



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Innovazione del Prodotto

**Analisi e sviluppo di un sistema di misurazione delle performance nella
supply chain per la gestione del processo di sviluppo di nuovi prodotti**

**Analysis and development of a supply chain performance measurement
system for managing the new product development process**

Relatore:
Chiar.mo Prof. Faccio Maurizio

Laureando:
Marco Moratello

Correlatore:
Maretto Leonardo

A.A. 2023 / 2024

*Ognuno di noