatico seguendo il SOW. Inserire ai livelli più lontani dalla radice gli elementi non dominanti.
- Possono essere rami indipendenti anche aggregati di attività omogenee non attribuibili ad item predominanti (training operativo e per manutentori, ecc.)
- Se nella WBS così realizzata si notano attività omogenee distribuite su un gran numero di pacchetti di lavoro, allora conviene verificare se tali attività non possano costituire un vero e proprio ramo con le sue foglie, in tal caso si modificherà la WBS inserendo il nuovo ramo e scorporando dagli altri rami le attività in questione.
- Non dimenticare il ramo del management, che, tipicamente, si stacca direttamente dalla radice e contiene i pacchetti di lavoro relativi alle attività di Project Management (a tutti i livelli) e può contenere le attività di raccolta ed elaborazione dei dati del programma ed in generale le attività di tipo amministrativo. Quando è previsto un controllo formale delle attività, la struttura di controllo costituisce necessariamente un ramo WBS con le sue foglie.

Spesso, conviene avere separati ad alto livello (persino subito sotto la radice rami) i:

- Il Controllo di Qualità
- Le attività collegate con un'eventuale post-vendita (garanzia, parti di rispetto, training, service, rinnovi)
- I collaudi (in relazione al tipo di contratto, di produzione e di livello di collaudo)
- Il marketing (tipicamente nel caso di un prodotto gestito da un Product Manager)
- Le attività di configurazione, imballaggio e spedizione, nel caso di prodotti che vanno personalizzati al cliente.

Lo sviluppo della WBS non deve essere interamente eseguito dalla stessa persona o piccolo gruppo di lavoro; è necessario che, via che si scende di livello, vengano coinvolti gli esperti

operativi nell'ambito dei vari rami. Il Program Manager (o Project, o Product Manager) coordina l'intero processo, ma alla definizione di ogni livello WBS contribuiscono, cooperando, coloro che saranno i responsabili dei rami a quel livello e colui che sarà il responsabile del ramo generante di livello superiore; solo così la WBS viene definita da diversi gruppi di lavoro per ogni livello WBS e per competenza tecnica, solo in questo modo la competenza sarà la caratteristica principale che deve presiedere alla composizione dei gruppi di lavoro. Pur rispondendo al principio di unicità, progetti diversi possono somigliarsi; tali analogie possono essere sia localizzate, sia estese nella struttura dei documenti e/o nel loro contenuto di dettaglio (valori numerici, caratteristiche, prescrizioni, standard...). Innanzitutto le somiglianze sono nella documentazione tecnica (specificazione e requisiti), ma sono anche nei documenti di pianificazione dei tempi, dei costi, delle risorse e in generale in qualsiasi altro aspetto di pianificazione generale.

In base a questi elementi si può dare, secondo Protto la seguente definizione generale: *“dato un insieme di progetti, viene detto modello tecnico dei progetti appartenenti all'insieme, l'insieme di tutti gli elementi di piano sia strutturali, sia prescrittivi che sono invariati rispetto ad ogni progetto dell'insieme dei progetti. Viceversa, un dato modello tecnico definisce una classe di progetti caratterizzata dall'invarianza degli elementi del modello tecnico stesso.”*

L'esistenza dei modelli tecnici semplifica ed accelera molto il processo di pianificazione, ma, naturalmente, tende ad irrigidire la pianificazione stessa. I modelli tecnici sono pertanto utili ed indicati nei casi di progetti routinari, non nei casi di progetti eccezionali o particolarmente innovativi.

Dal punto di vista documentale un modello tecnico è un insieme incompleto di documenti. Incompleto o perché non contiene tutti i documenti necessari e/o perché i documenti stessi non sono loro stessi completi (per esempio una specifica tecnica completamente strutturata, ma mancante di alcuni valori numerici da determinarsi caso per caso). Nell'uso di modelli tecnici, è necessario ricordare che la WBS è una struttura e quindi essi possono essere applicati alla struttura principale (parte ad alto livello) e/o a rami particolari (ad esempio un software in un sistema elettronico composto di hardware e software).

Frequentemente le aziende si dotano di procedure interne per la costruzione di WBS, quasi sempre nella procedura è prescritta una modalità di codifica dei rami e spesso viene pre-definita una logica di suddivisione per livello, per esempio:

- 1° livello per fasi (progettazione, acquisti, costruzione, test, start-up, ...)
- 2° livello per prodotto (o funzionalità)

- 3° livello per aree tecnologiche (elettronica, idraulica, ...)
- 4° livello per aree organizzative

La WBS in linea di massima non contiene informazioni temporali; l'aspetto temporale è gestito nelle tecniche di scheduling, tuttavia può accadere che la WBS riporti delle informazioni temporali, quando il progetto è strutturalmente condizionato in modo rilevante da aspetti temporali, ad esempio quando contiene delle fasi temporalmente distinte e separate da "colli di bottiglia" (ad esempio momenti di "Go-No go"). In questi casi l'informazione temporale è rappresentata in WBS da diramazioni vicine alla radice che rappresentano macro- fasi successive.

L'identificazione della (WBS) e dei pacchetti di lavoro (WP) può essere attuata anche mediante l'incrocio di due strutture la **PBS** (acronimo di Product Breakdown Structure) e la **ABS** (acronimo di Activity Breakdown Structure). La PBS viene costruita con un procedimento top-down che pone al massimo livello l'intero prodotto finale, che costituisce lo scopo della fornitura del progetto e al livello immediatamente inferiore i suoi principali sottoprodotti componenti. Il processo di scomposizione del prodotto termina quando si ritiene di aver raggiunto il livello di dettaglio desiderato.

Con un procedimento analogo si procede alla scomposizione delle attività ottenendo in tal modo la struttura ABS. Dall'intersezione delle colonne (PBS) e delle righe (ABS) vengono individuati i singoli elementi della matrice, i Work package (WP).

La matrice così costruita, rappresentata in figura., prende il nome di Work Breakdown Structure (WBS). Gli elementi della WBS rappresentano, nel loro insieme, tutti i Work Packages che dovranno essere completati al fine di completare il progetto. Ciascuno di questi pacchetti viene pianificato, budgettato, schedato e controllato dalla funzione aziendale che lo ha incaricato. La matrice WBS, dunque riporta nelle righe la lista delle attività/lavorazioni previste (ABS) e nelle colonne i prodotti/servizi ottenuti a seguito delle attività completate (PBS). Ciascun WP, pertanto, viene perfettamente identificato dalla coppia di codici ABS e PBS, e, in funzione della struttura prevista per tali codici, il sistema di elaborazione consente l'ottenimento di reports a diversi livelli di totalizzazione.

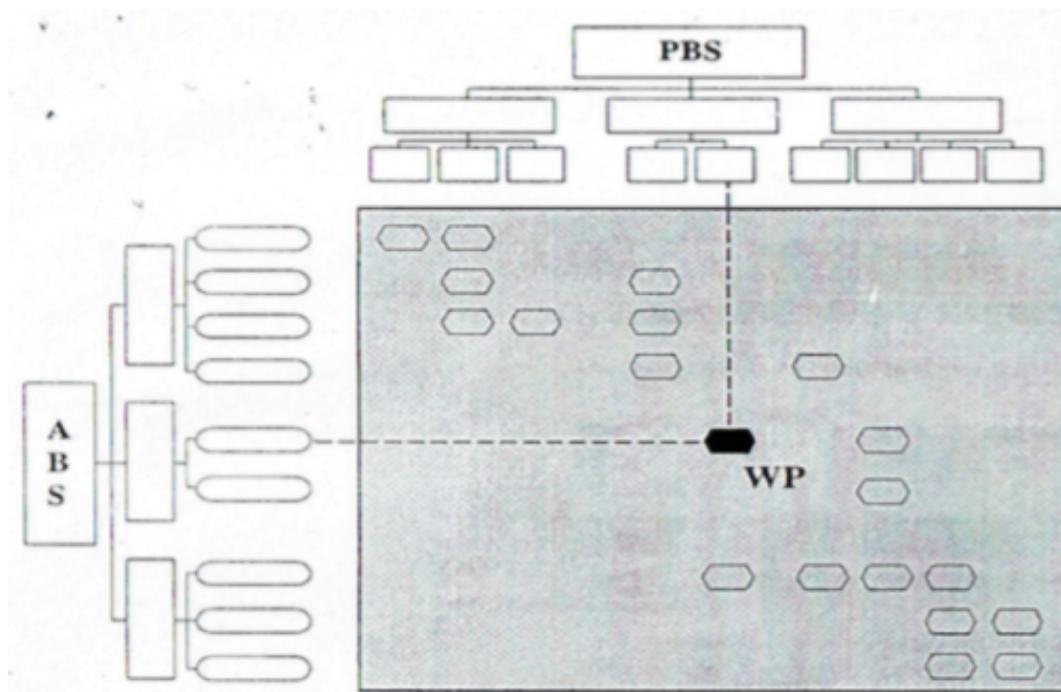


Figura 5. Matrice per definizione di una WBS

Questo metodo di costituzione della WBS e di definizione dei pacchetti di lavoro, non risponde a regole particolarmente complesse, non prevede neppure l'uso di algoritmi sofisticati. Per la sua applicazione non sono richieste competenze specifiche o particolari nozioni specialistiche, ma soltanto una certa dose di buonsenso e di discernimento unite ad una profonda conoscenza tecnica del prodotto che costituisce lo scopo della fornitura.

Questa metodologia permette di:

- Minimizzare il rischio, sempre presente nei progetti complessi, di omissioni e/o dimenticanze di sottoprodotti elementari i quali, sia pure singolarmente di modesta entità, rappresentano delle componenti essenziali del prodotto finale.
- Dettagliare la scomposizione fino al livello ritenuto corretto.
- Aggregare, al livello di volta in volta richiesto, i dati elementari.
- Creare una sorta di “linguaggio comune” a tutti i componenti del team di progetto responsabili delle funzioni realizzatrici.

Una volta proceduto alla definizione della WBS e con essa i WP, per attribuire la responsabilità dei pacchetti di lavoro in modo coerente alle missioni delle varie unità organizzative, si procede all'incrocio tra WBS e struttura organizzativa dell'azienda (OBS, acronimo di Organization Breakdown Structure). Nascono in tal modo le matrici di responsabilità e le **Organizational**

Chart, elenchi ufficiali di elementi WBS, rami e foglie, a fronte dei quali è indicato il nome del responsabile.

Azioni	Attori											
	Direttore Div.	Project Manager	Controller Div.			U.O. Prog. Sistema	U.O. Progett. SW	U.O. Prog. Mecc.	U.O. Prog. Electr.	Acquisti	U.O. Documentaz.	U.O. Officina
Programma XYZ	AI	R	I									
Ramo 1		AI	I			R						
Sotto-ramo 1.1		AI				R						
Sotto-ramo h...k		AI										
WP h...k.1		AI			I	R					C	
Sotto-ramo h...k.2												
WP h...k.2.1		AI			I			R		C	C	
WP h k.2.2		AI			I		R				C	C
Ramo n		AI	I									
Sotto-ramo 1.1		AI										
.... WP n...m.p		AI			A		C	R		C		

Figura 6. Matrice di responsabilità

Uno strumento di grande utilità che dà visibilità ai ruoli di un progetto è la **matrice di responsabilità**.

- R= responsabilità
- A= autorizza
- I= è informato
- C= collabora

Si tratta di uno strumento dell'analisi organizzativa che è stato utilmente riportato tra i documenti tipici del Project Management. Consiste in una griglia (matrice) che mette in relazione le attività con le responsabilità. In pratica l'intestazione delle righe è data dai pacchetti di lavoro e l'intestazione delle colonne dalle unità organizzative (o i loro responsabili) e all'incrocio tra una riga e una colonna.

Una "X" indica che la responsabilità di quel pacchetto di lavoro è di quella unità organizzativa (o quella persona). La matrice si può estendere all'intera WBS aumentando conseguentemente

le righe. Si possono avere più attività per una stessa colonna, ma, ovviamente, si può avere una sola “X” per riga.

La rappresentazione può essere resa più utile e completa indicando agli incroci opportuni, con appositi simboli, anche altri ruoli oltre la sola responsabilità; per esempio chi ha il potere di autorizzare, chi deve essere informato chi collabora, ecc.

2.1.2 Strumenti per la pianificazione e controllo dei rischi (Risk Management)

Il rischio di progetto è definito come l’effetto cumulativo degli effetti negativi sugli obiettivi del progetto, prodotti dall’eventuale occorrenza di eventi incerti. Sulla base di questa definizione, il rischio di progetto è legato sia alla probabilità di occorrenza degli eventi producenti gli effetti negativi, sia all’entità di tali effetti.

Il Risk Management (gestione dei rischi) è un insieme di metodi per identificare i rischi, valutarne le conseguenze, sviluppare e selezionare azioni per contrastare tali rischi e gestirle quando i rischi si concretizzassero. È quindi caratterizzato da una componente predittivo - pianificatoria; una **filosofia di gestione proattiva**. Tale gestione tratta gli eventi futuri di un progetto in relazione alle situazioni: la situazione al momento e tutte le possibili dinamiche future di situazione.

Il RM è un’attività gestionale manageriale che viene attuata a livello di top management per l’impresa nel suo complesso. Obiettivo del Project Manager nel gestire il rischio è di mantenere (o riportare) la situazione del progetto nel totale controllo man mano che, progredendo negli Stati di Avanzamento del progetto, gli eventi da aleatori diventano perfettamente noti perché accadono. Il PM cerca di mantenere la dinamica dei processi del progetto in condizioni di reversibilità (metafora termodinamica) o, almeno, in condizioni tali da poter diagnosticare il prefigurarsi di situazioni negative già in presenza di segnali deboli, quanto più possibile, in modo da attuare azione correttive e preventive con massima celerità e minimi danni in termini di risultato, tempi e costi.

Vengono inoltre definite due condizioni di rischio. Si parla di **rischio puro** quando la possibile evoluzione negativa della situazione non può che generare perdite, mentre si parla di rischio relativo quando le dinamiche future che scaturiscono dalla situazione attuale portano a concretizzarsi eventi favorevoli (opportunità) o sfavorevoli (rischi). La perdita del controllo del progetto a causa di eventi imprevedibili sfavorevoli è sempre possibile, ma parte della difficoltà è già superata in partenza se il PM riesce a prevedere all’inizio del progetto tutte le aree di possibile rischio con le relative conseguenze.

In corso di progetto il PM cerca, mantenendo il controllo della situazione, di indirizzare il progetto verso le dinamiche favorevoli; a tal fine è bene che siano già pianificate all'inizio del progetto le azioni conseguenti di protezione o correzione delle deviazioni conseguenti a vari rischi.

Il RM si sviluppa nelle seguenti fasi:

- identificazione dei rischi (risk identification),
- valutazione dei rischi (risk evaluation),
- definizione delle azioni di contrasto del rischio,
- controllo del rischio,

Le prime due fasi costituiscono l'**analisi del rischio**. Nella fase di identificazione e di valutazione dei rischi, vengono ricercate tutte le possibili fonti di rischio ed i rischi che possono derivarne per il progetto, tali rischi vengono poi valutati nella successiva fase, cioè quantificati in base a criteri omogenei sia come impatto sul progetto in termini di costo C, sia come probabilità P di verificarsi e l'**esposizione del rischio R** viene allora quantificata come prodotto della probabilità di verificarsi e costo degli effetti negativi.

$$R = P * C$$

La fase di definizione delle azioni di contrasto del rischio consiste nell'identificare azioni da intraprendere per fronteggiare i rischi

Il controllo del rischio è il processo che accompagna tutte le varie fasi del dell'esecuzione del progetto attuando il piano di RM, monitorando cioè la situazione nei modi previsti e attuando le conseguenti azioni di contrasto pianificate.

Se viene preso in considerazione l'intero ciclo di vita di un progetto, si vede come il momento di più alto impatto del rischio si situa nelle fasi intermedie della progettazione. Infatti nel corso delle fasi iniziali di fattibilità del progetto è vero che l'incertezza sul futuro è massima, ma è anche vero che la spesa sostenuta a quel punto è molto bassa e quindi il progetto può abortire senza grave danno, oppure è possibile predisporre per tempo le utili azioni di contrasto. Nelle fasi finali, invece, mentre il costo sostenuto è elevato, l'incertezza è ormai ridotta in quanto la maggior parte degli eventi chiave è superata.

È importante raccogliere e memorizzare i risultati dell'analisi dei rischi e della successiva pianificazione e controllo dei vari progetti realizzati ed in corso di realizzazione in modo da creare ed alimentare un data base che aiuti l'analisi e la gestione dei rischi per ogni nuovo progetto.

Infine è importante ricordare che analogamente ai rischi, possono esistere delle opportunità. All'analisi e la valutazione dei rischi, quindi, è utile associare anche un'analisi delle opportunità eventuali che si aprirebbero al concretizzarsi dei rischi stessi.

2.1.2.1 Identificazione dei rischi (Risk Analysis)

L'identificazione dei rischi richiede esperienza specifica delle singole attività soggette a rischio e degli scenari possibili nei quali il progetto può trovarsi. È necessario, quindi, sia l'apporto dei "generalisti" i quali sono competenti circa l'ambiente entro il quale il progetto può trovarsi ad evolvere, sia l'apporto degli "specialisti" i quali sono competenti per rischi specifici in relazione alla loro specializzazione.

È possibile identificare i rischi specifici attraverso operazioni di scomposizione. Un'operazione simile è già costituita dalla WBS e dalla suddivisione in pacchetti di lavoro. Risulta pertanto palese utilizzare tale scomposizione e richiedere agli specialisti che definiscono la WPD di individuare e valutare i rischi specifici individuando le relative azioni di contrasto e darne documentazione nelle stesse WPD.

È sempre utile sviluppare quindi delle check list per guidare il processo di identificazione del rischio sia generale che specifico. I rischi specifici hanno solitamente impatto limitato sull'intero progetto, ma ve ne possono essere alcuni tali da danneggiarlo gravemente e persino bloccarlo. Inoltre, è la somma dei rischi specifici che costituisce la vera minaccia per il progetto. Il manuale di PM "Concetti e strumenti di PM" elenca le seguenti principali tipologie di rischio (alcuni rischi sono ripetuti sotto tipologie diverse; una stessa causa infatti può avere più effetti):

- finanziario
 - cash flow (insolvenza di cassa per problemi propri o insolvenza del cliente e/o del finanziatore)
 - fluttuazione di cambio (valutario)
 - fluttuazione del tasso bancario o inflazione in forte crescita
 - fiscale
 - rischi su crediti (il rischio di insolvenza dei debitori è diversamente graduato se il debitore è nazionale o straniero in relazione al Paese di domiciliazione)
 - per sottostime di preventivazione
 - pagamento di penali contrattuali
- di progetto
 - tecnologico (difficoltà a progettare, produrre, testare quanto previsto)

- di risorsa (uomini e/o mezzi)
- temporale (ritardi/fermi lavoro)
- di costo
- di interfaccia (organizzativa e/o tecnica)
- “classici”
 - perdita o distruzione di beni
 - danni a persone e/o beni
 - rischi ambientali
 - rischio “Paese” politico e/o sociale e/o infrastrutturale
 - trasporti
 - ritardi o impossibilità di ricevere componenti e/o materiali
 - indisponibilità momentanea o blocco dei mezzi produttivi
 - difficoltà ritardi nell’ottenimento di permessi, autorizzazioni, qualifiche, ecc.
 - inefficienze in costruzione/produzione
 - problemi ambientali
- informatici
 - perdita/alterazione di dati
 - alterazione di programmi
 - perdita del controllo degli stati di configurazione dei prodotti
- di mercato
 - Time to market
 - competitori più aggressivi e/o più efficienti
 - per sovrastime nei preventivi di costo (apparente non convenienza economica del progetto)
- manageriali
 - slealtà
 - incapacità
 - problemi organizzativi
 - incapacità/impossibilità di decidere
- legali/contrattuali
 - licenze/brevetti
 - clausole contrattuali penalizzanti
 - effetti delle garanzie a seguito di malfunzionamenti e/o ritardi

- claim del cliente
- cause intentate da co-sub-fornitori, concorrenti, cliente
- responsabilità civile
- diritto del lavoro, relativi regolamenti, atteggiamento dei sindacati dei lavoratori
- nuove leggi o regolamenti governativi non preannunciati
- revoca non preannunciata di autorizzazioni
- scomparsa dal Cliente
- scomparsa dell'organizzazione fornitrice del progetto
- catastrofi/grandi imprevisti (“Acts of God”)
 - catastrofi naturali
 - crisi nelle relazioni internazionali
 - sabotaggio

Una stessa causa può determinare diverse tipologie di rischio, tra loro collegate. È importante conoscere le cause che possono determinare i vari rischi, infatti è attraverso il monitoraggio continuo della situazione che è possibile ottenere per tempo l'informazione circa il crearsi delle condizioni nelle quali il rischio ha alta probabilità di concretizzarsi in eventi sfavorevoli.

Un'organizzazione può utilizzare uno schema di classificazione dei rischi già preparato in precedenza, che può assumere la forma di un semplice elenco di categorie o quella di una **struttura di scomposizione dei rischi (RBS)**. La RBS è una rappresentazione gerarchica dei rischi di progetto individuati, organizzati in base a categorie e sottocategorie di rischio. La RBS mette in evidenza le varie aree e le cause di potenziali rischi. Nello specifico la RBS elenca le categorie e le sottocategorie all'interno delle quali possono manifestarsi dei rischi per un tipico progetto. Per tipi diversi di progetti e organizzazioni vi saranno RBS differenti. Un vantaggio di questo approccio è quello di ricordare a chi partecipa all'identificazione dei rischi le molte fonti da cui possono generarsi i rischi di progetto.



Figura 7. Struttura di scomposizione dei rischi (RBS)

2.1.2.2 Valutazione dei rischi, strumenti e tecniche

L'output del processo di identificazione dei rischi può essere molto esteso e frammentario. Quindi è indispensabile un'attività intermedia di riaggregazione dei rischi per aree e/o processi in modo da ridurre la dimensione dell'insieme identificato ed ordinarlo. L'attività di aggregazione fonde, ridefinendoli, i rischi quasi identici o molto simili e crea delle classi di rischi omologhi e/o correlati.

Eseguita l'aggregazione, per ogni rischio o classe aggregata, va valutata la probabilità P di verificarsi e l'entità del danno ("impatto"). Quest'ultimo può avere diverse unità di misura ma, per una valutazione complessiva dei rischi dell'intero progetto, molto spesso viene scelto il costo C associato al danno.

Le tecniche proposte per la valutazione del rischio contengono tutte in varia misura una componente soggettiva.

- **Brainstorming**: è una modalità di riunione che sviluppa le potenzialità creative dei gruppi di lavoro; si rivela molto utile nella fase di identificazione dei rischi e nello stimare i dati di partenza per i metodi quantitativi di valutazione. L'obiettivo è di ottenere un elenco completo dei rischi di progetto. Il brainstorming viene normalmente eseguito dal team di progetto con una multidisciplinare di esperti esterni al gruppo. Le idee sui rischi di progetto sono generate sotto la guida di un facilitatore. Si possono usare come quadro di riferimento le categorie di rischio, così come la struttura di scomposizione dei rischi. I rischi vengono identificati e classificati per tipo di rischio per poi perfezionare le relative definizioni.

- Metodo Delphi: è una modalità che richiede stime a degli esperti che non devono ne essere in contatto ne conoscersi. Gli esperti del rischio di progetto partecipano inoltre a questa tecnica in forma anonima. Queste stime sono elaborate statisticamente e vengono restituite agli esperti per un commento ed aggiustamento. Il processo viene iterato sino a che le stime dei vari esperti non convergano. Il metodo Delphi consente di ridurre la parzialità dei dati ed impedisce che qualche partecipante eserciti un'influenza indebita sul risultato.
- Analisi di sensibilità: avendo definito dei modelli matematici del progetto e le distribuzioni di probabilità dei parametri che li compongono, vengono svolte delle simulazioni per osservare le conseguenze delle variazioni dei parametri. Il metodo fornisce delle informazioni sulle probabilità ed impatto dei rischi, rappresentati come perturbazioni di parametri nel modello matematico.
- Alberi di decisione: mediante un grafico ad albero viene rappresentata la sequenza di decisioni-eventi associando ad ogni evento la sua probabilità ed ad ogni decisione un peso (costo). Da ogni decisione si diramano i possibili eventi. Al grafico è associato un algoritmo di calcolo in base al quale è possibile stimare il miglior percorso in base alla probabilità degli eventi in fase di pianificazione del progetto.
- Tecniche di diagramma:
 - Diagrammi causa effetto: chiamati anche diagrammi di Ishikawa o diagrammi a lisca di pesce, illustrano il modo in cui i vari fattori possono essere legati a potenziali problemi o effetti. Una possibile causa originaria può essere scoperta continuando a chiedersi perché o come lungo una delle linee.

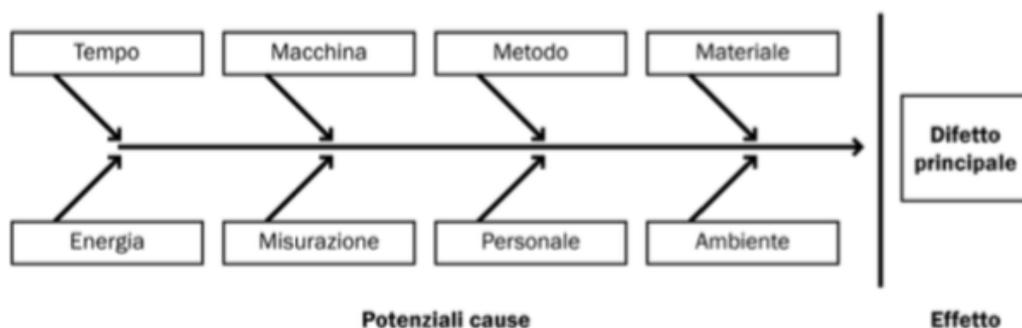


Figura 8. Diagramma causa effetto o diagramma di Ishikawa

- Diagrammi del flusso del sistema o del processo: si tratta di una rappresentazione grafica di un processo che mostra le relazioni tra i relativi passi. Vengono mostrati le attività, i punti decisionali e la sequenza del processo.
- Analisi SWOT: questa tecnica esamina il rischio da ciascuna delle prospettive SWOT (punti di forza, punti di debolezza, opportunità, minacce) per aumentare l'ampiezza dei rischi identificati includendo rischi generati internamente. La tecnica ha inizio con l'identificazione dei punti di forza e dei punti di debolezza dell'organizzazione, incentrandosi sull'organizzazione del progetto o sull'attività più ampia. Tali fattori sono spesso identificati tramite il brainstorming. L'analisi SWOT identifica poi eventuali opportunità per il progetto che derivano da punti di forza organizzativi e le eventuali minacce derivanti da debolezze dell'organizzazione.

Analisi SWOT	Qualità utili al conseguimento degli obiettivi	Qualità dannose al conseguimento degli obiettivi
Elementi interni (riconosciuti come costitutivi dell'organizzazione da analizzare)	<i>Punti di forza</i>	<i>Punti di debolezza</i>
Elementi esterni (riconosciuti nel contesto dell'organizzazione da analizzare)	Opportunità	Rischi

Figura 9. Diagramma per analisi SWOT

Queste tecniche di identificazione e valutazione del rischio sono utili nella fase di progettazione per affrontare correttamente la specificazione. Per valutare il rischio operativo in una fase di progettazione dove i livelli di specificazione inferiori, cioè quando è nota (progettata) la struttura del prodotto almeno a livello di schema a blocchi è disponibile un metodo molto efficace: Analisi delle modalità e degli effetti dei guasti FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) o PFMEA per i processi.

La P/FMEA ha per obiettivo di individuare i modi attraverso i quali il prodotto può non funzionare e gli effetti di tali malfunzionamenti sul prodotto stesso. Si considerano tutti gli elementi noti del prodotto (i blocchi funzionali se la progettazione è agli inizi, i componenti se la progettazione di dettaglio è terminata) e, per ciascuno, si individuano i possibili malfunzionamenti nelle varie condizioni operative (con la relativa probabilità, se ciò è

possibile) descrivendone le possibili cause; quindi si descrivono gli effetti di tali malfunzionamenti, effetti che possono andare dalla distruzione del prodotto ad una sua operatività solo poco degradata. I malfunzionamenti vengono successivamente classificati per gravità

2.2 La pianificazione e controllo dei tempi, delle risorse e dei costi

2.2.1 Pianificazione e controllo tempi-risorse

2.2.1.1 Introduzione e concetti generali

Ogni progetto/programma è caratterizzato da alcuni eventi fondamentali che devono avvenire a date prefissate o entro tali date. Per assicurarsi di riuscire a rispettare tali date prefissate si individuano eventi intermedi nel progetto cui vengono associate altre date di scadenza opportunamente scelte.

Tali eventi vengono detti milestones (pietre miliari), date alle quali devono realizzarsi eventi del progetto rilevanti ai fini degli esiti contrattuali e di controllo; per esempio il superamento di un collaudo.

Estendendo il concetto di milestone si può distinguere tra:

- Milestone “contrattuali” cioè citate nel contratto
- Milestone “principali” rilevanti per il raggiungimento di quelle contrattuali
- Milestone “secondarie” legate ad eventi minori meno rilevanti nel progetto

Una milestone, secondo Protto, in definitiva è “*una specifica temporale, una data entro la quale deve verificarsi un determinato evento, la realizzazione di un determinato fatto*”, ovviamente il fatto deve essere oggettivo, proprio per evitare discussioni circa la sua individuazione e interpretazione.

Per garantire l’oggettività delle milestone è necessario associarle a fatti certamente verificabili da chi è preposto al controllo:

- Se si tratta di una verifica basata su misure (ad esempio un collaudo in laboratorio), devono essere definiti, condizioni, valori, tolleranza, ed essere disponibili la procedura di misura e l’adeguata strumentazione correttamente tarata e l’eventuale attrezzatura specificata nella procedura di misura.

- Negli altri casi devono essere definite opportune procedure di riferimento (per esempio: avvenuta consegna di un predeterminato lotto di disegni tecnici con predeterminate caratteristiche verificate da personale qualificato).

La pianificazione di un progetto, come detto in precedenza, inizia con la determinazione di una Work Breakdown Structure, con la conseguente definizione dei pacchetti di lavoro (Work package) e delle attività elementari (pianificazione logico –strutturale).

La definizione di ogni pacchetto di lavoro contiene l'elenco di tutte le attività elementari, che lo costituiscono, l'indicazione delle risorse necessarie per portarle a termine le attività, le durate tecniche e la logica di sequenza tra le attività del pacchetto e con le attività elementari di altri pacchetti.

I dati delle attività elementare vengono calcolati con degli algoritmi volti a stabilire i tempi, ai quali ogni attività può al “più presto iniziare” e definire il tempo al quale essa al “più tardi deve finire”, per garantire la minima durata complessiva del progetto. Tali tempi intermedi vengono calcolati per ogni attività e inseriti nel WPD, diventando così delle milestone di controllo.

Una volta calcolate tutte le milestone di controllo, si definiscono quelle milestone principali (ad esempio la fine dell'ultima attività elementare, la fine di pacchetti di costruzione). È importante realizzare in sede di pianificazione una buona associazione tra la fine di particolari attività elementari e gli eventi ai quali si associano milestone di controllo principali.

L'individuazione dei tempi di inizio e fine non è così semplice come potrebbe apparire, perché le risorse (uomini, strumenti, macchine), necessarie per eseguire le attività, non sono disponibili in ogni momento; un'impresa sana lavora normalmente “a risorsa scarsa”, non a “risorsa eccedente” e, pertanto, non è certo che una generica attività possa essere iniziata quando sarebbe opportuno, né è certo che essa duri effettivamente la sua durata tecnica.

Nella pianificazione temporale è necessario tenere conto della effettiva disponibilità di risorsa e le attività elementari possono avere l'inizio ritardato o la durata aumentata, oltre la durata tecnica per l'effetto dell'indisponibilità di risorsa. Per tale motivo il corretto processo di pianificazione e controllo tempi deve contenere inscindibilmente la pianificazione e controllo dell'utilizzo delle risorse, salvo che il progetto non possa avanzare “a risorsa infinita”. Sia che il progetto possa avanzare “a risorsa infinita”, sia nel caso possa avanzare “a risorsa finita”, accade frequentemente che i tempi di realizzazione degli eventi associati alle milestone contrattuali risultino diversi da quelli specificati dalle stesse milestone. Altresì grave è il caso in cui il tempo di realizzazione risulta in ritardo sulla milestone; in questo caso è necessario:

- Riesaminare le stime delle durate tecniche e delle risorse necessarie, eliminando i margini eccessivi.
- Verificare che i vincoli di precedenza siano ben posti e realmente necessari.
- Se permane ancora un ritardo e se esso è provocato da carenza di risorsa provvedere ad:
 - aumentare il tempo di utilizzo della risorsa,
 - aumentare la priorità del progetto rispetto ai progetti ed attività concorrenti,
 - reperire una risorsa equivalente esternamente alla propria organizzazione, modificando conseguentemente il budget.

Durante la fase di realizzazione del progetto possono accadere imprevisti che ritardano gli eventi corrispondenti a milestone principali e non (mancanza di risorsa, guasti, errori, attese, ecc....); in questo caso è necessario ripianificare i tempi del progetto, tenendo conto della nuova situazione creatasi e se il cliente è disposto a venire incontro al fornitore in difficoltà. Può anche capitare che vengano aggiornate delle milestone contrattuali.

È possibile rappresentare graficamente l'andamento temporale del progetto e le milestone ad esso inerenti mediante un diagramma di controllo, nel quale sulle ascisse vengono inseriti i tempi previsti con le milestone programmate (M1,...M5), sulle ordinate vengono inseriti i tempi reali.

Se in corso d'opera tutto viene eseguito come pianificato, i tempi degli eventi collegati alle milestone "scendono" verticalmente terminato sulla diagonale del diagramma, indicando che le relative milestone sono state rispettate; qualora invece vi fosse un ritardo (o un anticipo) dell'evento, si registra uno spostamento a destra o a sinistra rispetto al posizionamento della corrispondente milestone.

Nell'esempio in figura è individuato con tratto discontinuo l'andamento temporale delle successive ri-pianificazioni; uno spostamento a destra e a sinistra di questi tratti indica l'aggiornamento ufficiale in ritardo o anticipo della relativa milestone.

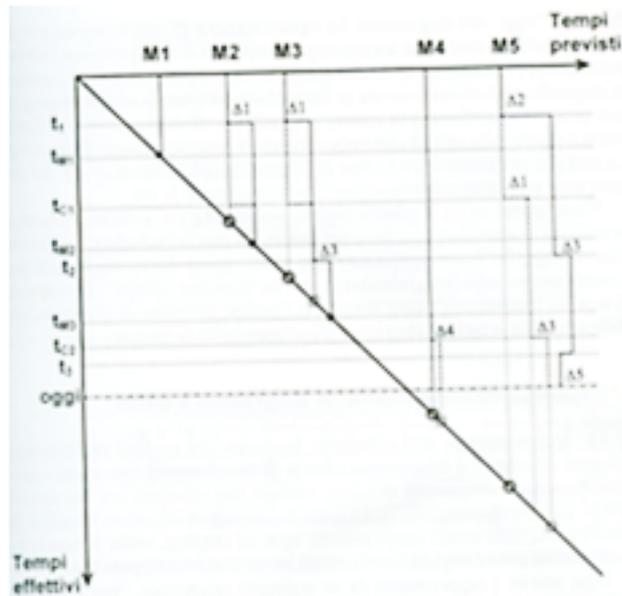


Figura 10. Diagramma di controllo della milestone

Gli eventi descritti dall' esempio sono i seguenti:

- al tempo t_1 viene constatato che gli eventi corrispondenti alle milestone M2, e M3 ritarderanno di Δ_1 , mentre M5 ritarderà di Δ_2 ,
- al tempo t_{m1} l'evento corrispondente alla milestone M1 accade come previsto e in corrispondenza della data specificata dalla milestone,
- al tempo t_{c1} viene preso atto della nuova situazione e si formalizza la nuova scadenza di M2 e M3, mentre per M5 si ritiene di poter recuperare parte del ritardo contenendolo in Δ_1 ,
- al tempo t_{m2} l'evento corrispondente alla milestone M2 accade in ritardo di Δ_1 rispetto alla prima ipotesi, ma in accordo con la milestone M2 aggiornata,
- al tempo t_{m3} l'evento corrispondente alla milestone M3 accade in ritardo di $\Delta_1 + \Delta_3$ rispetto alla prima ipotesi, e di Δ_3 rispetto alla milestone M3 aggiornata,
- al tempo t_{c2} viene preso atto della nuova situazione e si formalizza la nuova scadenza di M5 spostandola ulteriormente di Δ_3 , inoltre si ritiene opportuno ritardare ufficialmente M4 di Δ_4 .
- al tempo t_3 viene constatato che il ritardo sull'evento corrispondente alla milestone M5 è stato parzialmente recuperato di un'entità pari a Δ_5 .
- alla data di aggiornamento del diagramma ("oggi" in figura) in figura l'evento corrispondente alla milestone M4 appare nei tempi previsti in prima pianificazione e quindi in anticipo di Δ_4 rispetto al piano aggiornando, mentre l'evento corrispondente alla

milestone M5 risulta presentarsi in ritardo di $\Delta 2 + \Delta 3 - \Delta 5$ rispetto alla prima pianificazione e di $\Delta 2 - \Delta 1 - \Delta 5$ rispetto al piano aggiornato che si spera poter rispettare, considerato il recupero pari a $\Delta 5$ realizzato al tempo t_3 .

Mentre lo spostamento della data prevista di un evento dipende dai fatti oggettivi nell'andamento del progetto, l'aggiornamento (o ripianificazione) delle milestone dipende da decisioni di Project Management. Inoltre se sono necessarie ripianificazioni inerenti a milestone contrattuali queste vanno riviste con il cliente.

Tuttavia la ripianificazione di milestone può dipendere da cause che ancora non si concretizzano, ma di cui si conosce l'effettiva probabilità di evidenziarsi in futuro (ad esempio la riduzione di risorsa umana causata a seguito della partenza di un nuovo progetto, questa minore disponibilità di risorsa causerà ritardi nelle attività elementari del primo progetto allungandone i tempi.). Il processo di pianificazione delle attività in relazione al tempo e alla disponibilità di risorsa viene definita scheduling.

2.2.1.2 La rappresentazione ed il controllo dei tempi mediante il diagramma a barre (Gantt)

La rappresentazione dell'andamento temporale dei progetti mediante il diagramma a barre (o bar chart o diagramma di Gantt) rappresenta ogni attività con un segmento orizzontale "barra", di lunghezza proporzionale alla durata dell'attività stessa. Quindi, elencando delle attività in una lista verticale e rappresentandone le durate riferite ad un medesimo riferimento temporale in ascissa facendo coincidere l'estremo sinistro di ogni barra con l'ascissa relativa alla data di inizio dell'attività, è possibile visualizzare graficamente di come tali attività siano relazionate temporalmente. Naturalmente è possibile rappresentare sui diagrammi a barre anche le milestone usando simboli particolari.

Prendendo in considerazione il progetto xyz e la sua WBS (Figura 10), ipotizzando di conoscere con precisione le date d'inizio e fine di ogni attività elementare del progetto e di ogni loro aggregazione, si rappresenta sinteticamente l'andamento temporale del progetto xyz come in figura 11.

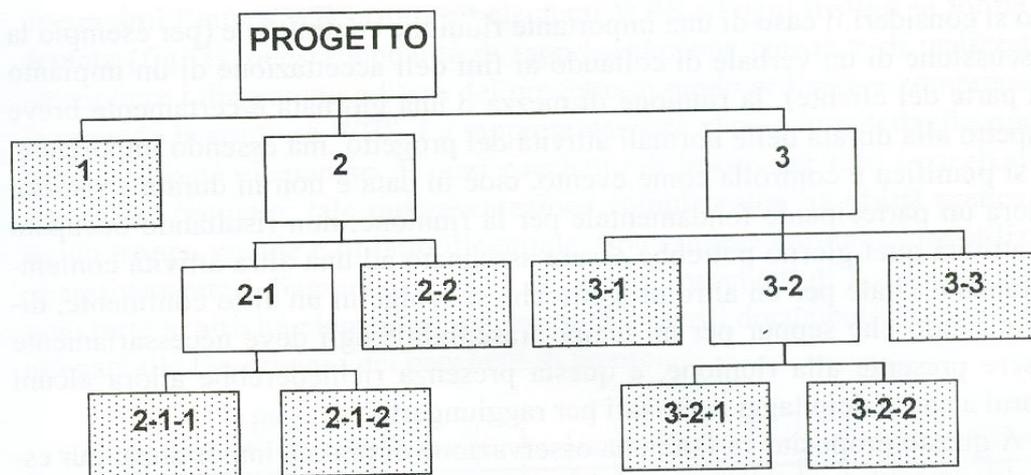


Figura 11. WBS del progetto XYZ con i pacchetti di lavoro

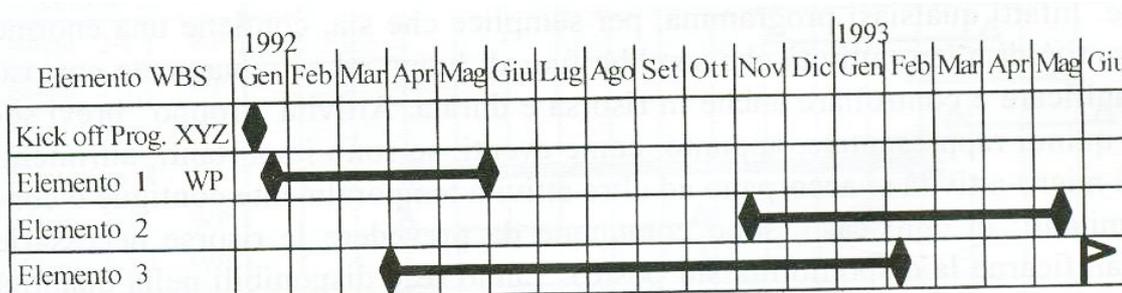


Figura 12. Rappresentazione a barre del master Schedule relativo alla WBS di figura 11

Nel diagramma barre è stato inserito il “kick-off” del progetto, ossia l’evento formale di avvio del progetto. E’ utile nei diagrammi a barre rappresentare anche le attività di durata trascurabile come ad esempio le riunioni, perché in questo modo tali attività non appaiano come attività ma come eventi, cioè come accadimenti privi di durata. L’inserimento degli eventi consente di alleggerire il controllo ed i relativi costi legati all’impiego di risorse e relativi alle durate.

Eventi veri e propri sono le scadenze, ma in questo caso vengono chiamate milestone, infatti nella fig. 12 con il simbolo della bandierina si è voluto indicare una milestone contrattuale. La fig. 12 mostra una “Master Schedule”, la quale indica solitamente la rappresentazione generale e sintetica del pieno dei tempi del progetto e riporta le principali milestone, le principali macro attività e le principali azioni di verifica formale dell’avanzamento del progetto stesso; a volte è un documento concordato con il cliente e allegato al contratto.

Il Master Schedule rappresenta solo il primo livello WBS, quello a minore disaggregazione, nel quale sono in evidenza i maggiori sotto-progetti componenti. La rappresentazione a livello di pacchetti di lavoro della stessa WBS viene evidenziata nella figura 12, nella quale sono state ripetute anche le macro-attività al primo livello WBS.

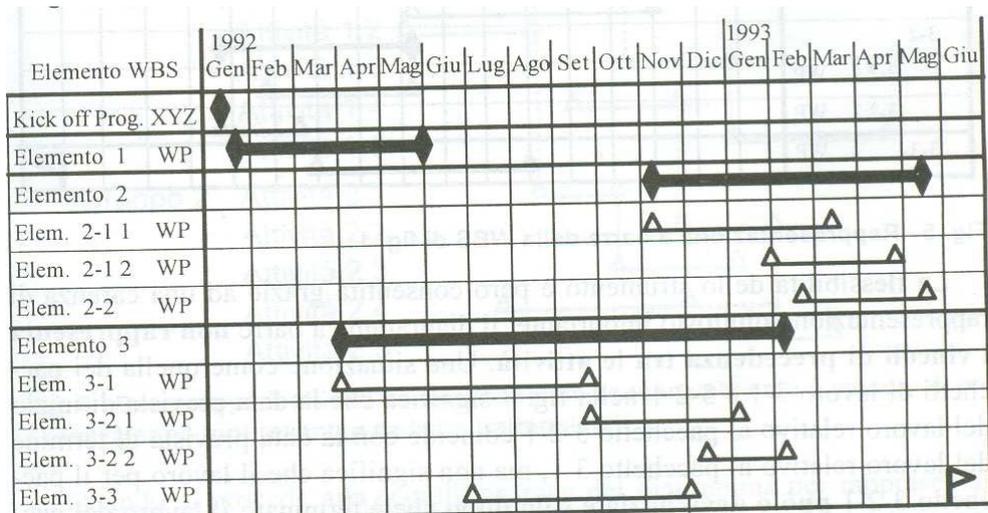


Figura 13. Rappresentazione a barre a livello di pacchetti di lavoro della WBS di figura 10

E' di uso frequente la rappresentazione che riporta su una serie di diagrammi l'intera WBS (tutti gli elementi WBS ad ogni livello) in forma indentata come in Figura 13.

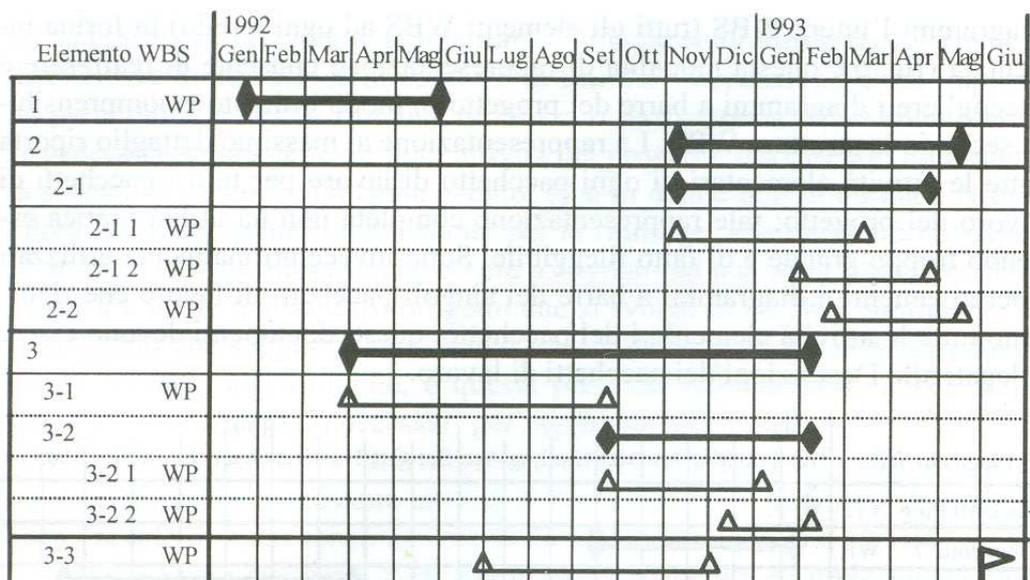


Figura 14. Rappresentazione con il diagramma a barre della WBS di figura 10

Questa modalità di rappresentazione consente di realizzare e raccogliere tutti i diagrammi a barre del progetto in modo ordinato e comprensibile secondo la struttura WBS.

Il risultato sarà una rappresentazione di massimo dettaglio che riporta tutte le attività elementari di ogni pacchetto di lavoro per tutti i pacchetti di lavoro del progetto; tale rappresentazione del progetto non ha un'utilità pratica, essendo troppo grande e di fatto illeggibile. Sono invece normalmente utilizzati operativamente i diagrammi a barre dei singoli pacchetti di lavoro che

riportano tutte le attività elementari del pacchetto, questi documenti devono essere allegati alle descrizioni dei pacchetti di lavoro.

Secondo il manuale “Concetti e strumenti di Project Management” il diagramma a barre oltre ad essere uno strumento altamente intuitivo possiede anche una notevole flessibilità, infatti può essere utilizzato a qualsiasi grado di dettaglio in funzione degli scopi del momento:

- Il Master Plan per le presentazioni o le analisi d’insieme,
- Un livello intermedio di un ramo WBS per l’analisi di un sotto-progetto,
- Il livello di dettaglio per un pacchetto di lavoro per valutarne lo stato di avanzamento,
- Un mix di diversi livelli in funzione di particolari esigenze di presentazione,
- Elementi WBS e/o attività elementari in mutua relazione per analizzare problemi di interfaccia organizzativa, logistica o tecnica.

La flessibilità dello strumento è consentita grazie ad una carenza di rappresentazione piuttosto importante; infatti il diagramma a barre non rappresenta i vincoli di precedenza tra le attività.

Una situazione come quella dei pacchetti di lavoro 3-1 e 3-2-1 nella figura 14 vuol dire che la data prevista di inizio del lavoro relativo al pacchetto 3-2-1 coincide con la data prevista di termine del lavoro relativo al pacchetto 3-1, ma non vuol dire che il lavoro per il pacchetto di lavoro 3-2-1 può o deve iniziare solo dopo che è terminato il lavoro del pacchetto 3-1: può trattarsi di una semplice coincidenza o di una programmazione particolare, non è dato sapere se si tratti di un vero e proprio vincolo tecnico.

I vincoli di precedenza possono essere rappresentati nel diagramma a barre, tracciando delle linee tratteggiate ad andamento verticale che uniscono gli estremi dei segmenti vincolati, ma così facendo il diagramma diventa poco chiaro. Inoltre, la rappresentazione dei vincoli di precedenza è sempre possibile solo nel diagramma di dettaglio, cioè quando vengono rappresentate tutte e sole le attività elementari o, più in generale, quando vengono rappresentate con singole barre singole attività elementari o macroattività composte da gruppi di attività elementari tra loro connesse da vincoli di precedenza, ma non connesse con altra attività elementare esterna al proprio gruppo, fatta eccezione per la prima attività elementare del gruppo che può avere connessioni in input dall’esterno, e l’ultima attività del gruppo, che può avere connessioni in output con l’esterno.

L’eventuale rappresentazione di vincoli di precedenza in situazioni diverse da quella detta costituisce un caso particolare possibile, ma non la norma. A titolo di esempio si considerano le attività elementari rappresentate in figura 15 con i vincoli di precedenza (collegamenti tratteggiati verticali tra le attività in sequenza vincolata).

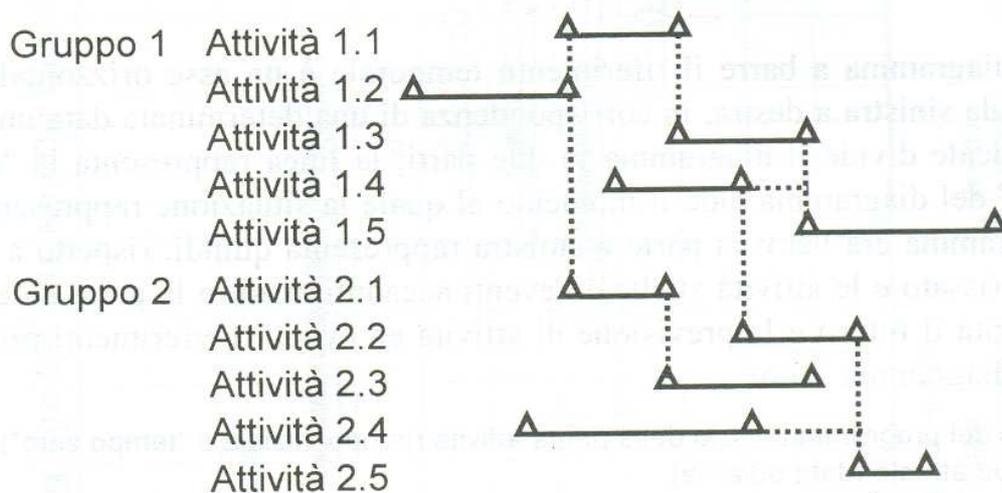


Figura 15. Due gruppi di attività tra loro vincolate sequenzialmente (i vincoli di precedenza sono rappresentati da linee tratteggiate).

Si tratta di due gruppi di attività tra loro variamente interrelate da vincoli di precedenza: l'attività 1.1 non può iniziare prima che sia terminata l'attività 1.2 e così anche l'attività 2.1, l'attività 1.5 non può iniziare prima che siano terminate entrambe le attività 1.3 e 1.4, ecc.

È importante ribadire che i diagrammi a barre sono unicamente una modalità di rappresentazione e non costituiscono un metodo per pianificare o ri-pianificare. Tale strumento può al massimo fornire un supporto grafico semplice a considerazioni di massima. A fini del controllo, invece, i diagrammi a barre costituiscono un utile tool grazie alla loro semplicità e facilità di visualizzazione e comprensione.

Passando al controllo dei tempi sul diagramma a barre, il riferimento temporale è un asse orizzontale orientato da sinistra a destra, in corrispondenza di una determinata data una linea verticale divide il diagramma in due parti; la linea rappresenta la “data odierna” del diagramma ossia il momento al quale la situazione rappresentata sul diagramma era vera; la parte sinistra rappresenta rispetto a tale data il passato e le attività svolte ed eventi accaduti, mentre la parte a destra rappresenta il futuro e la previsione di attività ed eventi.

I riferimenti principali sul diagramma sono:

- L' inizio del programma, inizio della prima attività (tempo iniziale o “tempo zero”)
- Il tempo attuale (data odierna)
- La data dell'ultimo aggiornamento del diagramma (data di validità: “oggi” del diagramma)

Nel corso del progetto possono crearsi e prodursi situazioni, che costringono a ri-pianificare le date di inizio delle attività e/o le loro durate, quindi anche le date di fine delle attività stesse.

In figura 16 è riportato un esempio di diagramma a barre che rappresenta una situazione con ripianificazione dei tempi delle attività: la data **tn** dell'ultimo aggiornamento del diagramma è rappresentata dalla linea verticale (metà novembre) e la data odierna **ta**, successiva (ultima settimana di dicembre), mostra che il programma non è stato riaggiornato e potrebbero essere prodotti ulteriori slittamenti delle attività.

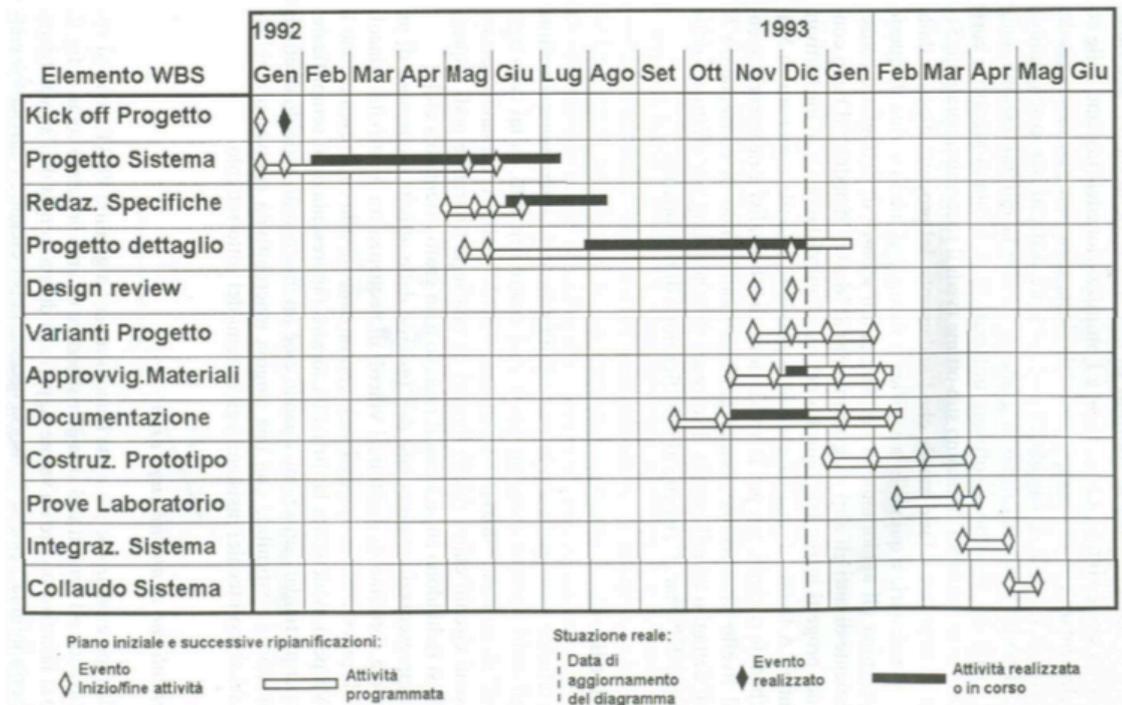


Figura 16. Diagramma a barre

Alla scadenza programmata delle milestone di termine attività, si effettua una verifica che l'attività sia realmente terminata. Se la verifica è positiva l'attività viene ufficialmente chiusa, altrimenti viene fatta una "stima a finire" del tempo ancora necessario per il termine e si riporta sul diagramma a barre il prolungamento della barra in questione e di tutte le barre relative alle attività a questa connesse attraverso vincoli di sequenza diretti o indiretti (tramite altre attività connesse).

La stima a finire deve evidentemente tenere conto della disponibilità di risorsa; a causa di ciò gli slittamenti di una attività, che non può tardare troppo, provocano indirettamente lo slittamento di altre attività a questa non vincolate in sequenza, ma in conflitto su una risorsa richiesta ed assorbita dall'attività che è slittata.

La gestione e l'ottimizzazione dell'insieme delle attività elementari è molto complessa, essa non può che essere risolta dall'ausilio di calcolatori con software dedicati per lo scheduling.

2.2.2 *La gestione delle risorse*

Nella maggior parte delle organizzazioni e in particolare quelle per progetti (ambiente “multiproject”), cioè dove tutte le attività sono progetti o sono gestite come se lo fossero, le stesse informazioni inerenti all’impiego delle risorse, forniscono il carico di lavoro nel tempo per ciascuna risorsa sui vari progetti che utilizzano quella risorsa.

Ai fini della redditività, tra i criteri informativi di pianificazione si aggiunge quello di rendere continuo e massimo l’utilizzo della risorsa interna all’organizzazione che realizza il progetto (risorse umane e mezzi). A questo scopo strategicamente viene quindi strutturato l’organico (risorse umane) e il parco macchinari sulla base del portafoglio ordini e di criteri statistici.

Nel breve periodo la risorsa disponibile viene saturata vincolando la pianificazione dei singoli progetti, nei limiti del possibile, ad utilizzare risorsa interna piuttosto che esterna, anche a costo di piccoli ritardi delle attività. Ciò è possibile quando la risorsa è scarsa, altrimenti si ha “vuoto lavoro”, cioè periodi di esubero di risorsa non allocata sui progetti, con i seguenti riflessi negativi sulla redditività.

Questo metodo di procedere genera due conseguenze negative:

- determina conflitti tra progetti quando questi entrano in competizione sull’allocazione della risorsa “scarsa”,
- costringe al ricorso di fornitori esterni meno controllabili ed affidabili, quando la risorsa interna è già totalmente allocata.

La rappresentazione dell’allocazione della risorsa è simile al diagramma a barre, si sostituisce la risorsa all’attività e si rappresenta con una barra il tempo di allocazione della risorsa su una particolare attività. Si tratta di una rappresentazione grafica assai simile al diagramma di Gantt. Cercare di gestire le risorse impegnate significa far sì che tutta la risorsa disponibile lavori a tempo pieno minimizzando il ricorso alla risorsa esterna, anche se ciò può penalizzare la minimizzazione del tempo di realizzazione di qualche progetto. Naturalmente la decisione di sotto-ottimizzare i tempi di esecuzione dei singoli progetti è presa consapevolmente dal management.

La gestione della risorsa è attuata nel presente, in funzione della situazione corrente, ma è proiettata verso il futuro: al momento di schedare attività di un progetto che nasce, o di ri-schedare attività di un progetto che si sta ripianificando, l’allocazione futura della risorsa deve essere stabilita considerando l’esigenza del livellamento per tutta la durata del progetto e su tutte le risorse.

2.2.3 Pianificazione e il controllo dei costi

2.2.3.1 Introduzione

Tutte le organizzazioni hanno la necessità di pratiche amministrative al fine di gestire gli scambi, il patrimonio e l'efficienza delle operazioni. Per realizzare e monitorare le pratiche amministrative, le organizzazioni si dotano di sistemi informativi contabili. Il Project Management trova poca utilità in un sistema di contabilità generale, infatti, esso è orientato ad un sistema contabile che fornisca tempestivamente dati dettagliati e limitati al progetto in questione.

La modalità usuale nell'attribuire ad un progetto i costi sostenuti è di prendere in considerazione tutti i costi vivi generati dalle varie attività del progetto (materiali, viaggi, locazioni, ecc.) più il tempo dedicato da ogni lavoratore a ciascuna attività moltiplicato per un costo orario.

2.2.3.2 Contabilità analitica per progetti e classificazione dei costi

Ogni azienda è soggetta agli obblighi contabili di legge, infatti, gli incassi e in generale ogni movimento di valore è registrato (Prima nota) e poi inserito in partita doppia per tipologie definite da un piano dei conti (acquisto di materiali, stipendi, vendite di prodotto, movimenti bancari, ecc.) questo tipo di contabilità è detta contabilità generale.

La situazione dei conti viene chiusa periodicamente ("esercizio", tipicamente annuale), tale chiusura dà luogo al conto economico dell'esercizio annuale che ne è la sintesi. Dalla stessa situazione vengono anno per anno evidenziate le consistenze patrimoniali attive e passive che formano lo stato patrimoniale. Conto economico e stato patrimoniale costituiscono il bilancio di esercizio dell'azienda che è redatto ai fini della fiscalità diretta e in base al codice civile.

Le aziende devono essere organizzate in modo tale che le risorse siano utilizzate in modo ottimale, in modo cioè che i costi di realizzazione dei prodotti e/o dei progetti siano minimi rispetto alla quantità e qualità di produzione voluta o in altri termini che la redditività dei prodotti e/o dei progetti sia massima.

La massimizzazione della redditività dei singoli prodotti e/o progetti si ottiene tenendo conto dei mutui vincoli e per esercitare il controllo sulla redditività è necessario ricorrere ai dati contabili, ma la contabilità generale non è utile a questo scopo perché è finalizzata alla redazione del bilancio di esercizio secondo le prescrizioni di legge e non all'analisi della redditività dei singoli prodotti e progetti realizzati in azienda.

A tale scopo è necessario un maggiore dettaglio, ottenibile con un piano dei conti più articolato in senso analitico, ma è altresì necessaria la contemporanea contabilizzazione sui conti dedicati ai singoli prodotti e progetti degli stessi costi e ricavi analiticamente registrati nella normale contabilità generale.

Tuttavia, anche con un piano dei conti molto analitico e con conti dedicati ai singoli progetti, non si riesce a realizzare un controllo veramente efficace sull'andamento economico dei progetti stessi; infatti, la logica, le finalità e i ritmi della contabilità generale non si presentano allo scopo.

Per ovviare a tutto questo è necessario disporre, oltre che della contabilità generale anche di un'altra contabilità che, partendo dagli stessi dati elementari di costo e ricavo, li aggrega ed elabora per singoli prodotti e progetti nel modo e con la rapidità conveniente. Tale strumento si chiama contabilità analitica.

In generale, le finalità della contabilità analitica possono essere sintetizzate come segue:

- attribuire i costi aziendali ai singoli prodotti (e progetti) in base alla effettiva generazione dei singoli costi o all'assorbimento di costi di struttura (generali) da parte del prodotto,
- facilitare e consentire valutazioni di redditività dei singoli prodotti e /o progetti,
- predisporre la base per il confronto tra costi consuntivati e costi preventivati, e quindi consentire la determinazione delle ragioni degli scostamenti e la definizione delle conseguenti azioni correttive,
- consentire valutazioni e definire tattiche e strategie attraverso confronti tra costi di prodotti e/o progetti diversi e attraverso la formulazione di estrapolazioni revisionali,
- consentire il controllo di gestione a livello di parti dell'organizzazione (divisione, unità produttive, processi, progetti, ecc.) e dell'intera organizzazione, attraverso l'aggregazione e l'elaborazione dei dati parziali,
- consentire una valutazione dei risultati rispetto alle singole responsabilità attribuite alle persone nell'organizzazione,
- costituire un data base storico dei costi e redditività di prodotti, progetti e strutture organizzative.

I costi nella contabilità analitica si dividono in due categorie fondamentali:

- Costi diretti: sono i costi generati direttamente dalla realizzazione di un prodotto, di un progetto. Per esempio: i materiali e i componenti per costruzione, la mano d'opera per la progettazione, la costruzione, l'installazione ecc.

- Costi indiretti (o generali): sono i costi non direttamente finalizzati alla produzione o ai progetti, costi che corrono indipendentemente dalla produzione e dai progetti, ad esempio la contabilità, la direzione generale, la vigilanza, addetti alle pulizie, uscieri e commessi.

La responsabilità del controllo di gestione di attività o gruppi di attività è affidata ai responsabili delle stesse, così che il Product Manager è responsabile della redditività del suo prodotto, il Project Manager è responsabile del suo progetto, ecc.

Al di sopra di tutti ci sono strutture centralizzate di controllo di gestione, che agiscono a livello di gestione aziendale complessiva i cui dati derivano dai dati delle singole gestioni di prodotto e progetto. Fino a quando attività e gruppi di attività da controllare sono semplici e il controllo di gestione non è critico, può bastare un'impostazione analitica del piano dei conti in contabilità generale, ma con l'aumentare della complessità e della criticità, diventa importante disporre di una contabilità analitica sempre più sofisticata.

In quest'ultimo caso diventa necessario affiancare ai responsabili di prodotto e di progetto degli specialisti in controllo dei costi che a loro riportano raccogliendo ed elaborando le idonee informazioni contabili, questi specialisti sono:

- Il controller che collabora con i responsabili di gestione,
- Il controller di divisione, di unità produttiva (a livello organizzativo più alto) che analizza l'ottimizzazione a livelli più complessi a supporto delle scelte di gestione e coordinamento dell'alto management.

Le aziende che lavorano per progetti nella maggioranza dei casi si sono dotate di una contabilità analitica per "commessa". La commessa è rappresentata *"da un conto o gruppo di conti che si apre alla partenza di un progetto (schedulata e con autorizzazione a spendere formalizzata dalla direzione) e che si chiude al termine del progetto (dichiarato dal Project Manager al raggiungimento dell'obiettivo o dalla direzione in caso di aborto). Si tratta quindi di un conto temporaneo e asincrono rispetto ai cicli contabili sincroni quali il bilancio (annuale) o le revisioni di budget (tipicamente semestrali, spesso trimestrali e persino mensili). Sulle commesse si registrano i costi generati nel tempo dalle attività del progetto; quando il Project Manager è responsabile dell'intero cash flow (flusso di cassa: entrate ed uscite), allora vengono registrati in commessa anche i profitti (Protto)."*

La commessa è suddivisa a sua volta in sotto-commesse, in base alla struttura del progetto, il cui controllo necessita di diversi livelli di conto: uno a livello superiore per l'intero progetto e tanti conti quanti sono i pacchetti di lavoro.

Analogamente sono necessari almeno altrettanti livelli di responsabilità: infatti, deve essere individuato un responsabile per ogni commessa e uno per ogni sotto-commessa. Sulle sotto commesse di livello minimo vengono registrati tutti e soli i costi relativi alle parti del progetto corrispondenti alle sotto-commesse stesse, poi, sommando i costi della stessa natura, sono definite le registrazioni sulle sotto- commesse di livello superiore e, quindi, sulla commessa totale del progetto.

I singoli costi sono registrati sulla commessa e le sotto-commesse suddivise per tipologia, ad esempio: acquisti di materiali, beni e servizi, spese diverse (rappresentanza, trasferte, piccoli acquisti diretti, canoni di locazione, diritti, multe imposte, ecc.), mano d'opera e uso di attrezzature e macchinari in ammortamento. In linea teorica i beni acquistati su commessa dovrebbero generare ammortamento, poiché costituiscono un investimento. Se il bene acquistato su commessa entra nella fornitura al cliente e quindi gli viene consegnato non c'è problema, altrimenti deve andare a patrimonio, generando ammortamento e accreditando la commessa del costo storico (necessaria autorizzazione della Direzione); altri tipi di soluzioni generano anomalie amministrativo-gestionali e/o fiscali.

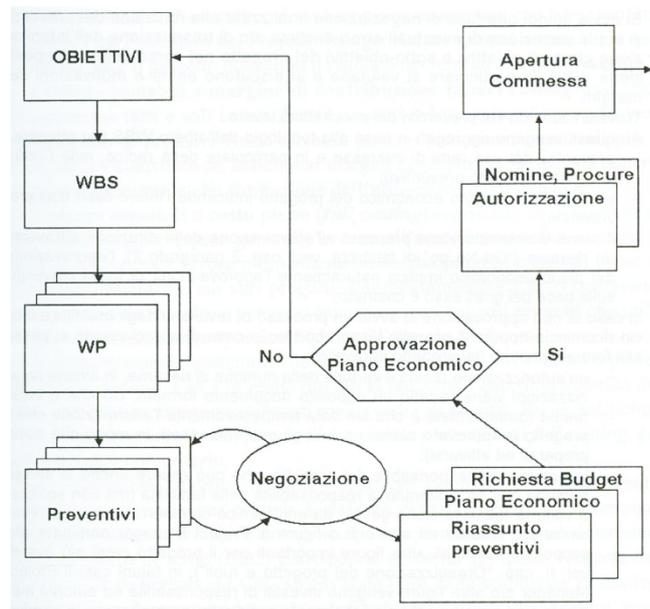


Figura 17. Processo di pianificazione dei costi

In figura è schematizzato il processo tipico di pianificazione dei costi di un progetto. Alla base del processo di stima dei costi c'è la fase di identificazione dei pacchetti di lavoro e delle attività elementari attraverso la WBS, sulle attività elementari avviene la stima dei costi che vengono raccolti in preventivi a livello di pacchetti di lavoro.

Si avvia una fase di negoziazione finalizzata alla riduzione dei preventivi e alla correzione di eventuali errori di stima e/o di trasmissione dell'informazione circa gli obiettivi e sotto-obiettivi del progetto nel corso della scomposizione della WBS; in particolare si valutano e si discutono entità e motivazioni dei margini. Una volta trovato l'accordo sui preventivi dei pacchetti di lavoro, si procede con tre sotto fasi:

- i pacchetti di lavoro vengono aggregati in base alla topologia dell'albero WBS per ottenere i preventivi dei vari rami di interesse e, in particolare, della radice, cioè l'intero progetto (riassunto preventivi);
- viene redatto il piano economico del progetto, indicando l'intero cash flow revisionale;
- il piano economico viene proposto all'approvazione della direzione attraverso un riesame "Go-No go" di fattibilità; l'approvazione del piano economico implica naturalmente la conferma di tutti i preventivi sulla base dei quali esso è costruito.

Con il termine piano economico di progetto si indica l'articolazione del budget previsionale del progetto, incluse le entrate e le uscite finanziarie. Il piano economico è quindi un piano revisionale di riferimento per il controllo a fronte dei dati reali presenti in commessa che deve essere accettato o meno dalla Direzione. In caso di una sua non approvazione, si avvia un processo di revisione degli obiettivi e il ciclo ricomincia oppure il progetto viene assorbito; in caso di approvazione si passa alla formalizzazione del progetto attraverso:

- un'autorizzazione;
- la nomina del responsabile del progetto, che può essere anche la stessa persona che ha sostenuto la responsabilità della fattibilità; in taluni casi la fattibilità viene gestita da enti tecnico commerciali, mentre l'esecuzione del progetto viene gestita e affidata ad altri enti o figure di Project Manager nominate allo scopo.

L'ultima fase è l'apertura dei conti sui quali si effettua la contabilità del progetto, dopodiché le fasi esecutive del progetto possono partire.

In base alle modalità di registrazione dei costi è possibile scegliere per un progetto due diversi sistemi contabili:

- **i sistemi contabili a margine di contribuzione (direct costing)** che registrano sulla commessa tutti e soli i costi diretti generati dal progetto. Ai progetti viene poi richiesto di produrre flussi di cassa positivi pari ai costi generati più un margine che contribuisca, assieme ai margini degli altri progetti, alla copertura dei costi indiretti e alla formazione dell'utile operativo d'azienda.

- **i sistemi contabili a costo pieno (full costing)** registrano su commessa anche i costi indiretti (spese generali) in base al consumo. Ad esempio la contabilità generale lavora indipendentemente dai progetti e quindi viene caricata uniformemente sui vari progetti.

In determinati casi viene preferito il primo al secondo in quanto nel full costing i dati di contabilità vengono utilizzati male. Tuttavia, per le politiche di prezzi e per il controllo dei progetti è senz'altro preferibile il full costing purché utilizzato con criterio.

La contabilità analitica registra i costi per tipologia e commessa/sotto-commessa, ma anche per origine. Infatti, l'attività di registrazione prende in considerazione i **centri di costo (CdC)**, definiti come l'insieme di risorse produttive omogenee o complementari per un determinato fine.

Al CdC corrisponde un conto sul quale vengono registrati i costi sviluppati nel centro di costo stesso sulla base delle commesse di impiego. Le relazioni tra conti di commessa e centri di costo sono evidenziati in figura, nella quale è individuato un grande progetto con un proprio conto P125 suddiviso in commesse per ogni ramo principale, le commesse sono a loro volta suddivise in sotto-commesse relative ai pacchetti di lavoro, dall'altro lato si nota un'azienda strutturata divisionalmente con contabilità centrale e divisionale, la contabilità divisionale è strutturata analiticamente su centri di costo.

I costi generati nei centri di costo fluiscono sulle sotto-commesse e sulle commesse a fronte delle richieste del progetto (**ordini di lavoro**), il budget del progetto si ripartisce nelle sotto-commesse e di qui va a finanziare i centri di costo mediante gli ordini di lavoro. Il controllo dei costi consiste nel far sì che i costi, che vanno alle sotto commesse, non eccedano i budget che esse hanno a disposizione.

Normalmente alla fine dell'esercizio tutta la potenzialità del centro di costo deve risultare scaricata su commesse; ad esempio un centro di costo con 20 risorse umane che possono sviluppare lavoro per 1.500 ore cadauna nell'anno, deve aver scaricato 30.000 ore su commesse alla fine di un esercizio, se risulta scaricata una quantità di ore minore si ha sotto-assorbito nell'anno, se risulta scaricata una quantità maggiore (lavoro straordinario) si ha sovra-assorbito.

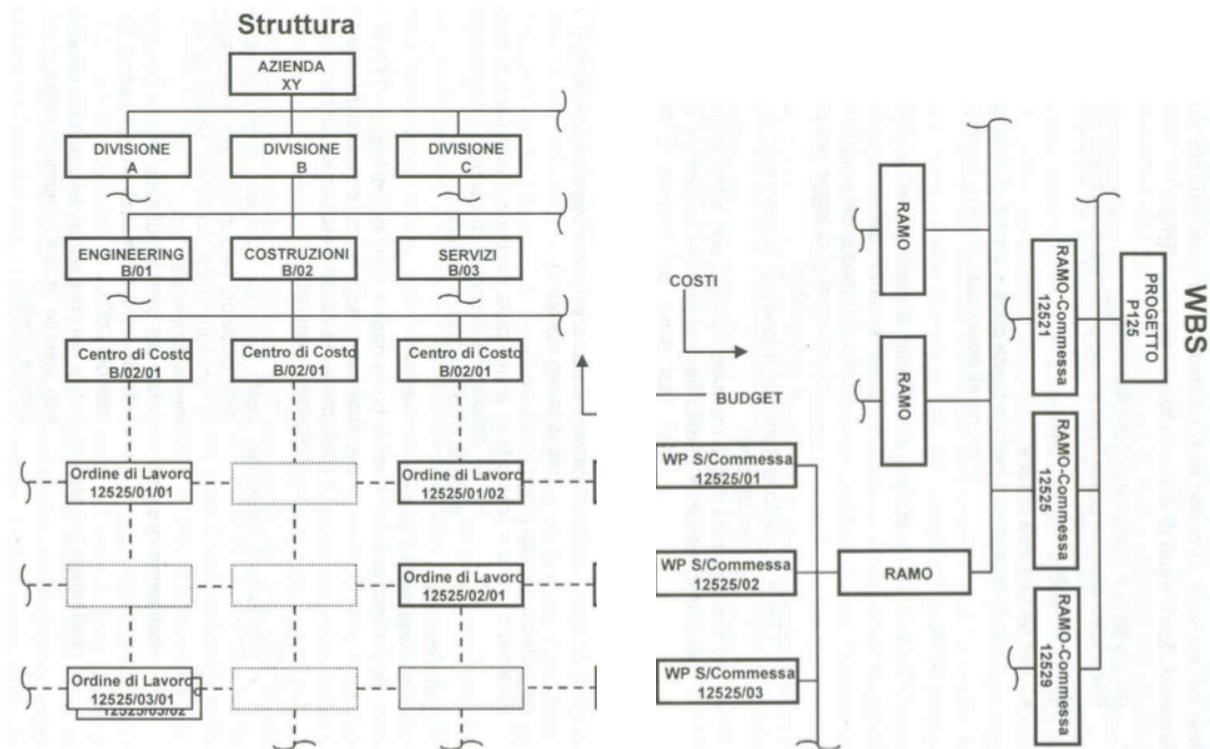


Figura 18. Relazione tra centri di costo e commessa

Una situazione di sotto-assorbito, che si protrae nel tempo, pesa sulla redditività totale dell'azienda ed indica la presenza di un eccesso o inadeguatezza di risorsa nel centro di costo, ma questa situazione di sotto-assorbito non pesa sulla redditività dei singoli progetti, perché si tratta di un'inefficienza del sistema-azienda e non di un'inefficienza dei singoli progetti.

Anche una situazione di sovra assorbito continuato è indice di inefficienza, perché si ripercuote sulle durate dei progetti e fa registrare maggiori costi di manodopera.

Analogamente ai centri di costo, che normalmente corrispondono ad un raggruppamento di più unità organizzative, realizzando una struttura in stretta relazione con la struttura organizzativa, vengono definiti dei centri di profitto, sui cui conti vengono registrati sia i costi prodotti sia i profitti realizzati.

Il budget di progetto non va naturalmente a finanziare l'attività delle risorse presenti nei centri di costo, ma serve anche per gli acquisti, considerando acquisto anche l'impiego di risorse esterne all'azienda. Le richieste di acquisti del progetto vengono espletate mediante l'ordine di acquisto. Dal punto di vista della struttura di costo del progetto si può dire che dalla rappresentazione delle relazioni tra gli elementi contabili propri del progetto si ottiene l'albero detto anche Cost Breakdown Structure o Account Breakdown Structure, il quale dovrebbe essere simile alla WBS di progetto; secondo Protto (23) "più esattamente dovrebbe essere un albero che ha la stessa struttura della WBS "allungata" alle attività elementari e con alcuni

rami eventualmente non suddivisi, ma mai con suddivisioni diverse da quelle della WBS “allungata”.

2.3 Il controllo di avanzamento e il reporting

Nella fase realizzativa del progetto, l’attività di controllo consiste nell’assicurare il rispetto della pianificazione, fatta nella precedente fase preventiva e nelle successive ripianificazioni. Così come la pianificazione deve essere fatta in modo integrato tra costi tempi ed aspetti tecnici, anche il controllo deve essere integrato; per poter efficacemente effettuare il controllo il Project Manager deve disporre di un adeguato sistema informativo che lo alimenti frequentemente di dati aggiornati.

Non ha senso parlare secondo Protto *“di Project Management se manca un sistema veloce ed attendibile di informazione riguardo alla progressione e l’imputazione dei costi e al grado di completamento delle attività schedate”*.

Da sempre i Project Managers hanno avuto la sensazione dell’insufficienza di un controllo dei costi basato sui movimenti di cassa, prima, o sui fatti economici, poi; quando la finanza in azienda si è separata dalle operazioni, questa sensazione diventava consapevolezza a progetto avanzato, vedendo che le disponibilità di cassa non sarebbero bastate a finanziare la quantità di lavoro necessaria per concludere il progetto.

Nei primi anni’60 vengono codificati i cosiddetti C-SCSC (Cost-schedule Control System Criteria), che contengono un metodo molto interessante, in grado di consentire un’analisi e la conseguente azione di controllo, che integra gli aspetti temporali e gli aspetti di costo: tale metodo è la **Earned Value Analysis (analisi del “valore prodotto” o “versato”)**, basato sul confronto tra l’andamento della baseline di costo e le curve dello “speso” e del “valore prodotto” (versato).

Con il termine ‘**versato**’ si intende il ‘**versato a magazzino**’, cioè alla produzione di lotti di prodotti finiti o di semilavorati, che vengono riversati in un magazzino dedicato, il cui valore è quindi pari al prodotto tra il numero dei pezzi versati ed il costo standard del pezzo, così che al concetto di versato si associa il concetto di valore di prodotto. In questo caso il termine viene considerato in senso molto più ampio e cioè si intende come compimento di una determinata quantità di lavoro, anche quando non si tratta di lavoro di pura produzione.

In base a questo significato ampliato ogni attività conclusa 'bene', cioè il cui risultato è conforme al previsto ed approvato, si considera 'versata'; infatti ad essa corrisponde una produzione di valore, letteralmente 'Earned Value', che significa 'valore guadagnato', cioè valore prodotto o realizzato, che rappresenta proprio quella parte del valore stimato a preventivo del progetto che è effettivamente realizzato alla data corrente.

Il valore di cui si parla non è il valore di mercato, né un valore inteso come frazione del prezzo complessivo che il cliente paga, ma è una frazione del budget complessivo del progetto, quindi del costo complessivo preventivato del progetto.

Prendendo in considerazione la figura:

- La curva **B(t)** è la **baseline di costo** e rappresenta la previsione di spesa nel tempo; al tempo T_B essa assume il valore C_B (budget finale),
- La curva **S(t)**, che termina al tempo attuale t_0 , **rappresenta l'andamento dello speso totale**,
- La curva **V(t)** termina anch'essa al tempo attuale, rappresenta il valore a budget (secondo lo stesso criterio di valorizzazione della baseline di costo) di quanto è stato realizzato al tempo attuale, cioè proprio l'**Earned Value** (il versato).

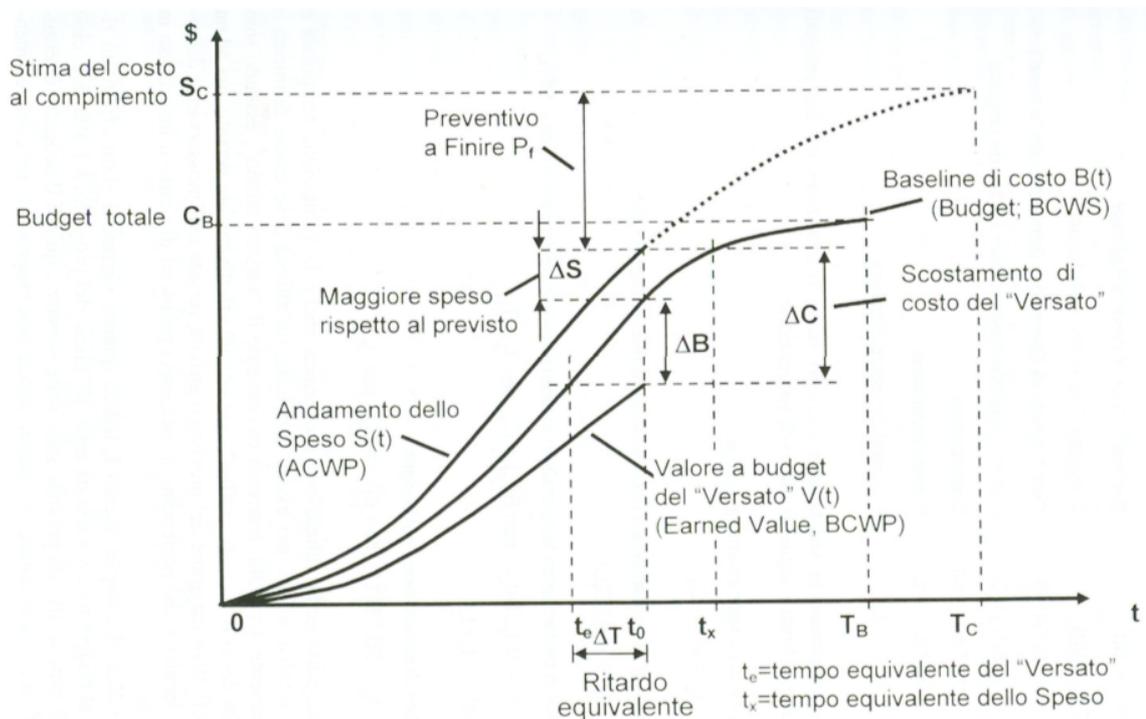


Figura 19. Confronto tra spesa $S(t)$ e baseline di costo $B(t)$

Confrontando i valori dello speso, del versato e del budgettato (baseline) alla stessa data, si può effettuare un'analisi tempo-costo. Infatti (32):

- Lo scostamento $\Delta S = S(t) - B(t)$, se positivo, è l'extra costo contabile rispetto alla previsione alla stessa data,
- Lo scostamento $\Delta B = B(t) - V(t)$, quando positivo, rappresenta, ad una generica data t , il costo stimato in base alla previsione iniziale, che deve essere sostenuto per realizzare quanto ancora non è stato realizzato rispetto alla previsione rappresentata dalla baseline di costo; in un certo senso tale scostamento misura un debito contratto nel futuro,
- Il vero scostamento di costo rispetto al budget è rappresentato da $\Delta C = S(t) - V(t)$, che contiene sia l'extra costo contabile corrente, sia il costo a budget del ritardo corrente, inteso come saldo tra i valori di budget delle attività elementari non completate alla data prevista e i valori a budget delle attività completate in anticipo,
- Sulle ascisse si legge il ritardo $\Delta T = t_0 - t_e$ (sempre riferito alla baseline), dove t_e è 'il tempo equivalente del versato'; questo ritardo non consiste in un reale ritardo riferito a precise cause, bensì si tratta di una valutazione media del ritardo pesata con il valore a budget.

Per poter effettuare le valutazioni circa lo stato di avanzamento dei progetti, vengono definiti i seguenti indici di valutazione:

- **Indice di completamento in valore:**

$$I_c = V(t_0)/C_b$$

Tale indice I_c indica quanto versato è stato effettuato rispetto al budget totale, varia da zero, all'inizio del progetto, a 1 alla fine, cioè quando tutte le attività previste sono state versate e quindi il progetto è terminato.

Questo indice non rappresenta un completamento fisico o temporale del progetto, salvo il caso che la 'densità di valore' nelle attività sia costante e le attività abbiano durate simili: ad esempio un ipotetico progetto costituito da attività brevi ed alto valore tutte nella fase iniziale e di attività lunghe a basso valore in una seconda fase finale, raggiunge molto rapidamente un alto completamento I_c , mentre i completamenti fisici e temporali hanno un andamento molto più lento nel tempo.

- **Indice di performance sui costi (cost performance index):**

$$Ip = V(t0)/S(t0)$$

Questo indice indica quanto realmente sta costando il versato e fornisce un'indicazione circa il sotto-sovracosto del progetto indipendentemente dall'andamento temporale; il valore di quest'indice deve rimanere sempre intorno ad 1.

- **Indice di performance temporale (schedule performance index):**

$$Ie = V(t0)/B(t0), \text{ con } B(t0) = Cb \text{ per } t0 > Tb \text{ Oppure } Ie = te/t0$$

Questo indice indica il modo (temporale, ma visto in valore) con il quale si sta versando rispetto al programmato, indipendentemente dal costo reale sostenuto, cioè se si sta versando come previsto; anche quest'indice deve rimanere sempre nell'intorno di 1.

- **Indice di performance sul budget:**

$$Ib = S(t0)/B(t0), \text{ con } B(t0) = Cb \text{ per } t0 > Tb$$

Questo indice rappresenta l'extrapeso alla data rispetto alla previsione di spesa alla stessa data, indipendentemente dal versato effettivo. Utilizzando gli indici Ip e Ie, si possono sintetizzare le varie situazioni di seguito riportate:

- La situazione definita OK o anticipo del versato e minor costo del versato è una situazione, nella quale si verifica un andamento migliore del previsto. Si può notare che **Ip > 1 e Ie > 1**
- La situazione anticipo del versato e extracosto del versato si ha quando **Ip < 1 e Ie > 1**.
- La situazione ritardo del versato e minor costo del versato si ha quando **Ip > 1 e Ie < 1**.
- La situazione ritardo del versato e extracosto del versato con **Ip < 1 e Ie < 1**

Molto utile nell'analizzare la situazione è considerare i trend di evoluzione nel tempo, è naturalmente possibile ed importante considerare l'andamento nel tempo degli indicatori, cioè considerare le funzioni:

$$Ic(t), Ip(t) \text{ e } Ie(t)$$

L'andamento nel tempo delle funzioni si può rappresentare graficamente prendendo in considerazione l'andamento nel tempo delle variazioni degli indicatori di performance come esplicitato in figura, nella quale sono rappresentate appunto le variazioni percentuali dei due indicatori e I_p e I_e .

$$\Delta\% I_p(t) = 100 [1-V(t)/S(t)]$$

$$\Delta\% I_e(t) = 100 [1-V(t)/B(t)]$$

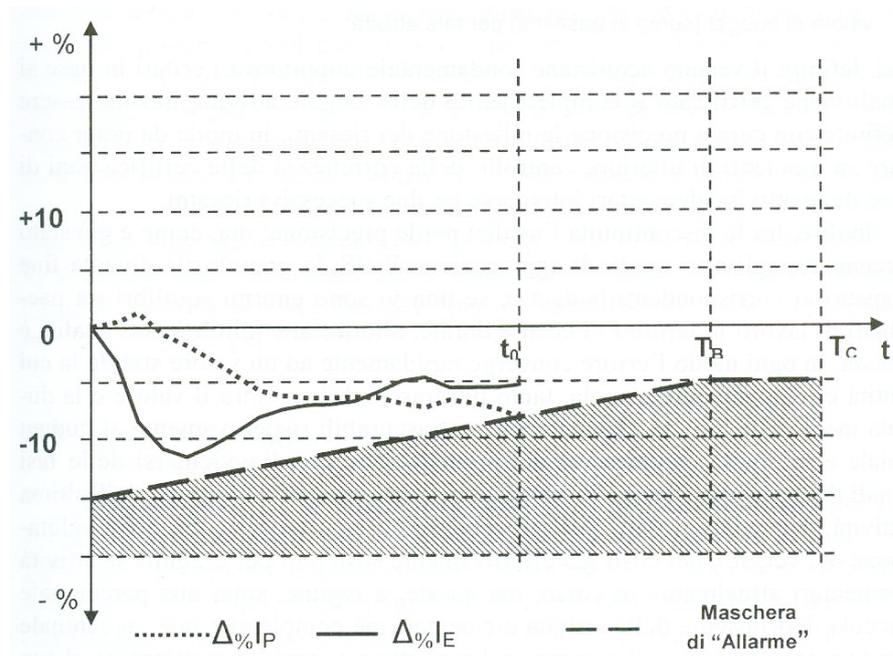


Figura 20. Grafico delle variazioni percentuali degli indicatori di performance

Nella figura è rappresentata una maschera di allarme, che non deve essere attraversata dalle due curve; tale maschera è arbitraria e può essere definita in funzione dell'esperienza aziendale rispetto alle singole tipologie di progetto.

3 Processi e strumenti di project management applicati alla realizzazione di un prototipo avanzato di un'unità di input di sterzo attiva (ASIU)

Il mio periodo di tirocinio ha avuto luogo presso l'EFFEGI ELETTRONICA di Vigone (TO), azienda specializzata nella progettazione, nell'assemblaggio e test di schede elettroniche.

Nello specifico ho gestito dei task di responsabilità dell'FG per progetti cofinanziati dall'UE per la progettazione di soluzioni innovative nell'ambito meccatronico destinati ai soggetti legati ai poli d'innovazione.

Proprio grazie a questo tirocinio mi sono affacciato al mondo del Project Management, andandone a conoscere, i suoi strumenti di controllo e direzione per una facile e corretta gestione delle attività che compongono il progetto.

Tra i più interessanti per la sua complessità ed innovazione vi è senza dubbio il progetto ASIU, il cui capofila è stato la SKF, azienda operante nel settore di cuscinetti volventi, tenute, meccatronica, servizi e sistemi di lubrificazione. Il gruppo SKF è oggi uno dei maggiori fornitori a livello mondiale di prodotti, soluzioni e servizi nel proprio settore, possedendo circa 110 stabilimenti produttivi nel mondo ed essendo presente con proprie società di vendita in 70 paesi.

3.1 Presentazione dell'Effegi Elettronica

3.1.1 La società

Effegi Elettronica Srl è un'azienda che opera nel settore dell'assemblaggio di schede elettroniche dal 1982.

In particolare il core business della società è la progettazione del migliore processo di assemblaggio ed il successivo assemblaggio e test.

Grazie alla flessibilità, il know how ed i macchinari di ultima generazione, suoi principali valori aggiunti, Effegi Elettronica Srl copre una vasta gamma di servizi inerenti all'assemblaggio elettronico: dalla realizzazione veloce di prototipi e campionature alla produzione di serie per medi ed alti volumi.

La scelta di diversificazione ha portato a considerare due macro tipologie di clientela con proprie caratteristiche e requisiti, da un lato Clienti automotive, dall'altro Clienti di dimensioni inferiori e rientranti nelle tipologie elettronica industriale ed applicazioni civili.

Tale diversificazione avviene anche nell'ambito di servizio offerto, conto lavoro e conto acquisto, avvalendosi per quest'ultimo servizio di una rete di distributori e venditori diretti su scala internazionale.

Inoltre negli ultimi anni, con personale dedicato ed in collaborazione con enti di ricerca ed aziende di progettazione ha sviluppato un proprio settore di ricerca e sviluppo.

La gestione del lavoro e lo stile di management è organizzata per funzioni.

La struttura gerarchica prevede la funzione di due responsabili di stabilimento che si dividono il monitoraggio e la gestione a medio lungo termine delle varie funzioni (funzioni core e funzioni di supporto) e la rendicontazione sull'andamento aziendale complessivo verso la proprietà.

Al di sotto dei due responsabili di stabilimento, ogni funzione è gestita da un responsabile diretto.

Nonostante la divisione in funzioni, prerogativa della società è la **gestione per progetti** ed il lavoro in team di componenti facenti parte di funzioni diverse.

A oggi dipendenti all'attivo sono 90 di cui 67 operatori 23 impiegati ripartiti per funzioni nel seguente modo:

PRODUCTION	54
WAREHOUSE AND LOGISTICS	9
MANUFACTURING ENGINEERING	11
QUALITY	4
PURCHASING	4
SALES	3
TIME AND MOTION	1
HUMAN RESOURCES	2
ADMINISTRATION AND FINANCE	2

3.1.2 I mercati

A partire dell'anno 2017 si è riscontrata una crescita nel mercato dell'elettronica, portando all'azienda un incremento del fatturato di circa il 10% rispetto a quello dell'anno precedente.

I forecast ordini Clienti relativi al 2018 inoltre prevedono un ulteriore incremento generale del 63% rispetto al fatturato 2017, mantenendo tale trend per il prossimo triennio.

Tale incremento è determinato dall'acquisizione di nuove commesse ed al passaggio delle commesse esistenti con la gestione da conto lavoro, che prevede il solo servizio di manodopera, a conto vendita, comprensivo del servizio di approvvigionamento della componentistica elettronica utilizzata oltre al servizio di manodopera.

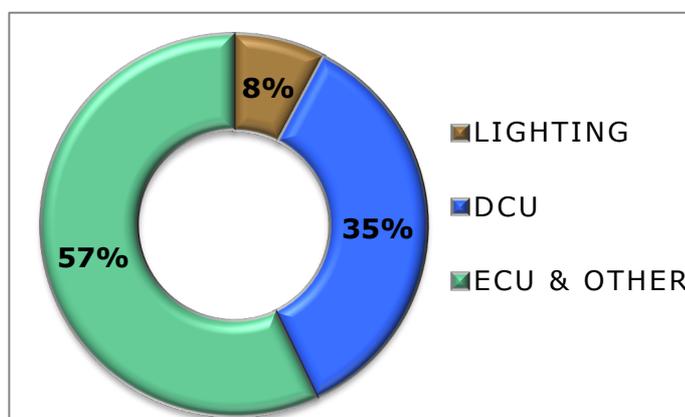


Figura 20. % di fatturato 2017 per famiglie di prodotto

Analizzando nello specifico in particolare, per il mercato automotive, mercato principale dell'azienda nel 2017 si è evidenziata una crescita di circa il 10-15% rispetto al periodo 2016, trend che supererà il 60% per il 2018.

Per rispondere alle diverse esigenze, non solo del mercato ma anche delle normative, tutte le case automobilistiche investono nello sviluppo di nuove tecnologie, per la massima parte basate sull'elettronica. La maggior parte delle innovazioni introdotte sull'auto si basano sull'elettronica.

L'elettronica nel mercato automotive trova applicazione nel settore lighting, motor engine control unit (centralina controllo motore) e door contro unit (centraline controllo porta).

Per quanto riguarda l'assemblaggio di schede elettroniche per applicazioni industriali e civili non si registrano variazioni significative rispetto agli anni precedenti.

Inoltre, con l'acquisizione di due Clienti, uno ufficiale, il secondo in fase di trattativa finale, la società è entrata nel mercato dell'elettromedicale, settore fortemente in crescita, caratterizzato da requisiti molto tecnici ma altresì da una buona marginalità sul prodotto.

A partire dal 2018 l'Azienda ha intensificato il fatturato verso il mercato estero prevedendo un'incidenza del 26% sul fatturato totale, grazie alla ripresa della collaborazione con la SCS REGLASISTEM operante nel settore dell'elettronica industriale e l'avvio di collaborazione con la OLSA POLAND operante nel settore auto.

Inoltre nel 2019 si prevede l'avvio di collaborazione con la MAGNA POLAND multinazionale operante anch'essa nel settore automotive.

3.1.3 La concorrenza

La concorrenza risulta essere presente nell'area locale in maniera ridotta o comunque non costituisce un ostacolo potenziale.

Peraltro si evidenzia una controtendenza ed un ritorno delle attività dai paesi a basso costo di manodopera, poiché l'attività si basa su un forte potenziale tecnologico.

3.1.4 I clienti

EFFEGI è impegnata nella collaborazione ormai pluriennale con importanti Clienti nel campo dell'automotive tra i quali si citano, KOSTAL ITALIA S.r.l., METATRON S.p.a., SKF INDUSTRIE S.p.a., ELDOR CORPORATION S.p.a.

Inoltre negli ultimi anni si è solidificato il rapporto commerciale con OLSA SPA, leader nel campo dei sistemi di illuminazione per veicoli e MAGNA CLOSURES S.p.a che si classifica come uno tra i più grandi OEM del mercato automotive con diverse applicazioni nel campo della mecatronica.

Da segnalare inoltre l'avvio di collaborazione, con i primi prototipi sul secondo semestre 2018 e relativo contratto di fornitura per il prossimo triennio con HILEX ITALIA SPA, principale fornitore di parti mecatroniche delle maggiori case automobilistiche.

Nel campo industriale vanno citati clienti come SEB SRL ELETTRONICA E SISTEMI e COL GIOVANNI PAOLO, di nuove commesse per PCBA di protezione e misura per impianti di produzione e distribuzione dell'energia elettrica.

A partire dal 2019 si rafforzeranno i rapporti commerciali con GE AVIO SRL, incrementando il fatturato del settore avionico, grazie al risultato positivo della trattativa appena conclusa.



Figura 21. clienti EFFEGI

3.1.5 Andamento del fatturato e vendite

L'obiettivo prefissato di fatturato per il 2017 a 10 MLN€ è stato sfiorato raggiungendo 9.960.657 €.

Purtroppo l'esigenza di un Cliente di posticipare l'evasione di una commessa prefissata a Dicembre 2017 non ne ha permesso il raggiungimento.

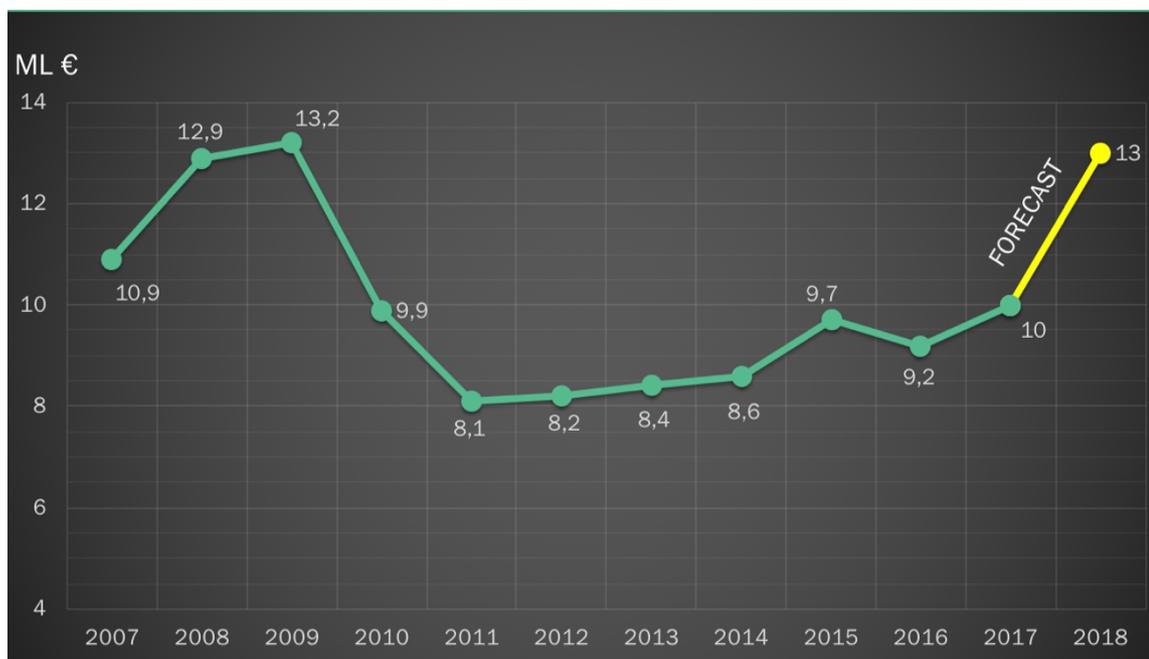


Figura 22. Andamento del fatturato e forecast

Il forecast 2018 prevede un incremento del 30% ponendo come obiettivo il raggiungimento di 13 MLN€ di fatturato come da prospetto sotto riportato.

Il passaggio avvenuto agevolmente delle commesse esistenti del cliente OLSA SPA a gennaio 2018 con la gestione da conto lavoro, che prevede il solo servizio di manodopera, a conto vendita, comprensivo del servizio di approvvigionamento della componentistica elettronica utilizzata, oltre al servizio di manodopera, ha permesso l'acquisizione di nuovi prodotti e la collaborazione con OLSA POLAND SP. Z.O.O.

Di seguito viene presentato nel dettaglio il fatturato in previsione per il prossimo triennio con quanto emerge da attuali ordini Clienti.

CUSTOMER	2018	2019	2020	2021
AUTOMOTIVE				
TOTALE	15.103.369,15	17.376.874,38	18.310.948,52	17.951.543,91
INDUSTRIAL				
TOTALE	376.565,01	648.390,33	674.823,61	702.578,38
AERONAUTICAL&MARINE				
TOTALE	78.992,81	76.215,00	143.862,50	211.510,00
OTHER BUSINESS				
TOTALE	31.100,00	57.857,63	60.750,50	63.788,00
TOTALI GENERALI	13.590.026,97	18.159.337,34	19.190.385,13	18.929.420,29

Figura 23. Forecast Fatturato

3.2 Il progetto ASIU

3.2.1 Sintesi della proposta progettuale

Lo studio ha avuto come obiettivo la progettazione di un prototipo di Active Steering Input Unit (ASIU) per sistema Steer-By-Wire e la progettazione di una linea di produzione pilota automatica efficiente per test di sistemi SbW

Nei sistemi Steer by Wire viene rimossa la connessione meccanica o idraulica tra lo sterzo e le ruote sterzanti, e l'ASIU ha lo scopo di leggere la rotazione imposta dal guidatore allo sterzo, restituendogli opportune sensazioni.

Lo studio della ASIU comprende la definizione delle specifiche dell'assieme e quelle dei componenti principali che ne determinano le prestazioni. Obiettivo ambizioso di questo studio è stato quello di progettare in parallelo e in modo sinergico il prodotto e la linea che deve produrlo. Sulla base delle nostre esperienze, questo approccio ha avuto il duplice vantaggio di ridurre i tempi di sviluppo (e quindi i costi) e di ottenere prodotti e processi più efficaci in termini di modularità, qualità e rapporto costi/benefici.

Le Unità di input di sterzo sono uno degli elementi abilitanti la tecnologia Steer by Wire (attualmente in via di espansione). Oggi sono disponibili diverse unità di input di sterzo, ma nessuna con caratteristiche "attive". Le unità disponibili sono basate su sensori angolari e su componenti in grado di smorzare i movimenti che un guidatore può imporre al volante.

Lo smorzamento (costante o modulabile) è ottenuto per mezzo di attrito di strisciamento o più in generale tramite azioni dissipative (dispositivi a fluido). L'unità attiva oggetto di questo studio ha compreso, oltre ad un elemento smorzante, un motore elettrico in grado di riportare il volante al centro, nonché di migliorare ed ampliare la gamma di feedback percepiti dal guidatore tramite il volante. L'unità è stata studiata in modo da avere una struttura modulare, in modo da poter allestire una gamma di dispositivi in cui alcuni sottosistemi possano essere variati o rimossi.

I tipi di veicoli che oggi potrebbero beneficiare di questa tecnologia sono molteplici, ma il settore che ne avrebbe i più immediati benefici è quello dei trattori agricoli. La legislazione a breve consentirà ai produttori di trattori di innalzare il limite di velocità su strada a 50 km/h (in Germania è già consentito) ma chiederà al contempo di avere una caratteristica oggi assente che è quella di ritorno al centro del sistema di sterzata.

Questa caratteristica è complessa da gestire con l'idraulica, ma diventa facilmente implementabile con un sistema Steer-By-Wire che abbia una unità di input di sterzo attiva. Il passaggio allo Steer-By-Wire che la disponibilità del componente Feedback attivo consente aumenterebbe la sicurezza di veicoli e permetterebbe agli OEM (Original Equipment Manufacturer) di rivedere il layout della cabina, con indubbi vantaggi in termini di ergonomia (rumore e clima) e di semplificazione nelle procedure di assemblaggio e di gestione delle varianti (PowerSteer, GPS, Sterzata posteriore, ...); infatti, con i sistemi by wire vengono eliminate le connessioni meccaniche tra le parti, con un vantaggio immediato sul posizionamento più "libero" e, di conseguenza, sul migliore sfruttamento degli spazi.

Lo studio della linea di produzione della parte elettronica e meccanica ha permesso di definire le caratteristiche che deve avere una linea flessibile ed efficiente in grado di gestire famiglie di

componenti che, assortiti opportunamente, realizzano diverse architetture di sistemi Steer by wire.

Oltre ai due obiettivi principali (prodotto ASIU e linea di produzione per l'ASIU) il progetto ha un obiettivo "trasversale" di "certificare" rispetto ai requisiti EMC di compatibilità elettromagnetica sia il prodotto che il processo produttivo. Questa parte di progetto è stata redatta in parte sperimentale ma per la maggior parte analitica.

3.2.2 Descrizione della partnership di progetto

La compagine di progetto è il risultato da un lato delle necessità e degli obiettivi di questo progetto dall'altro della storia recente di collaborazione tra queste realtà. SKF e bylogix hanno sviluppato (in collaborazione con CRF) diversi prototipi di auto con sistemi SbW; SKF, Teseo ed il Politecnico di Torino sono stati i protagonisti di uno dei progetti legati al bando "Sistemi avanzati di produzione" inerente lo studio di una macchina di EOL; Effegi e bylogix sono fornitori da diversi anni di SKF mentre Corona ed Electro-Parts sono fornitori di altre divisioni di SKF. Il progetto si propone di avvalersi della consulenza del Centro Ricerche Fiat (CRF) per gli aspetti relativi ai veicoli (tanto per la parte normativa quanto per la parte di interfaccia uomo-macchina).

Un prodotto mecatronico quale quello proposto all'interno di questo progetto richiede tanto competenze trasversali (di sistema) quanto competenze specialistiche su molte discipline (meccanica, elettronica, SW, processi, ...). Anche da questo punto di vista, la scelta di avere questa compagine di progetto è stata fatta nell'ottica di garantire adeguate competenze ed esperienze in un ambito di settori molto variegato ma tutti presenti in regione Piemonte.

SKF Industrie S.p.A.

La SKF è un'azienda multinazionale operante nel settore di cuscinetti volventi, tenute, mecatronica, servizi e sistemi di lubrificazione. In particolare, lo stabilimento di Airasca è in larga parte dedicato alla produzione di cuscinetti per l'Automotive Division.

Da alcuni anni è stata costituita la Business Unit Drive By Wire che si occupa di Progettazione e produzione di sistemi mecatronici avanzati per applicazioni By-Wire in ambito Off-Highway. Grazie alla lunga esperienza nel settore "ByWire" SKF ha il compito di progettare la ASIU e di coordinare gli sforzi di un mix qualificato di industrie piemontesi al fine di ottenere il prodotto o la famiglia di prodotti con il miglior rapporto costi / benefici.

Il progetto prevede il coinvolgimento (tramite consulenza) del Centro Ricerche Fiat (CRF) per tutti gli aspetti legati specificamente ai veicoli. Il coinvolgimento del CRF è giustificato sia dal fatto di essere parte del gruppo Fiat, sia dal fatto di essere tra i centri di ricerca più attivi nel settore del “Man Machine Interface”.

Dal momento che SKF ha investito negli ultimi 10 anni nel By-Wire, ad Airasca si sono accumulate una grande quantità di conoscenze ed esperienze sia sui mercati di riferimento di queste tecnologie sia rispetto agli oggetti in questione, sia rispetto ai sistemi produttivi idonei. Nello specifico, le caratteristiche che una unità ASIU deve avere, dipendono da un attento mix dei “desiderata cliente” e dalla conoscenza delle esigenze di flessibilità di prodotto e di processo.

In ragione delle specifiche competenze necessarie sia per progettare un sistema SbW e un ASIU sia per coordinare le attività degli specialisti, si prevede di coinvolgere nel progetto diverse risorse senior con esperienze specifiche nello sviluppo di sistemi simili.

Lo sviluppo di questo nuovo prodotto completerebbe la famiglia di prodotti (Steering Input Unit) con ricadute tanto sulla leadership tecnologica quanto sui livelli occupazionali locali.

TESEO S.p.A.

Azienda specializzata nella progettazione e realizzazione di sistemi di test e collaudo e linee automatizzate, di sistemi embedded, servizi di metrologia-calibrazione e di marcatura CE.

La principale attività nel progetto è lo studio e progettazione del prototipo innovativo di linea automatica di produzione. TESEO si propone di apportare le esperienze nel campo dell’automazione e del testing sviluppate in ambito aeronautico al fine di sviluppare innovazione in ambito civile.

TESEO sta investendo da oltre due anni nel campo dell’automazione e del testing degli attuatori meccatronici che stanno trovando significativa diffusione in ambito aeronautico. Questo progetto consentirebbe di trasferire tali esperienze nel settore dei trasporti e consentendo alla società di entrare in un nuovo mercato con applicazioni innovative e in anticipo con lo sviluppo del mercato.

Politecnico di Torino – Dipartimento di Meccanica

L’università statale italiana, specializzata per gli studi di ingegneria ha avuto come compito la definizione e l’architettura della ASIU. Nell’ambito del progetto è stato fondamentale il suo know how nello studio di ottimizzazione ed efficienza dei processi della linea produttiva.

Il Politecnico di Torino è noto in Italia e all'estero per le sue attività di ricerca nel campo della mecatronica, robotica, sistemi di controllo. La partecipazione a questo progetto ha promosso all'interno del politecnico una nuova linea di studi inerenti l'interazione uomo-veicolo.

Corona S.p.A.

Azienda specializzata nella Progettazione e produzione di PCB a design complesso e ottimizzato per le prestazioni. Il ruolo di Corona nel progetto è stata l'Ottimizzazione design del PCB rispetto ai vincoli di progetto. Corona ha una lunga esperienza nella progettazione e produzione di PCB multistrato con problematiche di prestazione spinte. Il prodotto PCB per ASIU rappresenta in virtù delle sue caratteristiche specifiche un modo per dimostrare il know-how di Corona su un nuovo prodotto/mercato.

Corona è fornitrice di PCB in settore delle macchine di misura piuttosto che in quello aerospaziale. Tra i suoi clienti vi è anche la S2M, la divisione di SKF che produce cuscinetti magnetici.

Electro-Parts S.p.A.

Azienda specializzata nella progettazione e produzione di motori elettrici brush e brushless. Nel progetto è stata responsabile dell'ottimizzazione e integrazione di motore (o motoriduttore) all'interno della ASIU. L'ASIU richiede un motore con caratteristiche diverse da quelle oggi facilmente reperibili sul mercato. Per questo motivo è di fondamentale importanza la capacità di sviluppo prodotto che Electro-Parts possiede. Altro elemento importante è che le competenze di sviluppo prodotto sono orientate all'industrializzazione dello stesso.

Electro-Parts ha messo a disposizione del progetto il know how derivante da molteplici pregresse esperienze in sviluppi simili e/o di maggiore complessità. Il progetto offre l'opportunità di essere presenti sul mercato con un prodotto completamente sviluppato nel momento in cui il mercato stesso lo richiederà.

Bylogix s.r.l.

Bylogix è una piccola start up nata sull'esperienza di persone che hanno contribuito allo sviluppo di prototipi by-wire prima in CRF e poi in SKF. Bylogix ha maturato una notevole esperienza nella realizzazione negli ultimi 3 anni di applicazioni prototipali per controllo di motori specifici per applicazioni simili alla feedback unit.

Inoltre, nel passato Bylogix è stata coinvolta nella realizzazione di prototipi di sistemi e di veicoli per lo sviluppo del SW e del network management (CAN, TTP e FlexRay).

Il suo supporto nel progetto ha riguardato la definizione della specifica del SW per Active Steering Input Unit e nell'ndustrializzazione di una applicazione per la gestione di ASIU.

Il SW embedded è stato uno degli elementi critici al fine di ottenere la prestazione attesa.

Nel caso ASIU la difficoltà consiste di riprodurre il più possibile il comportamento atteso (riprodurre la sensazione di guida dei veicoli NP).

3.2.3 Idea e motivazioni alla base del progetto, stato dell'arte scientifico tecnologico

Contesto generale e scenario complessivo

Il progetto ha avuto come scopo di definire un prototipo avanzato di prodotto, detto Active Steering Input Unit (ASIU) oggi non esistente sul mercato e la linea di produzione pilota in grado di testare sistemi Steer by wire. Lo studio della Active Steering Input Unit ha compreso la definizione delle specifiche dell'assieme e quelle dei componenti principali che ne determinano le prestazioni. Il progetto però non si è limitato a identificare componenti e soluzioni architetture ma ha verificato, tramite l'uso di prototipi di ASIU, da un lato l'effettiva implementazione delle specifiche di prodotto, dall'altro l'effettiva efficacia di questa tecnologia nei settori di applicazione.

Lo studio della linea di produzione ha definito le caratteristiche che deve avere una linea flessibile ed efficiente in grado di gestire famiglie di componenti che, assortiti opportunamente, possano configurare diverse architetture di sistemi Steer by wire. Lo studio comprende la definizione: delle configurazioni, dell'architettura e delle caratteristiche da calibrare.

Le Unità di input di sterzo sono uno degli elementi abilitanti la tecnologia Steer by Wire (attualmente in via di espansione in vari settori del trasporto e delle macchine operatrici). Oggi sono disponibili diverse unità di input di sterzo, ma nessuna con caratteristiche "attive".

Le unità disponibili sono basate su sensori angolari (assoluti o incrementali, singoli o ridondati) e su componenti in grado di smorzare i movimenti che un driver può imporre al volante. Lo smorzamento (costante o modulabile) è ottenuto per mezzo di attrito di strisciamento o più in generale tramite azioni dissipative (dispositivi a fluido). L'unità attiva, oggetto di questo studio, ha oltre ad un elemento smorzante, un motore elettrico in grado di riportare il volante al centro, e di migliorare ed ampliare la gamma di feedback percepiti dal guidatore tramite il volante. Infatti, in uno sterzo meccanico tradizionale servoassistito, le connessioni meccaniche presenti tra volante e ruote costituiscono un'importante catena di trasmissione di informazioni

sullo stato dinamico (presenza di asperità stradali, perdita di aderenza, ecc.) ed il guidatore esperto “usa” il volante, da questo punto di vista, come un sensore complesso.

Nel caso di un sistema by wire, questi feedback devono essere riprodotti artificialmente e solo la presenza di un’unità attiva è in grado di garantirli; naturalmente i gradi di libertà presenti in termini di catene controllate conferiscono in questo caso al sistema caratteristiche di retroazione e feedback ampie e variegate, impossibili nel caso di un sistema tradizionale. L’unità dovrebbe avere una struttura modulare, in modo da poter allestire una gamma di dispositivi in cui alcuni sottosistemi possano essere variati o rimossi.

Non è detto infatti che tutte le diverse applicazioni richiedano lo stesso identico prodotto. È quindi fondamentale avere una progettazione che tenti di soddisfare le diverse esigenze. Il potenziale trend del mercato è ben rappresentato da questa previsione di crescita di SbW nel settore delle macchine da costruzione (veicoli che non richiedono ASIU). Andamenti simili sono attesi per il settore dei trattori.

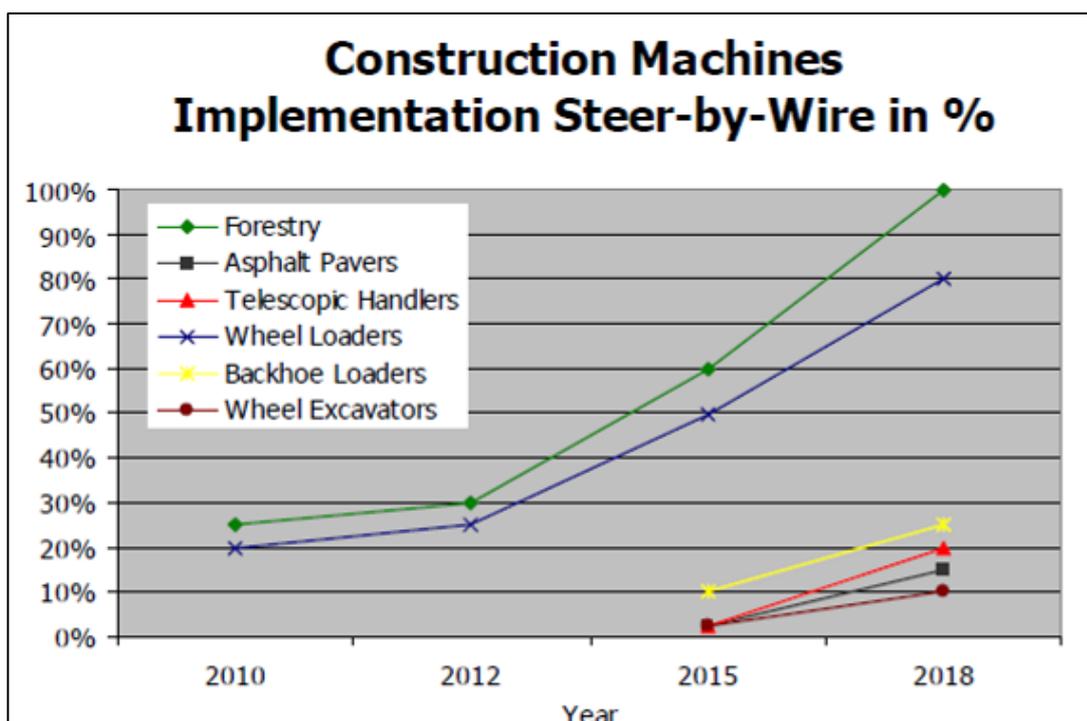


Figura 24. Previsione di crescita % nel settore macchine da costruzione

I tipi di veicoli che oggi potrebbero beneficiare maggiormente di questa tecnologia sono molti (autobus, mietitrebbia, terne, veicoli per movimentare container, ...), ma il settore che ne avrebbe maggiori benefici è quello dei trattori. La legislazione a breve consentirà ai produttori di trattori di innalzare il limite di velocità a 50/60 km/h (in Germania è già consentito) ma chiederà al contempo di avere una caratteristica oggi assente che è quella di ritorno al centro.

Questa caratteristica è complessa da gestire con l'idraulica, ma diventa facilmente implementabile con un sistema Steer-By-Wire che abbia una Feedback attiva.

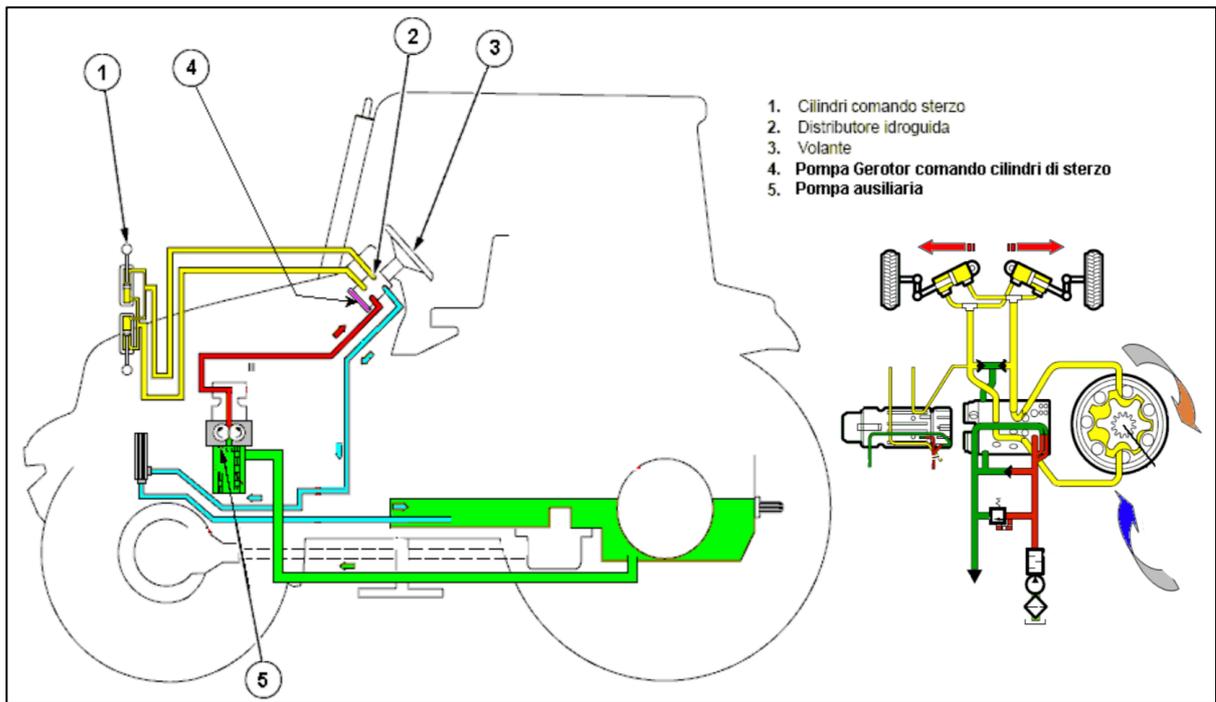


Figura 25. Schema funzionamento sterzo idraulico trattori

Il passaggio allo Steer-By-Wire che la disponibilità del componente Feedback attiva consente, aumenterebbe la sicurezza dei veicoli e permetterebbe agli OEM di rivedere il layout della cabina con indubbi vantaggi in termini di ergonomia (rumore e clima) e di semplificazione nelle procedure di assemblaggio e di gestione delle varianti (PowerSteer, GPS, Sterzata posteriore, ...). I vantaggi connessi all'uso di soluzioni meccatroniche (rispetto alla tecnologia classica idraulica) sono sintetizzati nella seguente tabella:

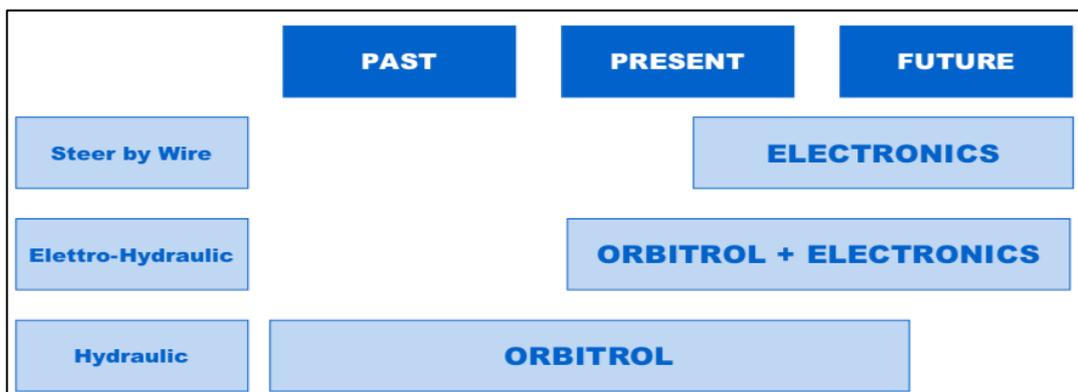


Figura 26. Vantaggi di soluzioni meccatroniche

Verifica sperimentale delle prestazioni dell'ASIU per SbW

All'interno del progetto una fase specifica ha previsto la progettazione e l'allestimento di un banco prova su cui poter replicare le missioni (e i modi d'uso) sintetizzati a partire dai requisiti a livello veicolo per il sistema Steer by Wire. In questa fase del progetto (l'allestimento del banco, la definizione dei test e dei risultati attesi), è risultato fondamentale il coinvolgimento di uno specialista del settore quale CRF.

Su detto banco è stato installato uno dei prototipi frutto dell'attività di progettazione del progetto, e su di esso sono stati applicati tutti i test di verifica funzionale previsti per l'unità di Feedback attiva, incluso l'emulazione di guasti applicati al sistema.

L'architettura del banco è stata configurata in modo da rendere possibile all'occorrenza test con input idonei all'oggettivazione del sistema, adottando un opportuno sistema di attuazione e di automazione dei test, o in alternativa con la possibilità di movimentare direttamente l'unità di feedback per cogliere i giudizi soggettivi da parte di utenti professionali.

Lo schema logico del task è riportato nella figura sottostante, in cui sono evidenziati gli input al task ed il suo output: il test report di Verifica funzionale della Feedback Unit attiva.

Non vi sono state criticità tecnologiche o di processo nel mettere a punto il prototipo di prodotto e la relativa linea pilota di produzione. Gli elementi di difficoltà progettuali hanno riguardato l'identificazione della corretta specifica di prodotto, nella selezione dei componenti che ne fanno parte (sensori e attuatori) e nella individuazione dell'architettura che li mette insieme ad un costo ragionevole.

Tutto il settore Off-highway (ma non solo) potrebbe beneficiare della diffusione dello SbW. Altrettanto si può dire a proposito delle linee di produzione efficienti e flessibili in quanto sono la naturale evoluzione della tecnologia odierna.

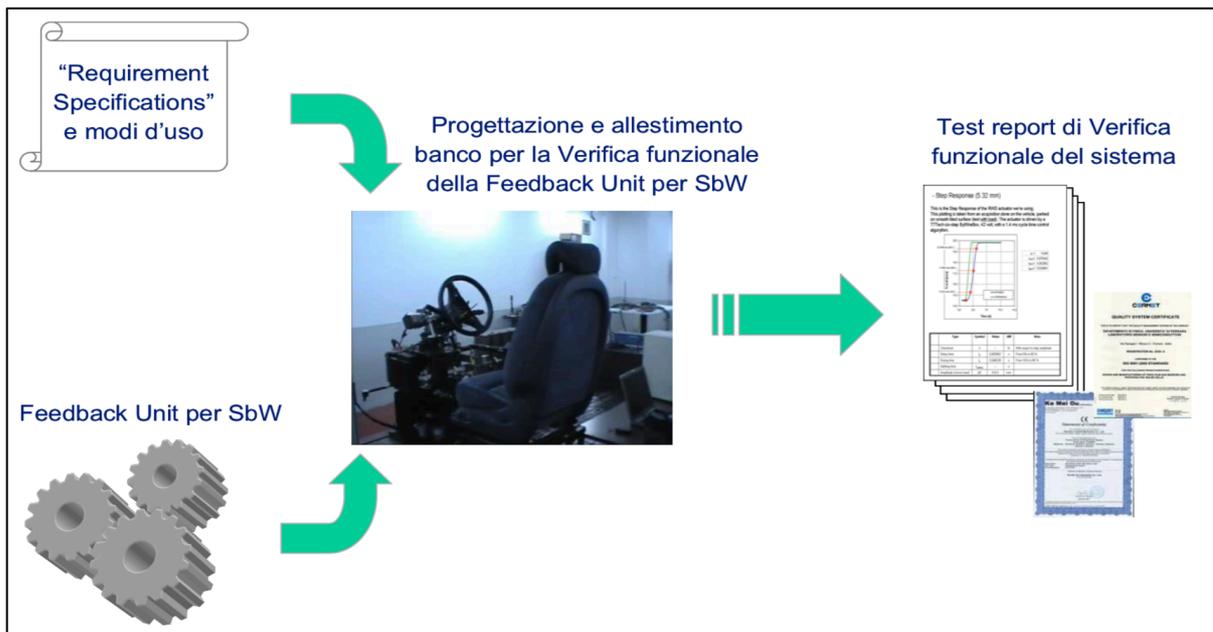


Figura 27. Schema logico per progettazione banco prova

Stato dell'arte scientifico-tecnologico

L'ASIU si configura come un nuovo prodotto mecatronico per applicazioni veicolistiche che potrebbe trovare applicazione in molti settori oltre quello automotive, quali quello Navale, Robotico, Aerospaziale e quello dell'Edilizia. All'interno del progetto sono stati verificati i benefici del prodotto nel settore delle macchine operatrici e delle macchine per agricoltura. Ulteriori potenzialità verranno esplorate in futuro.

Esistono esempi in commercio di Steer by Wire (legati a Joystick e/o a GPS) ma non risultano essere disponibili unità o architetture simili a quella oggetto di questo progetto.

Il settore è dominato dai fornitori di componenti idraulici che non hanno interesse a proporre soluzioni SbW. Ciò nonostante le esigenze dei clienti di aumentare la velocità massima dei veicoli (senza compromettere la sicurezza) e nuovi vincoli omologativi obbligano OEM e fornitori a prendere in considerazione questo tipo di tecnologia.

Dal punto di vista del componente ASIU, non sono previste criticità tecnologiche o di processo nel mettere a punto il prodotto e la relativa linea di produzione. Gli elementi di difficoltà progettuali consistono nella identificazione della corretta specifica di prodotto, nella selezione dei componenti che ne devono far parte (sensori e attuatori) e nella individuazione dell'architettura che li mette insieme in modo efficace ad un costo ragionevole.

Tutto il settore Off-highway potrebbe beneficiare della diffusione dello SbW, ma anche altri settori potrebbero beneficiare di questi sviluppi tecnologici.

Per ciascuno dei veicoli considerati (trattore agricolo, Wheel Loader, ...) sono stati sintetizzati i requisiti funzionali a livello veicolo e i relativi modi d'uso sia nel caso di pieno funzionamento che in modalità degradata (limp-home).

Nell'analisi, è stato necessario il supporto di utenti professionisti di macchine per l'agricoltura e per le costruzioni, sia dei feedback raccolti nel corso di prove con gli utenti esperti che quotidianamente utilizzano detti veicoli.

Sono state quindi accolte, analizzate e classificate le specifiche dei sistemi di sterzo di normale produzione ad oggi impiegati su questi veicoli, con particolare attenzione alle comunanze esistenti tra le diverse architetture ed ai requisiti di ciascuna delle parti che le compongono, con particolare enfasi sull'elemento di interfaccia con l'operatore (Human Machine Interface).

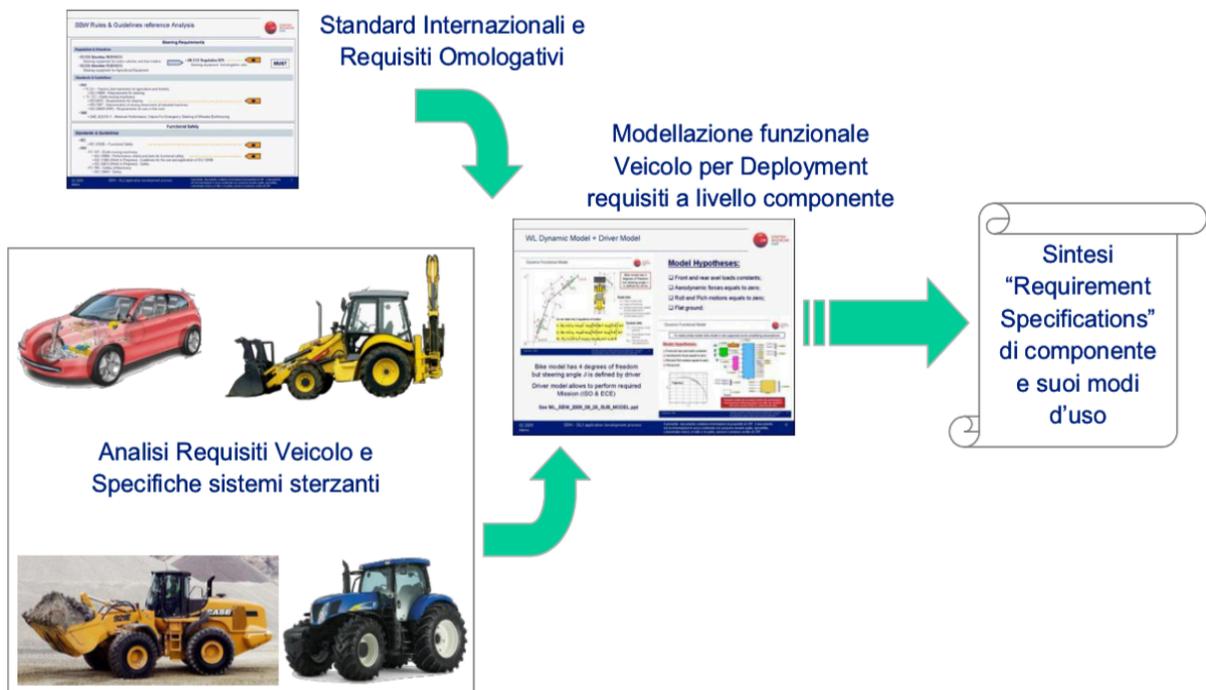


Figura 28. Schema logico per sintesi requisiti funzionali a livello veicolo e i relativi modi d'uso

3.2.4 Innovazioni perseguite nel progetto

Lo Steer by wire è riconosciuto dal mercato come uno dei contenuti chiave della prossima generazione di veicoli in particolare per quelli con basse emissioni e a impatto ambientale contenuto; risulta inoltre perfettamente compatibile con le prossime generazioni di veicoli a propulsione elettrica.

La disponibilità del componente ASIU e di un'architettura SbW omologabile rappresenta un vantaggio concreto non solo per gli "End user" ma anche per i produttori (OEM – Original Equipment Manufacturer).

Il cambio di tecnologia dello sterzo infatti permetterebbe di rivoluzionare il layout della cabina a tutto vantaggio dell'ergonomia e della semplicità di assemblaggio.

Questa tecnologia abilitante aumenta in modo significativa il livello di sicurezza grazie all'architettura di sistema (che prevede ridondanze e diagnosi), ai componenti meccatronici e alle funzioni addizionali che possono essere implementate (rapporto di sterzo variabile, coppia di feedback proporzionale a velocità...).

Le soluzioni Steer by wire hanno anche vantaggi in termini di modularità e flessibilità con chiari benefici in termini di costo e di flessibilità per le diverse applicazioni (Veicoli Off-Road, Veicoli Speciali, Agricoltura, Marine, ...).

In passato sono stati messi a punto (a livello globale) diversi prototipi di Feedback unit attive, nessuna con caratteristiche tali (costo, tecnologia, dimensioni, ..) da poter essere messa in produzione. L'obiettivo ambizioso del progetto è stato quello di mettere insieme una specifica di prodotto, un design e un set di componenti in grado di andare in produzione in tempi brevi, dopo una opportuna fase di ingegnerizzazione ed industrializzazione, soddisfacendo le esigenze del mercato emergente. L'altro obiettivo è stato quello di progettare una linea di produzione pilota efficiente e flessibile in grado di produrre le Feedback unit attive.

Entrambi gli obiettivi hanno valenza internazionale in quanto non esiste nulla del genere e i clienti delle potenziali applicazioni sono a livello globale. Un'ulteriore peculiarità di questo progetto consiste nella progettazione parallela di un nuovo prodotto e del processo produttivo in grado di assemblare e testare il prodotto stesso.

Esistono una molteplicità di brevetti su SbW in ambito Automotive, mentre ne esistono meno in campo off-highway. SKF ha alcuni brevetti su Feedback unit e prevede sia possibile depositare nuovi brevetti nel corso dello studio e realizzare varie pubblicazioni scientifiche sui risultati ottenuti.

3.2.5 Modalità di management e controllo del progetto

Il progetto è stato guidato da un Project Manager Leader con più di 20 anni di esperienza nel settore R&D Nella gestione del progetto è stato supportato dai project leaders dei diversi work packages e tasks.

I project leaders assieme al PM hanno costituito il Project Management Office.

Le tecniche di management utilizzate nel corso del progetto, si sono basate su un opportuno mix delle metodologie correntemente in uso nelle diverse realtà; l'SKF ha il suo punto di forza nello sviluppare nuovi prodotti con il Lean PD (derivato da Toyota TQM) e il DFSS (Design For Six Sigma).

Composizione dei diversi organismi di gestione del progetto:

- Project Steering Committee
- Project Manager
- Project Management Office
- Project Leader (Work Package / Task)
- Ingegnere elettronico con esperienze specifiche in centraline analogiche, digitali per controllo real time e per controllo di potenza, controllo di corrente per pilotaggio sinusoidale.
- Ingegnere del SW con più anni di esperienza in controlli real time, scrittura codice C e progettazione modelli Matlab/Simulink
- Ingegnere del SW con più anni di esperienza in gestione parametri di linea (gestione misure, calibrazioni, configurazioni, ...) – controlli real time – scrittura SW (codice C, LabView, ...)
- Ingegnere meccanico con competenze in dimensionamento di macchina di EOL (movimentazione, connessioni, ...), selezione componenti (sensori, interfacce, componenti meccanici, ...), progettazione 3D e 2D

3.2.6 WBS, Milestones e WBD

Il progetto si è articolato in due fasi di durata annuale ciascuna delle quali a sua volta divisa in due sottofasi di durata semestrale; nel corso della prima fase si sono cercati i requisiti, scritte le specifiche, simulati gli scenari veicolo, identificate le architetture, elaborati i disegni e congelato il design. La seconda fase invece si è focalizzata sull'attività di realizzazione dei prototipi e sui test di componente e di sistema veicolo necessari a validare la soluzione.

Lo studio della linea di produzione dell'ASIU (meccanica ed elettronica) e della verificabilità del prodotto / processo si è svolto in parallelo al processo di sviluppo ASIU.

L'andamento delle attività del progetto è stato verificato in corrispondenza delle Milestone semestrali di progetto sintetizzate nella tabella che segue. Le milestone di progetto sono state verificate in occasione di appositi Steering committee:

Milestone di Progetto		
N.	Descrizione e obiettivi	Data conseguimento
1	Congelamento specifiche	M 6
2	Completamento progettazione Lancio Prototipazione	M 12
3	Prototipo disponibile per test	M 18
4	Compatibilità EMC dei prototipi e della linea pilota di produzione	M 24

Figura 29. Milestones di progetto

Il progetto è articolato in Work Packages e Tasks; ciascuna Task ha visto la partecipazione di un solo dei partner. È stato preventivato un Work Package specifico relativo alle attività di management del progetto.

Ogni partner all'interno di questo work package ha avuto un proprio task con cui andare a coprire le esigenze di management di progetto nonché quelle interne alla azienda stessa.

Gli altri tre work packages corrispondono ai tre obiettivi di progetto:

- realizzare alcuni prototipi innovativi di Active Steering Input Unit (ASIU), pronti da poter essere industrializzati e immesso sul mercato;
- definire le caratteristiche che la linea di produzione pilota dell'ASIU deve avere;
- “certificare” rispetto ai requisiti EMC sia il prodotto che il processo produttivo.

Le prove di compatibilità elettromagnetica servono a verificare che le apparecchiature siano immuni ai disturbi esterni e non producano segnali che perturbino altre apparecchiature vicine. Essendo il punto 3 un obiettivo “trasversale” di progetto è stato configurato come WP a se stante anziché venire duplicato all'interno dei WP 2 e WP3.

È stato necessario quindi darsi una struttura nella pianificazione dei lavori incentrata sulla massima concretezza e pragmaticità delle diverse fasi, nonché una accurata analisi e gestione dei rischi ad esse connessi.

L'attività del progetto si è sviluppata mediante suddivisione tematica del lavoro in 4 Work Packages; ciascuno è a sua volta suddiviso in Tasks specifici e tematicamente omogenei assegnati ciascuno ad un partner.

Nella descrizione dei singoli WP si è preventivato il costo e i mesi/uomo necessari al conseguimento delle attività. Tali dati hanno avuto carattere indicativo (budget).

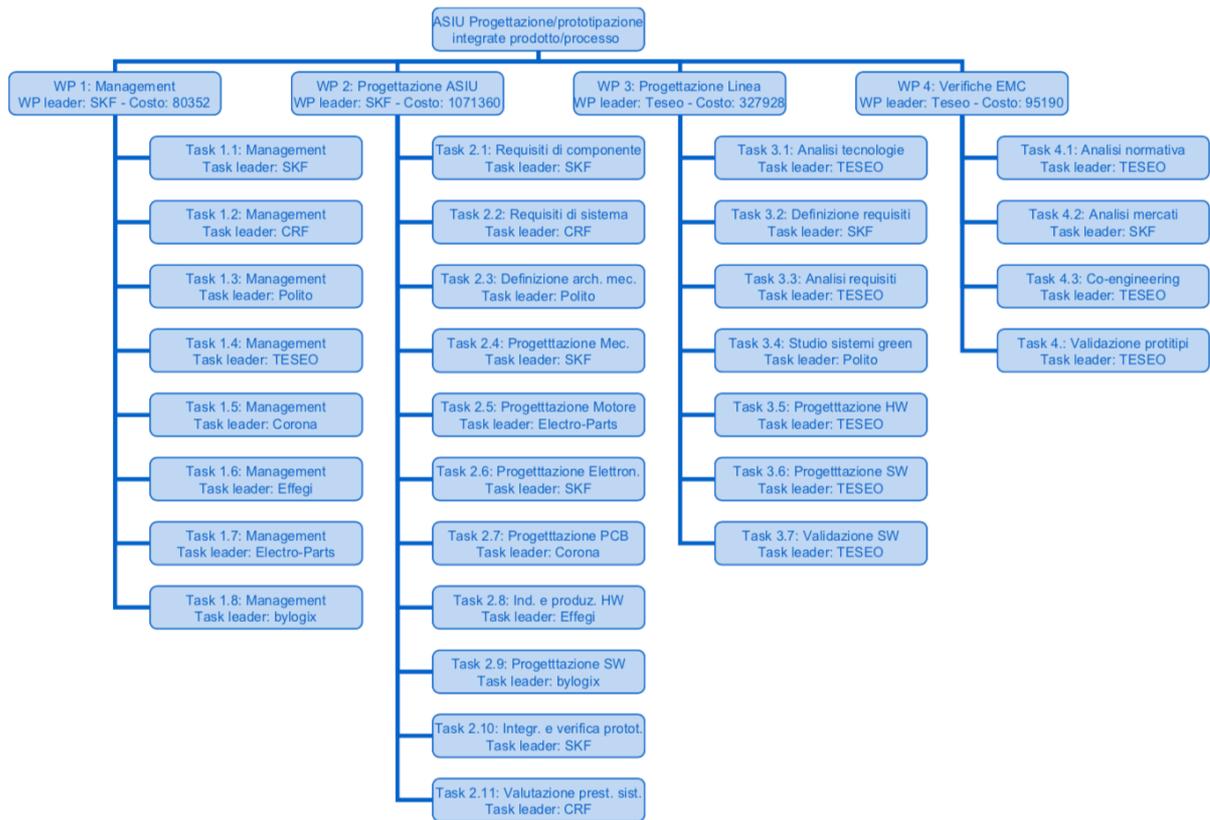


Figura 30. Work package Structure progetto ASIU

Work Package n. 1

Inizio attività: M1 - Fine attività: M24

Titolo Work package: Project Management

Work Package Leader: SKF

Partners: SKF, Polito, Teseo, Effegi, ElectroParts, Bylogix

Obiettivi: Attività di coordinamento tecnico, gestionale e amministrativa del progetto.

Tasks: Il progetto è stato coordinato dalla SKF con l'ausilio dei project leaders dei diversi partners. Il controllo della corretta esecuzione delle fasi progettuali è stato scandito da delle milestones in concomitanza con la scadenza di ciascuna attività in cui il progetto è stato suddiviso.

Il progetto si può considerare suddiviso in due fasi:

- Progettazione dell'Active Steering Input Unit e definizione della sua linea di produzione.
- Costruzione prototipi ASIU e test di verifica.

Il Project Manager Leader è una persona della SKF e per ciascun Work package è stato assegnato un WP leader che ha fatto riferimento a questo PM che ha coordinato le macro attività

di progetto. I ruoli di Project manager e i Work package / Task leaders sono stati ricoperti da persone di esperienza attingendo alle risorse più esperte all'interno di ciascuna azienda. Per quanto riguarda l'esecuzione delle attività si è cercato, laddove possibile, di coinvolgere o inserire risorse più giovani.

Work Package n. 2

Inizio attività: M1 - Fine attività: M22

Titolo Work package: Progettazione Active Steering Input Unit

Work Package Leader: SKF

Partners: SKF, Polito, Teseo, Effegi, ElectroParts, Bylogix

Obiettivi: la progettazione, prototipazione e test di una Active Steering Input Unit in grado di soddisfare i requisiti di funzionalità che emergono dai settori applicativi di riferimento e dalle normative vigenti.

T 2.1 - Requisiti di sistema, componente e di fattibilità

Task manager: SKF

Obiettivo: La ASIU, in quanto componente meccatronico, è il risultato di un processo di sintesi dei requisiti: funzionali, geometrici e prestazionali. Questo task ha avuto l'obiettivo di arrivare a scrivere la specifica dell'ASIU e quella dei componenti di cui essa è composta: sensori, attuatori, rapporti di riduzioni, interfacce meccaniche, elettroniche e software.

Focus di questo task è anche la sintesi dei requisiti funzionali a livello componente meccatronico (Requirement Specifications) per una unità di feedback attiva finalizzata ai sistemi Steer-by-wire per applicazioni Off-Highway.

In questo contesto sono stati analizzati le varie regolamentazioni internazionali relative ai sistemi di sterzo ed i relativi vincoli omologativi al fine di classificare i requisiti mandatori a cui dovrà rispondere un'unità di feedback attiva per sistemi Steer-by-Wire per applicazioni Off-Highway.

Deliverables: SbW-ASIU requirements, SbW specification

T2.2 - Definizione architettura meccanica

Task manager: Polito

Obiettivo: Definizione della architettura meccanica, dei sottosistemi e delle relative connessioni di un dispositivo ASIU. Per la definizione e la caratterizzazione di un dispositivo ASIU innovativo si è resa necessaria una attività di sviluppo e supporto, fortemente integrata con il Task 2.1 e in cui vengono strutturate le seguenti fasi:

- Definizione di diverse architetture di ASIU;
- Definizione e realizzazione di modelli matematici;
- Identificazione dei parametri dei componenti in grado di soddisfare le specifiche determinate nel Task 2.1 e 2.2;
- Analisi dei risultati delle simulazioni, in grado di suggerire eventuali interventi di modifica sull'architettura o sui componenti, del dispositivo;
- Valutazione dell'efficienza energetica del dispositivo e comparazione con soluzioni oleoidrauliche;
- Verifiche sperimentali sui prototipi e confronto con i risultati delle simulazioni;

Deliverables: ASIU design reports (report di analisi, simulazione, valutazione e verifica).

T2.3 - Progettazione Meccanica

Task Manager: SKF

Obiettivo: Partendo dalla specifica ASIU e dei singoli componenti, la progettazione meccanica dell'ASIU è l'integrazione meccanica dei diversi componenti selezionati, verificandoli in modo che la catena delle tolleranze ne permetta la corretta integrazione. Inoltre, in questo task si è verificato il corretto dimensionamento dell'unità ASIU in funzione dei requisiti prestazionali attesi.

Deliverables:

- Dossier disegni (3D/2D)
- Report relativo alla verifica della catena di tolleranze Reports di calcolo e/o simulazione

T2.4 - Progettazione e prototipazione di componenti elettromagnetici

Task Manager: ElectroParts

Obiettivo: progettazione, ottimizzazione e realizzazione del motore elettrico o il sistema elettromeccanico inteso come motoriduttore e/o freno avente la funzione di azionare attivamente il volante per ricreare la sensazione di feedback.

La definizione del dispositivo ha avuto come input progettuali le specifiche del componente identificate nei Tasks precedenti da cui si sono potute desumere le caratteristiche tipologiche del dispositivo (motore, motoriduttore, motore più freno...), le prestazioni elettromeccaniche attese, le dimensioni di massima, le interfacce e soprattutto la tipologia di motore elettrico più idoneo all'applicazione.

Il percorso di sviluppo ha seguito essenzialmente il seguente percorso logico:

- progettazione del motore in base al profilo di missione assegnato ottimizzazione del design elettromeccanico del motore
- definizione analitica dei vari componenti e realizzazione dei modelli CAD acquisto dei materiali necessari
- allestimento dei tooling per assemblaggio del motore allestimento del prototipo fisico
- verifiche funzionali e test di validazione

Deliverables: Dossier disegni (3D/2D) dei componenti e realizzazione prototipi attuatori elettromeccanici.

T2.5 - Progettazione Elettronica

Task Manager: SKF, Effegi Elettronica

Obiettivo: In questo task, partendo dalla specifica ASIU, dei singoli componenti (in particolare sensori e componenti elettromagnetici) e anche dai dati progettuali dei componenti elettromagnetici e relativi sensori, si è definita la specifica della centralina di controllo e di conseguenza, l'architettura elettrica della centralina. In collaborazione con il task 2.9 si è fatta la scelta dei componenti più critici (es. microprocessore). A seguito di queste attività è stata generata la documentazione necessaria per realizzare la progettazione del PCB.

Deliverables: Progetto centralina (documentazione tecnica schema a blocchi e Specifica).

T2.6 - Progettazione PCB

Task Manager: Corona, Effegi Elettronica

Obiettivo: Analisi delle architetture e dei vincoli costruttivi, partecipazione alla definizione delle specifiche, studio teorico di insieme. Sviluppo del layout elettronico per gli aspetti relativi al PCB, cercando di ottimizzare il posizionamento della componentistica in ottica di un'ottimizzazione del processo di assemblaggio elettronico, analisi finale di fattibilità, costruzione del circuito, affiancamento durante le verifiche funzionali del prototipo, verifica dei risultati.

Deliverables: Disegni produttivi PCB e Realizzazione prototipi PCB per centraline di controllo

T2.7 - Industrializzazione e produzione elettronica

Task Manager: Effegi Elettronica

Obiettivo: Lo studio e sviluppo di un processo di assemblaggio e test dell'elettronica atto alla realizzazione della stessa basate sull'esame preliminare del progetto, sia per l'aspetto HW che SW.

Nello specifico si è valutata l'applicazione finale della elettronica per garantire al progetto lo standard tecnico qualitativo relativamente alle specifiche di progetto e al capitolato di riferimento delle Design Validation, identificando la corretta scelta della componentistica da impiegare e il corretto processo produttivo. L'analisi e condivisione delle peculiarità del pcb in collaborazione con i partner, sono stati alla base dello studio del processo. Il know how associato a macchine automatiche di ultima generazione, hanno consentito di dare un fondamentale supporto alla producibilità del progetto, tanto più in fase prototipale traducibili in:

- Assemblaggio automatico
- Migliore prestanza su tutto il processo, quindi con abbattimento della mortalità fisiologica delle prototipazioni.

L'analisi, inoltre, è stata svolta con l'obiettivo di studiare e sviluppare il processo, i tools hardware e software necessari a consentire la miglior efficienza del progetto in termini qualitativi ed economici.

In una prima analisi si è deciso di moltiplicare le singole pcba in pannelli in modo da ottimizzare i tempi di attraversamento.

Deliverables: Documentazione di produzione PCB e realizzazione prototipi centraline di controllo.

T2.8 - Progettazione e implementazione SW

Partner: Bylogix

Obiettivo: In collaborazione con il task 2.6 si farà la scelta dei componenti più critici e sulla base della specifica ASIU e sulla base della documentazione di progetto centralina, effettuerà la Progettazione di SW adatta a pilotare Active Steering Input Unit, ed in particolare:

Scrittura del Kernel di basso livello

Scrittura del layer di controllo dei componenti elettromagnetici (es. motore/freno) Applicazione di alto livello

Diagnosi di sistema

Verifica e supporto alla messa a punto

Deliverables: Documentazione SW e report di verifica a seguito dell'integrazione fra centralina e SW.

T2.9 – Integrazione e Verifica prestazioni componente ASIU

Task Manager: SKF

Obiettivo: All'interno di questo task sono stati realizzati e testati i prototipi di ASIU. L'integrazione di prototipi presuppone il procurement di tutti i componenti a catalogo e la costruzione delle componenti meccaniche specifiche. L'assemblaggio di questi elementi con i componenti sviluppati all'interno del progetto (motore, centralina elettronica, ...) ha messo a disposizione delle unità prototipo su cui si è potuto iniziare la fase sperimentale di verifica di prestazione a livello componente.

Il task ha previsto la progettazione ed allestimento di un banco prova su cui poter replicare le missioni (e i modi d'uso) sintetizzati a partire dai requisiti a livello veicolo per il sistema Steer by Wire.

Su detto banco è stato installato uno dei prototipi frutto dell'attività di progetto, e su di esso sono stati applicati tutti i test di verifica funzionale previsti per l'unità di Feedback attiva, incluso l'emulazione di guasti applicati al sistema.

Deliverables: Specifica di test, Prototipi ASIU

Work Package n. 3

Titolo Work package: Progettazione linea di produzione pilota ASIU,

Work Package Leader: TESEO

Nome partner: SKF, Polito, TESEO, Corona, Effegi, ElectroParts, Bylogix

Obiettivi: Gli attuatori mecatronici sono caratterizzati da una significativa flessibilità che consente di caratterizzarli per molteplici applicazioni e sul requisito del cliente grazie al software. I sistemi per Steer-by-Wire sono elementi critici per la sicurezza del mezzo e quindi oggetto di sofisticati processi produttivi e di collaudo.

Realizzare un sistema di produzione, caratterizzazione e collaudo altamente automatizzato e flessibile per tipologia e famiglia di prodotto è l'obiettivo di questo Work Package.

Questo WP ha l'obiettivo di progettare la linea di produzione pilota dell'ASIU. Il grosso di questo WP è sotto la responsabilità di TESEO ma i tasks di SKF e del Politecnico forniranno input importanti a questa parte del progetto.

T3.1 - Analisi delle tecnologie produttive e dell'automazione esistente

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Analizzare ed identificare, date le tecnologie disponibili, quali sia il mix ottimale per innestarsi sulle tecnologie esistenti in ambito produttivo e garantire la migliore flessibilità e scalabilità operativa, parametri essenziali dei Task 4-5-6

Deliverables: Analisi “As.Is” e “Best Match” di tecnologie esistenti in ambito produttivo

T3.2 - Definizione requisiti di linea in funzione del prodotto e delle esigenze di produzione

Task Manager: SKF

Obiettivo: Sulla base della specifica ASIU, delle sue caratteristiche, e date le tecnologie produttive disponibili, analizzare ed identificare i requisiti che dovrà avere la linea di produzione del prodotto.

Deliverables: Specifica della linea produzione ASIU.

T3.3 - Analisi dei requisiti di tipologia e famiglia di prodotto e definizione specifica di produttiva e di collaudo

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Analizzare e definire il set di requisiti di prodotto quali parametri essenziali dei Task 4-5-6

T3.4 - Studio di sistemi energy saving per la produzione e il test di sistemi Steer by Wire

Task Manager: Polito

Obiettivo: Identificare aspetti di inefficienza energetica in linee di produzione e test di sistemi steer by wire, definire interventi volti all’aumento dell’efficienza e alla riduzione dell’energia impiegata per unità di prodotto.

Verrà svolta una analisi meccanica funzionale della linea di produzione e delle contro-macchine da inserire nelle macchine di test (EOL) in grado di testare sistemi Steer by Wire. In particolare verranno analizzati la sequenza di movimentazioni in direzione verticale (dissipazione di energia potenziale gravitazionale), il profilo delle leggi del moto (dissipazione di energia cinetica), il sovradimensionamento e/o la scelta delle tipologie degli attuatori, la presenza di attriti. Tramite l’analisi potranno essere identificati degli interventi volti all’ottimizzazione energetica della linea, riducendo in definitiva la richiesta.

3.5 - Studio, sviluppo dell’architettura software di automazione e collaudo

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Analizzare, studiare e sviluppare l’architettura software quale fattore abilitante della flessibilità e scalabilità

Deliverable: Architettura software

3.6 - Prototipazione del software di caratterizzazione e collaudo

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Sviluppare il prototipo del software di caratterizzazione e collaudo

Deliverable: Prototipo del software di caratterizzazione e collaudo

3.7 - Validazione del software

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Utilizzando i prototipi ASIU, verifica il software di caratterizzazione e collaudo utilizzando le attuali strutture di sviluppo prototipale SKF

Deliverable: Report di validazione del software di caratterizzazione e collaudo

Work Package n. 4

Titolo Work package: Verifiche di compatibilità EMC

Work Package Leader: TESEO

Nome partner: SKF, Polito, TESEO, Corona, Effegi, ElectroParts, Bylogix

Obiettivi: Verifiche di compatibilità EMC preliminare dei prototipi dei prodotti e della linea di produzione alla certificazione (CE – Direttiva Macchine - Automotive EMC).

Il WP ha l'obiettivo di supportare il WP 2 ed il WP 3 allo sviluppo di un prototipo certificabile, contribuendo al co-engineering con una specializzazione EMI/EMC, filtraggio e sicurezza elettrica.

L'attività di tutto il WP è stata strutturata in modo da procedere parallelamente con quella dei WP 2 e 3.

Inoltre, questo WP ha l'obiettivo di verificare che sia l'ASIU che la linea di produzione dell'ASIU rispettino i diversi standard EMC.

T4.1 - Analisi e studio del contesto normativo e tecnico di riferimento

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Partendo dalla configurazione del progetto, si è provveduto a perimetrare il contesto normativo applicabile a cui la ricerca e lo sviluppo del prototipo ha fatto riferimento.

Dalle direttive di riferimento della Comunità Europea applicabili al prodotto in questione e per ognuna di esse verranno individuate le normative tecniche da rispettare.

Deliverable: Relazione tecnica sulle direttive applicabili e sulle normative tecniche di riferimento.

T4.2 - Analisi dei requisiti dei diversi clienti e mercati

Task Manager: SKF

Obiettivo: sulla base delle direttive tecniche applicabili e dei requisiti derivanti dai diversi clienti e mercati, si è lavorato in collaborazione con WP2 ed in particolare con le attività del task 2.5 di progettazione dei componenti elettromagnetici e del task 2.6 di progettazione elettronica in modo che il prototipo di prodotto sia predisposto a soddisfare le normative.

T4.3 - Supporto e co-engineering

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Nel corso del progetto il team ha lavorato con delle review periodiche con i team del WP2 e del WP3 contribuendo al co-engineering con una specializzazione EMI/EMC, filtraggio, sicurezza elettrica. Il lavoro è stato svolto partendo da un'analisi documentale del progetto e della sua realizzazione, verranno analizzate le interfacce del dispositivo verso il mondo esterno (alimentazione, segnali, masse, ecc) nonché i singoli filtri delle interfacce ed il lay-out.

Deliverable: non sono previsti deliverable indipendenti, i risultati saranno contenuti nella documentazione dei WP2 e WP3.

T4.4 - Validazione prototipale

Task Manager: TESEO

Obiettivo: Con la maturazione del progetto di ricerca sono state effettuate delle validazioni di laboratorio, con test preliminari per individuare errori di progetto da correggere oppure barriere da irrobustire, per rendere il prototipo non solo conforme alle normative comunitarie, ma anche più sicuro e affidabile.

Deliverable: Definizione del piano delle prove a cui sottoporre il prototipo, Test report prove preliminari e relazione tecnica con eventuali indicazioni sulle modifiche di progettazione.

3.2.7 Tempi, costi e fase realizzativa T2.5, T2.6 e T2.7 WP2

Il monitoraggio delle tempistiche è stato realizzato, come da prassi, usando dei diagrammi Gantt: dove sono state impostate delle milestones di progetto con i relativi deliverable.

Ogni progetto deve possedere una sostenibilità economica che permette la realizzazione delle attività e il raggiungimento degli obiettivi. Questa sostenibilità economica è data dal Budget.

Il Budget è uno strumento con il quale si definiscono le entrate e le uscite relative al progetto, ovvero, è l'espressione, in termini monetari, delle sue attività. Per tale deve essere:

- Coerente con le attività previste (logica del “minimo mezzo e massimo risultato”)

- Dettagliato, normalmente gli allegati ai bandi hanno dei format per produrre un budget minuzioso come in questo caso.

Le spese devono essere rendicontabili: qualsiasi tipo di spesa che si prevede di sostenere, deve essere rendicontabile, ovvero documentabile.

Il primo punto nella formulazione del budget per ciascun partner è stata la definizione delle macro voci di costo:

- Spese Personale
- Altro (altri costi)
- Strumenti ed attrezzature (tools)
- Servizi di consulenza e servizi equivalenti
- Competenze tecniche, brevetti e licenze
- Materiale di consumo
- Spese di management

Dopodiché, ciascun Project Manager, con l'aiuto del proprio team interno ha stilato un budget per ogni voce di costo sopra elencata, basandosi sulle varie attività inerenti ai Work packages ed ai relativi task.

Il progetto oggetto di studio, ASIU, è costituito da 3 principali attività di lavoro (WBS2, WBS3, WBS4) e una di management (WBS1). Delle 3 lavorative si analizzerà sotto l'aspetto dei tempi e dei costi la WBS2 "Progettazione ASIU", più nel dettaglio i task di responsabilità dell'EFFEGI ELETTRONICA già descritti in precedenza ovvero:

- T2.5 - Progettazione Elettronica (SKF, EFFEGI ELETTRONICA)
- T2.6 - Progettazione PCB (SKF, CORONA, EFFEGI ELETTRONICA)
- T2.7 - Industrializzazione e produzione elettronica (EFFEGI ELETTRONICA)

Il progetto ASIU ha avuto una durata complessiva di 24 mesi. In particolare i tasks presi in esame del progetto hanno avuto il seguente GANTT:

- Task 2.5 da mese 5 anno 1 a mese 16 anno 2 compresi
- Task 2.6 da mese 6 anno 1 a mese 19 anno 2 compresi
- Task 2.7 da mese 7 anno 1 a mese 19 anno 2 compresi

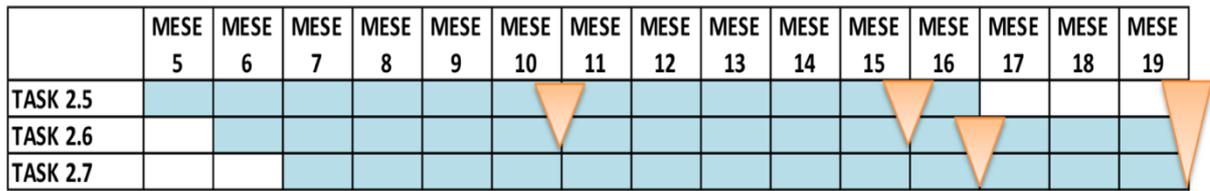


Figura 31. GANTT Tasks EFFEGI

MILESTIONES			DELIVERABLES
MT2.5.1	mese 10	redazione documentazione per sbroglio documentale	specifiche prodotto, schema elettrico
MT2.5.2	mese 15	sbrogliatura schema elettrico, redazione documentazione finale tecnica per assemblaggio elettronico e specifiche per test funzionale	file gerber, file layout PCBA per montaggio e test, specifiche test funzionale
MT2.5.3	mese 16	fine produzione circuito stampato	circuiti stampati
MT2.5.4	mese 19	fine assemblaggio circuito stampato, e consegna a SKF proto validato con collaudo funzionale	prototipi assemblati e testati

Figura 32. Milestones e deliverables Tasks EFFEGI

L'incidenza tecnica ed economica della WBS2 è notevole ed è ben visibile dal seguente grafico:

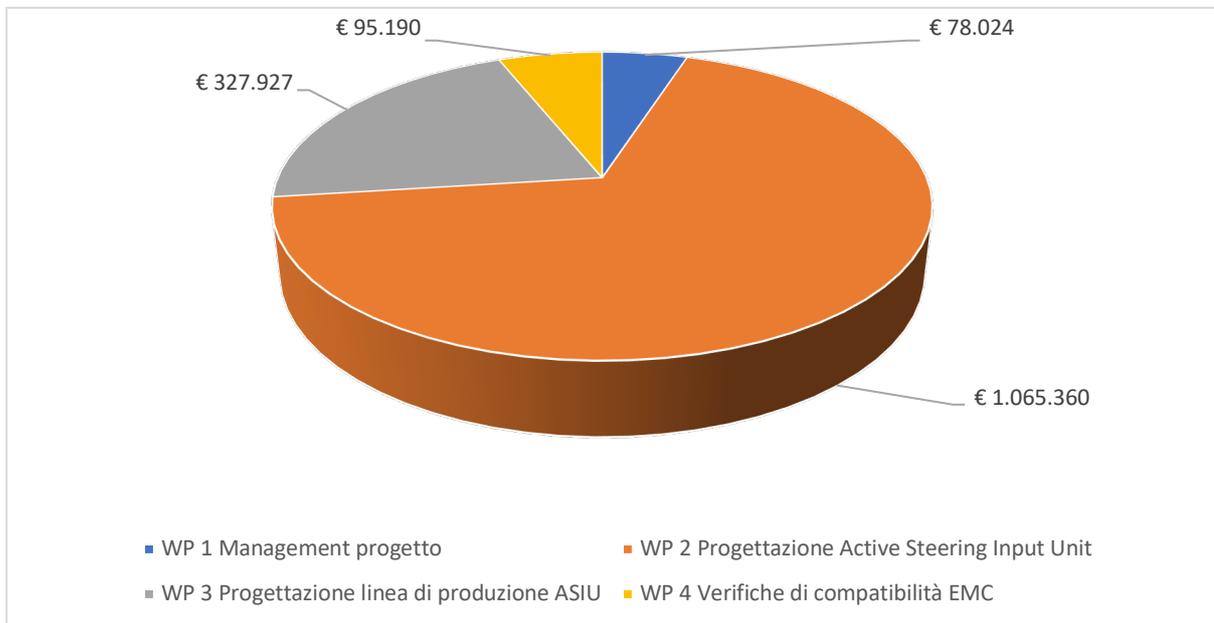


Figura 33. Ripartizione costi tra WP progetto ASIU

A sua volta, il costo complessivo del WP2 è ripartito nei suoi tasks nel seguente modo:

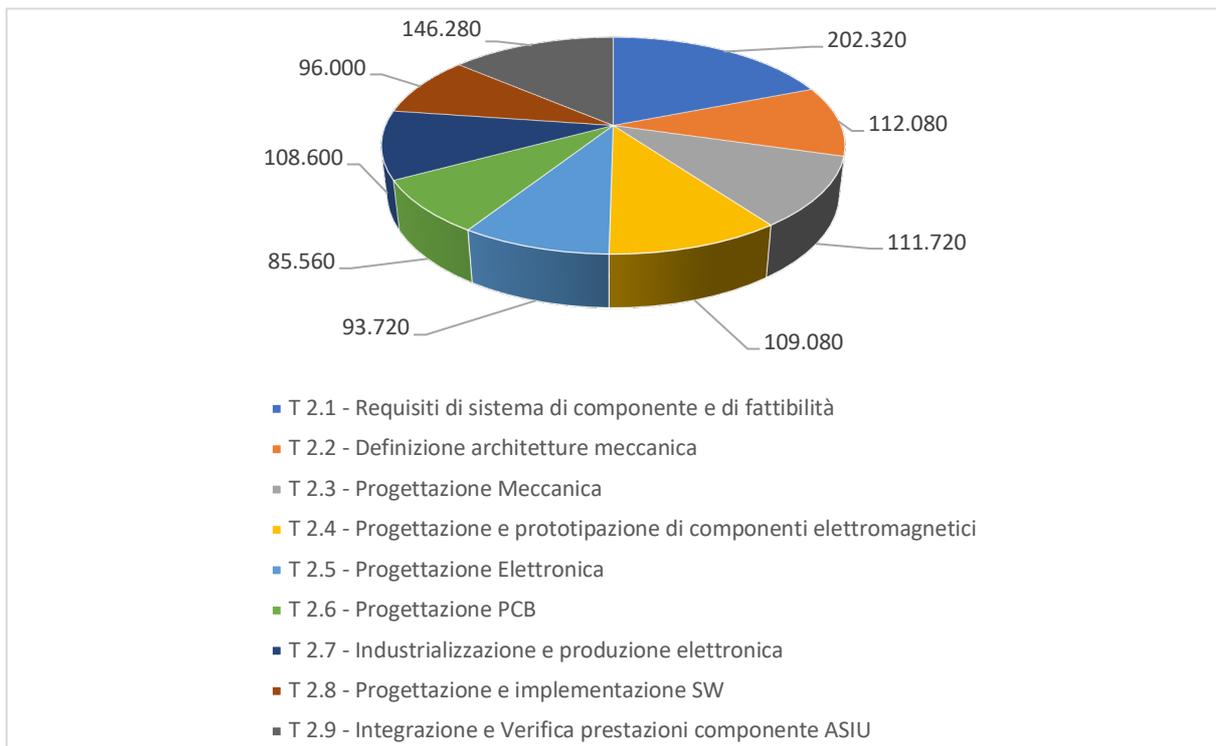


Figura 34. Ripartizione costi tra Tasks WP2 progetto ASIU

I primi 2 task oggetto di lavoro dell'EFFEGI ELETTRONICA sono stati principalmente di consulenza tecnica verso gli altri partner di WP.

Tali attività di consulenza per i task T 2.5 e T 2.6 hanno avuto un costo complessivo del personale di **19.875 €** e hanno investito quattro figure EFFEGI:

- 2 Responsabili progettazione ed industrializzazione (uno responsabile per la fase di assemblaggio componenti SMT, l'altro per la fase di assemblaggio dei componenti TH e test finali)
- 1 Technical Buyer (figura facente parte della funzione acquisti con nozioni tecniche sui componenti elettronici e informato della situazione del reperimento della componentistica)
- 1 Project Manager del Progetto

Il costo del personale di ogni partecipante al progetto è stato calcolato nel seguente modo:

$$C.PERSONALE X = ORE UOMO PRESTATE AL TASK * C.M.O.$$

Dove il C.M.O (Costo Medio Orario) deriva dal seguente calcolo mostrato nella tabella seguente:

PROGETTO ASIU EFFEGI ELETTRONICA NOME E COGNOME: XXXXXX XXXXXXXX MANSIONE PROGETTO: XXXXX			
ANNO X	RETR.LORDA (DA CEDOLINI) al netto di straordinari e diarie		
GEN	€ 3.000,00		
FEB	€ 3.000,00		
MAR	€ 3.000,00		
APR	€ 3.000,00		
MAG	€ 3.000,00		
GIU	€ 3.000,00		
LUG	€ 3.000,00		
AGO	€ 3.000,00		
SET	€ 3.000,00		
OTT	€ 3.000,00		
NOV	€ 3.000,00		
DIC	€ 3.000,00		
13 [^]	€ 3.000,00		
ALTRO	€ 3.000,00		
TOTALE (A)	€ 42.000,00		
PROSPETTO CONTRIBUTI ⁽¹⁾			
INPS	29,86%		
INAIL	0,40%		
ALTRO	0,00%		
TOTALE (C)	30,26%		
TOT.RETR. LORDA (A)	QUOTA ANNUALE TFR (B)	CONTRIBUTI CARICO DITTA (C)¹	TOT. LORDO A+B+C (D)
€ 42.000,00	€ 2.901,11	€ 12.709,20	€ 57.610,31
PROSPETTO ORE DA CCNL			
ORE TEORICHE	2080		
FERIE SPETTANTI	160		
R.O.L. (riduz.orario lav.)	72		
EX FESTIVITA'	40		
FESTIVITA' INFRASETTE (ricadenti in gg lavorativi)	88		
ORE ASSEMBLEE	10		
TOT. ORE NETTE (E)	1710		
NUMERATORE = TOT.LORDO (D) DENOMINATORE= TOT.ORE NETTE (E)			
D/E = COSTO MERDIO ORARIO € 33,69			

Figura 35. Esempio per calcolo C.M.O.

L'andamento delle ore dedicate a questi due tasks per queste quattro figure è stato il seguente:

EFFEGI ELETTRONICA
 ORE DI LAVORO DEDICATE A T 2.5 E T 2.6

Ruolo	MESE 5	MESE 6	MESE 7	MESE 8	MESE 9	MESE 10	MESE 11	MESE 12	MESE 13	MESE 14	MESE 15	MESE 16	MESE 17	MESE 18	MESE 19	TOT ORE	C.M.O.	TOTALE €
MANUFACTURING INDUSTRIALIZATION SMT MANAGER	8	-	-	8	8	16	16	24	24	16	16	8	8	8	8	168	€ 35	€ 5.956
MANUFACTURING INDUSTRIALIZATION MANAGER	8	-	-	8	8	8	16	24	24	16	16	8	8	8	8	160	€ 35	€ 5.560
TECHNICAL BUYER E LOGISTICA	8	-	-	-			8	8	16	-	-	-	-	-	-	40	€ 34	€ 1.352
TECHNICAL SALES - PROJECT MANAGER	8	8	8	8	8	24	24	24	24	24	16	8	8	8	8	208	€ 34	€ 7.008
TOTALE ORE	32	8	8	24	24	48	64	80	88	56	48	24	24	24	24	576		€ 19.875

Figura 36. Time sheet T2.5 e T2.6 WP2 Progetto ASIU

Più nel dettaglio per i T 2.5 e T 2.6 rispettivamente SKF e CORONA hanno richiesto il know how EFFEGI con l'obiettivo di progettare e di sbrogliare una pcba già pienamente industrializzata quindi che prevedeva:

- Sbrogliatura schema elettrico: operazione atta alla realizzazione del circuito stampato a partire da uno schema elettronico, cercando di contenere il più possibile gli ingombri del circuito finito, tramite un attento posizionamento dei diversi componenti e del passaggio delle diverse piste (anche sotto i vari componenti); generalmente si cerca d'avere un prodotto finito con una forma quadrata o rettangolare. L'attività si completa con la redazione dei file gerbers e del file layout PCBA per montaggio e test,
- inserimento di test point per ottimizzazione test parametrico in modo che gli aghi della macchina non “tocchino” i menischi di saldatura dei componenti rischiando di comprometterne la solidità della saldatura stessa.
- Ulteriore analisi Layout pcb in modo che le distanze dei componenti non siano critiche per l'assemblaggio e per i vari test.
- Uso di componenti rigorosamente automotive, standard AECQ, di facile reperimento, comunque non soggetti ad allocazioni e con un costo ragionevole.

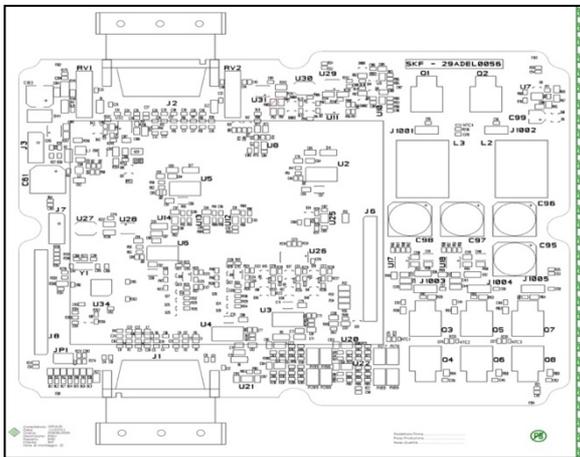


Figura 37. file layout PCBA per montaggio e test

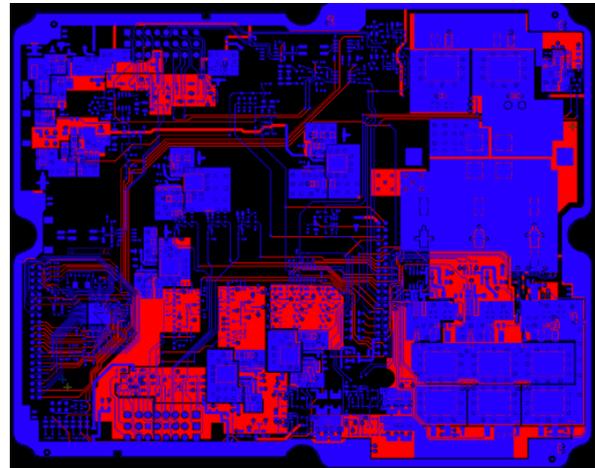


Figura 38. Files Gerber

Il task 2.7 è stato il task dove l'EFFEGI ELETTRONICA è stata più impegnata essendo “l'industrializzazione e produzione elettronica” il core business della società.

I costi dedicati al T2.7 sono stati i seguenti:

personale	€	73.664
materiale di consumo	€	9.586
tools HW e SW	€	25.530
TOTALE	€	108.600

Più nello specifico la voce di costo personale riguarda, sempre usando la stessa metodologia di calcolo illustrata precedentemente, la costificazione di tutte le ore impegnate dal team ASIU EFFEGI per l'assemblaggio e test dei prototipi.

EFFEGI ELETTRONICA
ORE DI LAVORO DEDICATE A T2.7

Ruolo	MESE 5	MESE 6	MESE 7	MESE 8	MESE 9	MESE 10	MESE 11	MESE 12	MESE 13	MESE 14	MESE 15	MESE 16	MESE 17	MESE 18	MESE 19	TOT ORE	C.M.O.	TOTALE €
TECNICO OPERATORE ASSEMBLAGGIO SMT			8	-	-	-	-	-	-	-	16	32	40	40	48	184	24	€ 4.416
MANUFACTURING INDUSTRIALIZATION SMT MANAGER			8	16	24	8	8	8	8	8	16	32	40	40	56	272	35	€ 9.520
MANUFACTURING INDUSTRIALIZATION MANAGER			8	16	24	8	8	8	8	16	16	32	40	40	56	280	35	€ 9.800
TECHNICAL BUYER E LOGISTICA			8	16	16	16	16	16	16	16	16	24	32	24	16	232	35	€ 8.120
TECNICO OPERATORE RIPARATORE TH			8									24	40	40	56	168	24	€ 4.032
QUALITY MANAGER			8	32	32	32	8	8	8	8	16	32	40	40	56	320	25	€ 8.000
TECHNICAL SALES - PROJECT MANAGER			16	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	56	440	34	€ 14.960
TECNICO SW ISPEZIONI AUTOMATICHE			8	8	8	8	8	8	8	8	24	32	40	40	56	256	27	€ 6.912
TECNICO SW PARAMETRICO E FINALE			8	8	8	24	16	16	16	16	24	32	40	40	56	304	26	€ 7.904
TOTALE ORE	-	-	80	128	144	128	96	96	96	104	160	272	352	344	456	2.456		€ 73.664

Figura 39. Time sheet T2.7 WP2 Progetto ASIU

La seconda voce di costo che compone i costi totali per il task 2.7 è il “materiale di consumo” in particolare quindi tutta la componentistica elettronica che compone la Bill of Material della PCBA.

La costificazione della BOM è di circa 470 €/pcba * 20 prototipi assemblati = 9.000 €.

I restanti 586 € riguardano componentistica usata per l'ottimizzazione delle macchine di assemblaggio smt andata quindi “sprecata” e da intendersi come scarto fisiologico al processo. Ovviamente questo è il costo prototipale, per volumi di produzione il costo sarebbe notevolmente minore. Inoltre, nonostante l'attività di ricerca per inserire componentistica non critica non ha sempre portato i suoi frutti. Questo discorso riguarda soprattutto per la componentistica “attiva” cioè quando la relazione corrente-tensione all'interno del componente non è lineare. Infatti il lead time medio di tale componentistica è di 40-44 WKS. Si è stati dunque costretti, per rispettare le tempistiche, ad utilizzare broker di elettronica aumentando così i costi inerenti alla voce “materiale di consumo”.

L'ultima voce di costo che compongono questo task sono i "TOOLS" ovvero tutte quelle attrezzature dedicate fondamentali per l'assemblaggio e test del prototipo della PcbA ASIU.

Nel dettaglio i tools progettati e creati da fornitori specialisti sono i seguenti:

TOOLS progetto ASIU	Unità	€/Acq unitario	Acq totale
Telaio serigrafico Top per assemblaggio smt	1	€ 900	€ 900
Telaio serigrafico Bot per assemblaggio smt	1	€ 900	€ 900
pallet per centratura analisi X-RAY	1	€ 500	€ 500
pallet depaneling router	2	€ 1.500	€ 3.000
Pallet di saldatura selettiva	2	€ 3.600	€ 7.200
Contrasto per sleettiva	2	€ 750	€ 1.500
Licenza per programmazione custom microprocessore	1	€ 2.400	€ 2.400
fixture per per programmazione EOL	1	€ 9.130	€ 9.130
Totale			€ 25.530

Figura 40. Tools Task2.7 WP2 Progetto ASIU

Il processo di assemblaggio delle pcba che compongono il modulo elettrico è stato studiato e realizzato nel seguente modo:

- Marcatura Data Matrix del pcb per rintracciabilità ed associazione prototipi/componenti
- Posizionamento automatico della pasta saldante
- Ispezione 3D della pasta salda
- Posizionamento automatico componentistica SMT
- Reflow
- Controllo visivo AOI
- Assemblaggio manuale della componentistica THT
- Saldatura selettiva
- Controllo visivo ed eventuali Re-work
- X-RAY
- Test ICT flying probe
- Assemblaggio meccanico delle pcba che compongono il modulo elettronico
- Programmazione e Test funzionale

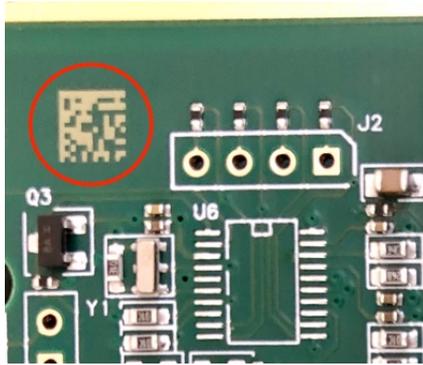


Figura 41. Datamatrix per tracciabilità

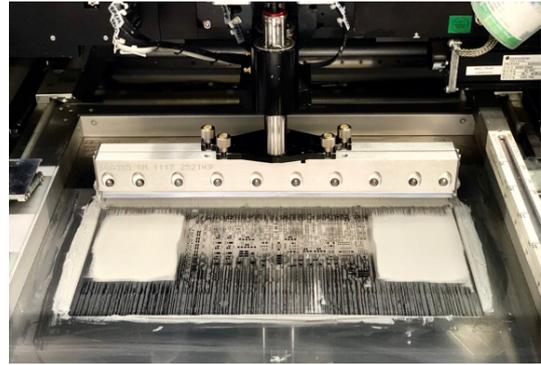


Figura 42. Dispensazione pasta saldante con telaio serigrafico SMT

Il processo di marcatura attraverso DATA MATRIX permette la veloce, economica ed a prova di errore, acquisizione del dato identificativo in ogni punto della lavorazione e durante tutto il ciclo di vita del prodotto. In questo modo si avranno informazioni dettagliate di tutto il processo produttivo tra le quali: codice del progetto, numero progressivo del pcb nel lotto di produzione, data di inizio del processo. Inoltre sarà possibile evitare il salto fase in quanto a ogni step del processo viene richiesta la lettura del Data Matrix.

La macchina serigrafica utilizzata per la stesura della pasta saldante (un composto di argento, stagno e flussante) disporrà sul PCB uno spessore di 0,3 mm attraverso un telaio serigrafico, una maschera d'acciaio con dei fori corrispondenti alle piazzole di rame presenti sul PCB.

La macchina serigrafica è in precedenza programmata da un operatore specializzato, tenendo conto delle caratteristiche del PCB e del tipo di processo.

Verrà utilizzata crema saldante per montaggio componenti SMD lead free, al fine di rispettare la normativa comunitaria RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive).

Il controllo 3D sulla crema saldante, verifica la corretta stesura evidenziando, eventuali anomalie prim del montaggio dei componenti SMD e permetterà eventuali correzioni a livello Hardware e Software.

Vengono stabilite, seguendo le norme automotive, delle tolleranze al decimo di millimetro sul volume di pasta salda disposta sulle varie pad del circuito stampato. la logica è la seguente:

- Troppa pasta salda → rischio di eventuali corto circuito tra le pad
- Poca pasta salda → saldatura non resistente a sollecitazioni esterne

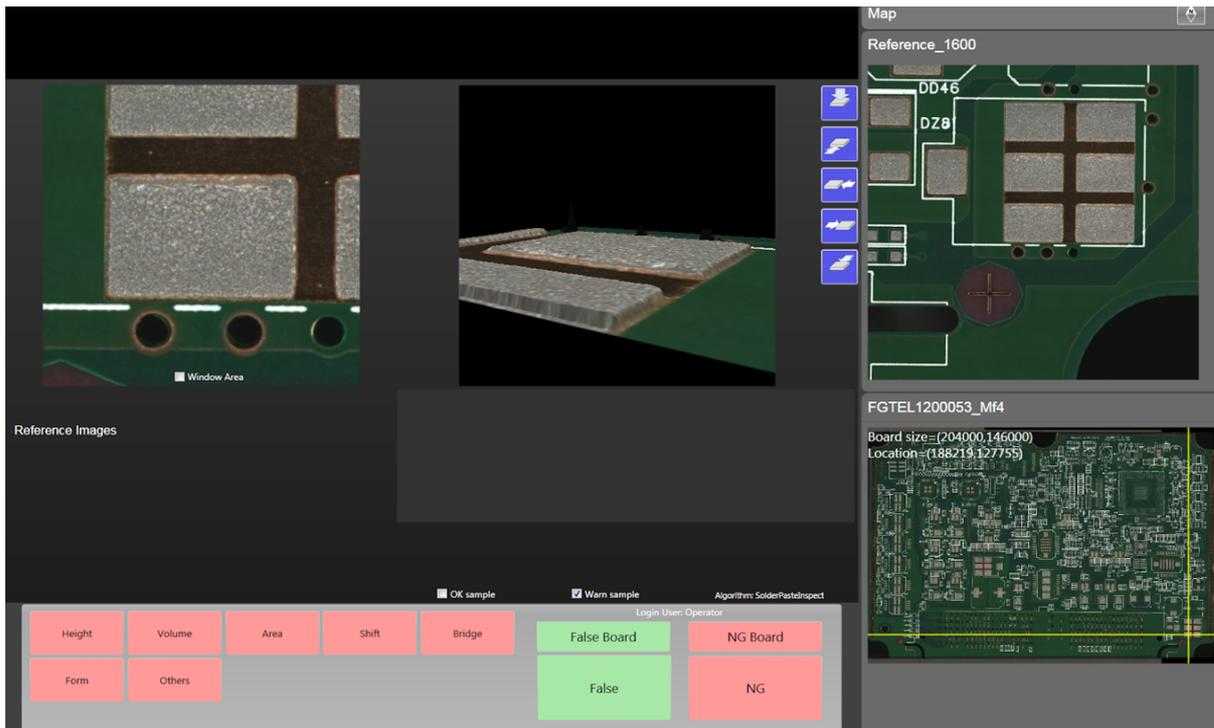


Figura 43. Schermata controllo 3D dispensazione pasta salda su pcb

Macchine SMT pick and place posizionano sul PCB i componenti prelevandoli dai caricatori tramite cannule aspiranti e li posizionano sui pad attraverso l'utilizzo di microcamere.

Il Programma di montaggio della macchina è precedentemente creato prendendo in considerazione le coordinate di ciascun componente e la loro polarità partendo da un'origine (fiducial) presente sul PCB.

Il processo di rifusione permette la saldatura del componente SMT sul PCB. È effettuato attraverso il passaggio in appositi forni. La fattibilità del processo di saldatura a rifusione deve tenere in considerazione le temperature necessarie per garantire un'ottima saldatura del componente smd sul PCB, ma allo stesso tempo, che tali temperature rimangano al di sotto di determinati range, al fine di evitare qualsiasi tipo di stress termico su circuito stampato e componenti.

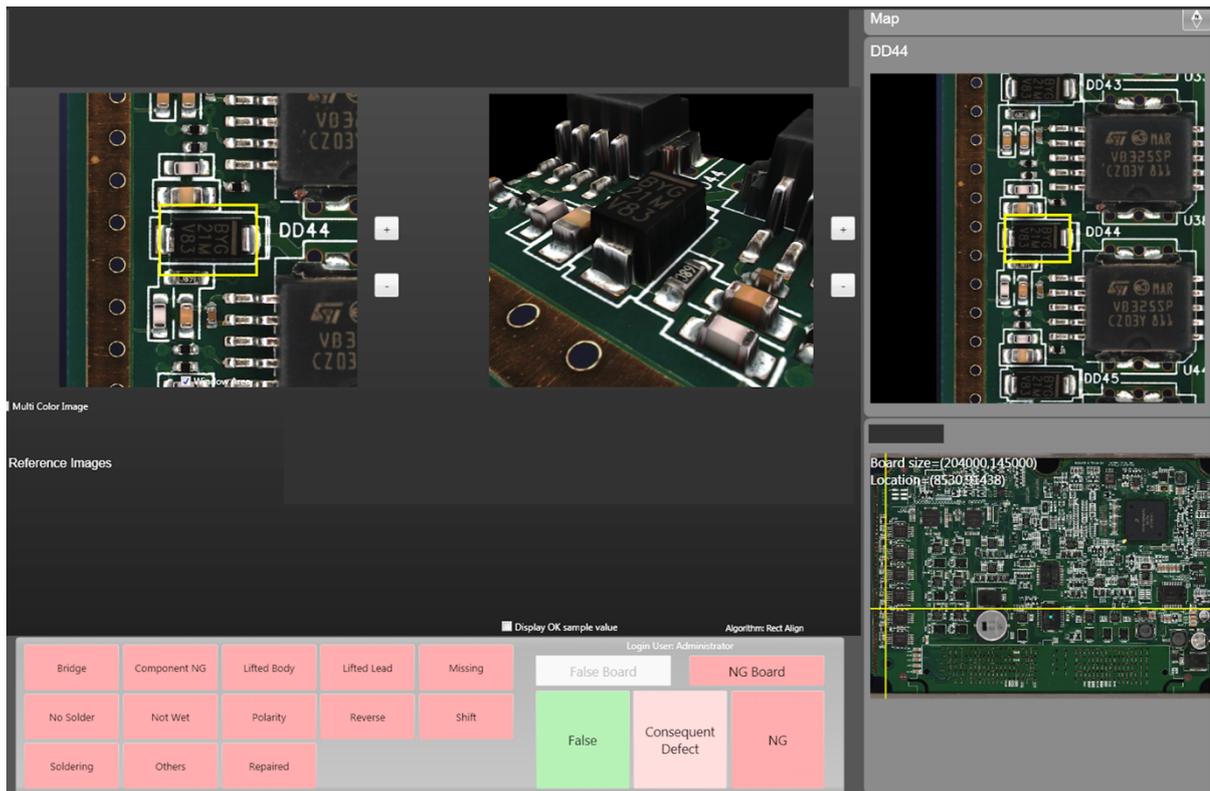


Figura 44. Schermata Ispezione Ottica Automatica 3D componentistica SMT

Con l'utilizzo di una macchina d'ispezione ottica automatica AOI (Automatic Optical Inspection) Post Reflow viene ricostruita un'immagine 3D di tutte le tipologie di componenti, potendo così controllare la qualità dei giunti di saldatura, la polarità dei componenti e la presenza di eventuali corto circuiti.

La componentistica PTH viene montata sulla centralina e saldata attraverso una saldatrice selettiva. Nel dettaglio la saldatrice selettiva è composta da tre zone: di flussaggio, di preriscaldamento e di saldatura. Nel primo step del processo viene dispensato del flussante. Il ruolo dei flussanti nella saldatura è quello di ridurre strati sottili di ossido sul PCB o il componente, diminuire la tensione superficiale della lega saldante, per migliorare il flusso capillare e ottimizzare la geometria del giunto.

Nella seconda fase la scheda elettronica viene preriscaldata, attraverso raggi infrarossi. Questo preriscaldamento è necessario, in quanto serve per attivare il flussante, eliminare i solventi utilizzati nel flussante ed evitare shock termici.

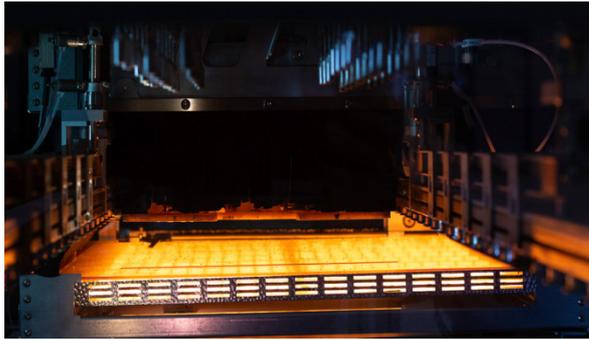


Figura 45. Zona di preriscaldamento selettiva con lampade infrarossi

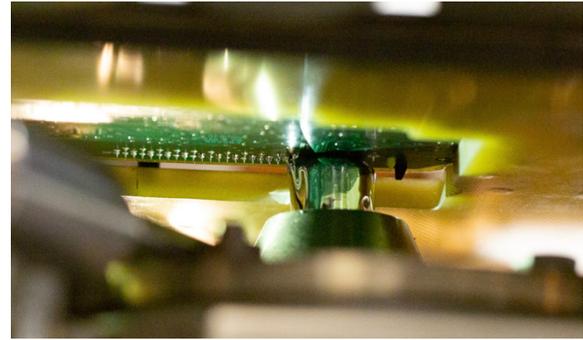


Figura 46. Zona saldatura selettiva

Il processo di saldatura è ottimizzato dall'utilizzo di azoto, al fine di garantire saldature pulite e per contrastare l'ossidazione dei pin.

Un'ulteriore ispezione visiva effettuata da personale altamente qualificato con il supporto di adeguate attrezzature verificherà l'assenza o meno di problematiche inerenti al processo di saldatura ed effettuerà eventuali re-work laddove non comprometterà il funzionamento della control unit.

L'ispezione X-RAY è una tecnica ampiamente utilizzata per eseguire un'ispezione o un Controllo Qualità che non può essere raggiunto con altre tecnologie. Con l'ispezione X-RAY, è possibile individuare in primis cortocircuiti, pin non saldati e parti di componentistica danneggiata, indipendentemente che i componenti sotto esame abbiano i pin o le loro saldature nascoste, infatti tale verifica può essere effettuata su tutti i tipi di componenti.

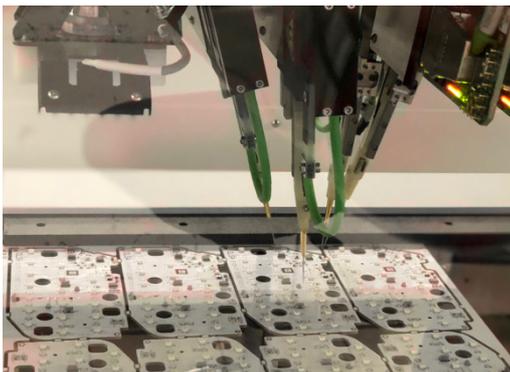


Figura 47. Test In circuit parametrico flying probe



Figura 48. Banco Programmazione e collaudo funzionale

Il test parametrico (In Circuit Test) è in grado di minimizzare i costi di riparazione e di eliminare banali difettosità non intercettabili al test funzionale. Viene impiegato per intercettare gli errori nati durante la produzione, come componenti mancanti o di valore errato, circuiti in corto o aperti, polarità invertite e così via. Vengono verificate le funzionalità delle singole componenti.

a bordo scheda reinterpretata attraverso un apposito programma sw di analisi del circuito, volto ad ottimizzarne i risultati ed a garantire un controllo fine sui componenti. Tale test viene eseguito con macchinario Flying Probe che permette di processare rapidamente anche più schede in parallelo, così da realizzare screening efficaci ed a prezzi davvero competitivi anche su piccole serie di produzioni o campionature, in quanto non viene previsto un costo d'investimento di un fixture per collaudo parametrico non giustificabile in questa prima fase prototipale.

Tramite una fixture, viene poi programmato, inserendo l'applicativo, il microprocessore.

È necessaria tuttavia l'acquisto di una licenza che permetta la programmazione. Infine si procede con il collaudo funzionale che simula l'utilizzo reale delle ECU e verifica che i segnali in uscita rispettino gli standard imposti dalle specifiche di progetto.

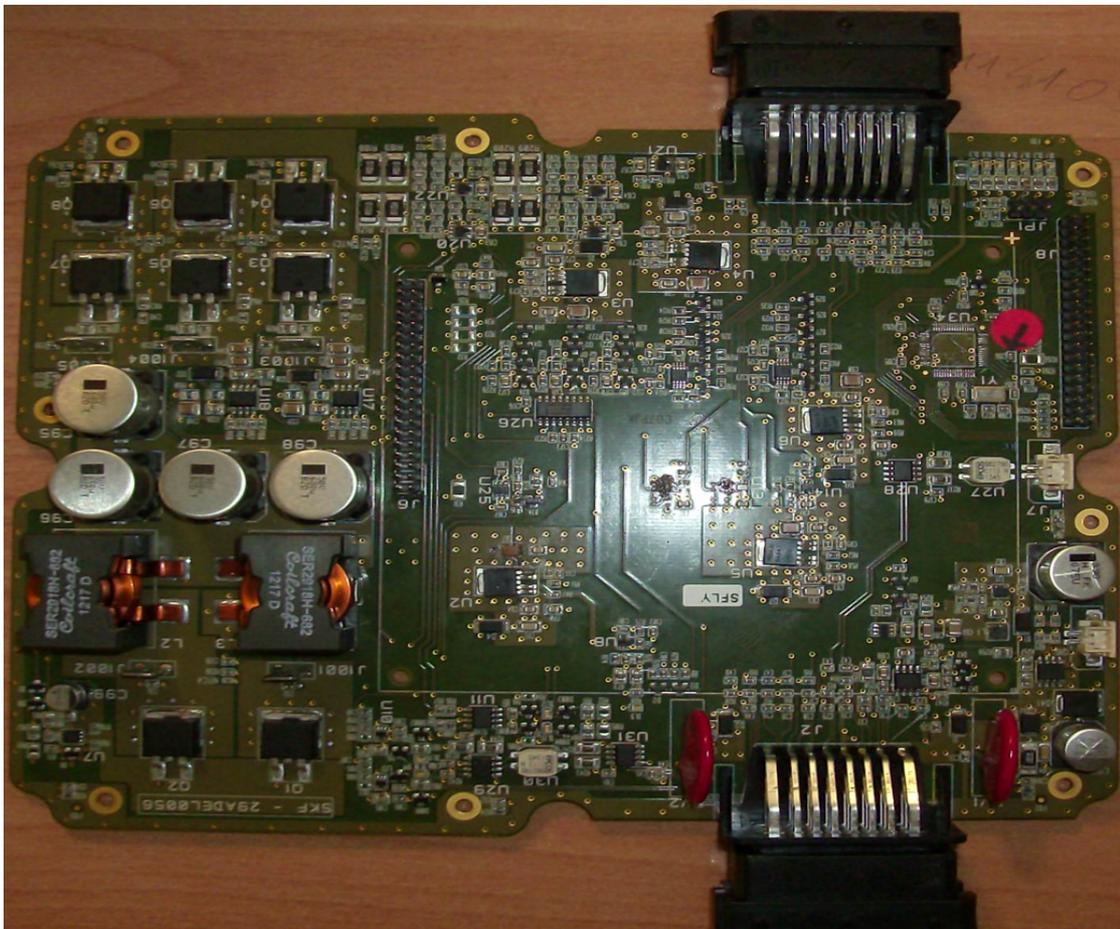


Figura 49. Prototipo elettronica progetto ASIU

3.2.8 *Esito prototipazioni, problematiche di processo riscontrate e azioni correttive*

L'assemblaggio delle prototipazioni ha avuto un esito più che soddisfacente. Dopo infatti alcune rilavorazioni manuali le pcba hanno passato tutti i test funzionali e le prime prove di accettazione.

Inoltre, e questo è il principale obiettivo delle prototipazioni, ha portato alla luce le seguenti problematiche inerenti al processo di assemblaggio, in modo poterle avere opportunamente affrontate e risolte prima dell'eventuale start of production della PCBA.

Effetto sollevamento "tombstoning"

È definito come il sollevamento di un'estremità di un componente privo dalla pasta saldante. Questo fenomeno è il risultato di uno squilibrio delle forze di bagnatura (la capacità di un liquido di fluire su una superficie anziché aderire a essa) durante la saldatura per rifusione.

Poiché il flusso e la lega di saldatura si liquefanno essi bagnano su ciascun lato di un componente, applicano piccole quantità di coppia attraverso la tensione superficiale. La coppia applicata dalla tensione superficiale del flusso e della saldatura del liquido è tradizionalmente un vantaggio marginale quando i componenti leggermente fuori posto vengono tirati al centro. Tuttavia, quando vi è uno squilibrio sufficiente nella coppia, rispetto alla massa del componente, il componente viene inclinato verticalmente (distaccato).

La soluzione a questa problematica è stata trovata inserendo nel processo di reflow dei componenti smt il forno ad azoto e sono state inoltre ottimizzate le pad dei componenti.

L'atmosfera N₂ aiuta a ridurre o a eliminare i difetti dovuti a problemi di bagnabilità, mantenendo in equilibrio la coppia tra le due pad.

Inoltre ottimizzando le dimensioni delle piazzole le forze in gioco contrapposte tra una pad e l'altra si equivalgono e si annullano.

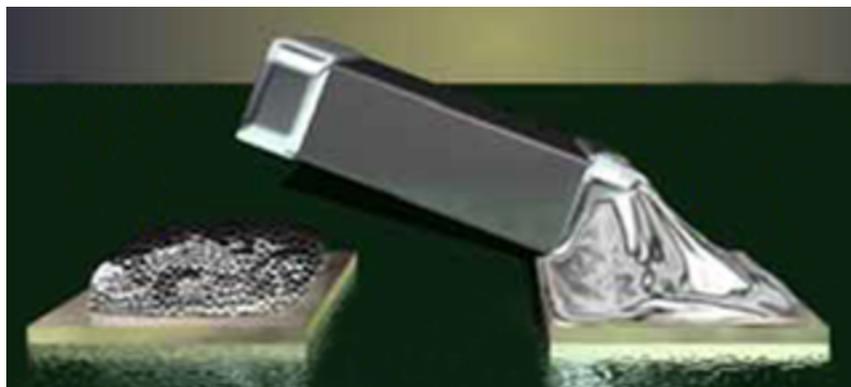


Figura 50. Esempio di effetto sollevamento "tombstoning"

Caduta condensatori elettrolitici

Un'altra problematica scaturita dalla disposizione di componenti su entrambi i lati della pcba è stata la caduta durante il secondo passaggio nel forno smt dei componenti montati sul primo lato (top) in quanto riscaldando la pasta saldante la saldatura viene meno e i componenti con peso maggiore cadono.

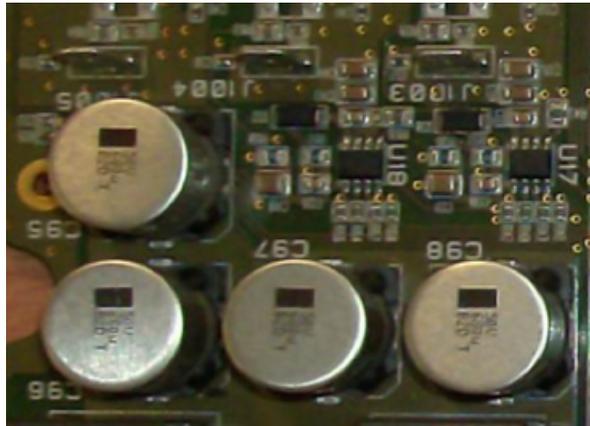


Figura 51. Condensatori elettrolitici

Questa problematica è stata risolta con l'investimento di un glue feeder.

La macchina di assemblaggio smt preleva da questo magazzino un punto di colla come se fosse un componente smt normale. Dopodiché viene prelevato il condensatore elettrolitico e disposto sul punto colla precedentemente disposto nel centro di posizionamento del componente.



Figura 52. Condensatori elettrolitici

Problemi legati a umidità, sporcizia, shock termici

Si è valutato preventivamente di inserire nel processo di assemblaggio e test elettronico il conformal coating per evitare problemi legati a umidità, sporcizia, shock termici e vibrazioni presenti nell'ambiente di applicazione (tra vano motore e la parte di trazione del veicolo). Migliorando inoltre l'isolamento elettrico, il coating previene la crescita di dendriti e la formazione di ossidi sulle PCBA. La crescita di dendriti può portare alla formazione di corti che ovviamente potrebbero pregiudicare il corretto funzionamento della scheda elettrica, così come l'innesco di processi corrosivi. Infine assume funzione di protezione meccanica nei confronti di shock termici e vibrazioni. Il processo consiste nel rivestire il PCB assemblato con un film di resina che, sottoposta a un'appropriata temperatura, cristallizza e forma un corpo unico con il substrato e i componenti saldati, isolandoli completamente dal mondo esterno.

Il processo di polimerizzazione usato in EFFEGI ELETTRONICA è chiamato "Ultraviolet Photocuring": sfrutta delle lampade a raggi ultravioletti per far asciugare il coating. Permette un'asciugatura veloce e con nessuna emissione di gas, potenzialmente fastidiosi per gli operatori.



Figura 53. Verifica dispensazione del conformal coating attraverso lampada UV

3.3 Ricadute, impatti attesi e diffusione/applicabilità dei risultati

L'unità Drive By Wire (DBW) è centro di competenza all'interno di SKF per le applicazioni meccatroniche a livello veicolistico. La business unit DBW di SKF è collocata ad Airasca (TO) e attualmente produce due unità meccatroniche per il settore industriale:

unità elettronica di input di sterzo passiva (ESIU) freno di stazionamento elettronico (EPB) le cui componenti elettroniche sono assemblate e testate dall'EFFEGI ELETTRONICA.

L'ESIU è in produzione dal 2005 ed è oggi usata da diverse migliaia di veicoli ma il mercato potenziale supera le centinaia di migliaia di veicoli/anno. L'EPB è in produzione dal 2008 ed equipaggia ad oggi più di 10.000 trattori. È difficile dire oggi quale potrebbe essere il mercato potenziale dell'unità ASIU ma se si prende come riferimento il mercato dei trattori di grossa taglia con velocità che potrebbe arrivare a 60 km/h si parla comunque di decine di migliaia di pezzi all'anno.

La compagine di progetto è stata identificata con il duplice scopo di avere all'interno tutte le competenze critiche ai fini del prodotto/processo e di permettere ad aziende piemontesi di sviluppare prodotti e tecnologie allo stato dell'arte. Nel caso in cui, come prevedibile, il prodotto dovesse essere richiesto dal mercato vi sarebbero ricadute sul tessuto produttivo e sull'occupazione. Non si può escludere infatti, in un prossimo futuro, di assistere a qualcosa di analogo a quanto visto negli ultimi 10 anni nel settore Automotive per l'EPS (Electric Power Steering).

L'introduzione sul mercato di sistemi ad alta tecnologia ed innovazione potrà comportare una positiva ricaduta in termini occupazionali di manodopera ad alta specializzazione che contribuirà a rafforzare l'immagine ed il contributo dell'industria italiana nei sistemi a più elevato valore aggiunto.

Le ricadute occupazionali sarebbero interessanti per il territorio piemontese sia in termini quantitativi (diverse unità tra i diversi partner) sia soprattutto in termini qualitativi per la tipologia di prodotto / processo in oggetto.

A partire dalla fase di industrializzazione la produzione dell'ASIU vedrà coinvolti Effegi ed Electro-Parts per i loro rispettivi prodotti: assemblaggio e test dell'elettronica e motore.

TESEO e Bylogix sarebbero coinvolte in modo significativo durante la fase di industrializzazione dell'ASIU e della relativa linea di produzione. Anche per il Politecnico di Torino potrebbero esserci ricadute positive in conseguenza sia della partecipazione al progetto sia per il fatto stesso della disponibilità di una nuova tecnologia.

4 Conclusione

L'obiettivo del progetto è stato la progettazione integrata prodotto / processo e nella progettazione modulare del prodotto adatto a molteplici applicazioni. Le maggiori difficoltà che sono emerse una volta sviluppato il progetto e i primi prototipi, sono relative alla possibilità di avere un solo componente in grado di soddisfare le esigenze di tutti i settori. Infatti sono emersi set di requisiti non conciliabili tra tutti i settori possibili di vendita. Si rende quindi necessario uno studio dettagliato da parte del team commerciale su quale settore privilegiare. In seguito si realizzeranno più varianti di prototipi con riferimento ai diversi set coerenti di requisiti.

Le maggiori incertezze, oggi, sono relative alle norme omologative in via di approvazione e alle tempistiche di ricezione con cui il mercato si svilupperà.

Tuttavia, il progetto ha portato allo sviluppo di un prodotto (e al suo relativo processo) solido e presentabile ai principali costruttori di macchine movimento terra e trattori.

L'attività anche se al momento non ha portato un nuovo business all'interno della realtà dove ho svolto lo stage, non ha comunque rappresentato un solo costo in quanto finanziata al 50% da Regione Piemonte, Repubblica Italiana Unione Europea in quanto è rientrata nel format "progetto di ricerca industriale e di sviluppo sperimentale".

Personalmente ho trovato questa esperienza fondamentale per la mia crescita lavorativa.

Infatti, grazie a questo progetto ho avuto la possibilità di approfondire le mie conoscenze inerenti al mondo del Project Management, imparando ad usare in modo efficace ed efficiente i suoi strumenti, così da poterli usare nel lavoro di tutti i giorni in attività non solo legate al project management.

Ringraziamenti

È difficile scrivere questa pagina, perché pur avendone già 100 alle spalle, stavolta non c'è una bibliografia a cui fare riferimento, né un'idea da portare avanti ben definita.

Vorrei quindi dedicare in generale questa tesi a tutte le persone che ho conosciuto nella mia carriera universitaria, comprese quelle che mi hanno voltato le spalle, o con cui non sono più in contatto, perché anche grazie ad esse sono arrivato alla fine di questa tesi. Tuttavia un ringraziamento generico non è sufficiente, perché alcune di quelle persone per me sono state (e sono) fondamentali.

Ringrazio per primo il Professor Schenone Maurizio, perché mi ha permesso di sviluppare questa tesi, sunto del mio percorso universitario e più nello specifico del mio stage, con ampia libertà e permettendomi di impostarla nel modo che preferivo. Non posso poi non ringraziare tutto il team del progetto ASIU, per avermi fatto sentire subito a mio agio nonostante neofita nel mondo del Project Management. Un ulteriore ringraziamento va poi a tutta l'EFFEGI ELETTRONICA per la possibilità datami nel gestire task in un progetto così importante.

Un ringraziamento va poi agli amici che sono la base della vita di tutti i giorni, quelli che si fanno in quattro per te, che ti conoscono e sanno prenderti, che ti accompagnano giorno dopo giorno e supportano nei momenti di difficoltà.

Dopo i ringraziamenti "istituzionali" ma non per questo meno veri, un grazie di cuore va a coloro che più mi hanno supportato, sopportato e sponsorizzato in questi anni, non senza sacrifici, permettendomi di focalizzarmi sullo studio. Per rendere ancora più importanti e sinceri i miei ringraziamenti nei loro confronti ho deciso quindi che loro saranno le ultime parole della mia tesi; la mia famiglia: Piercarlo, Marita, Federica e Lorenzo.

Bibliografia

- <http://www.humanwareonline.com>
- <http://www.pmconsult.it>
- <http://www.qualitiamo.co>
- Guida al Project Management Body of Knowledge, Project management Institute
- S.Protto “ Concetti e strumenti di Project Management”
- James J. Licari, 2003, “Coating materials for electronic applications”, ed. Noyes Publications, William Andrew Publishing
- Milton Ohring, 1998, “Reliability and failure of electronic materials and device”, ed. Academic Press
- Documentazione interna EFFEGI ELETTRONICA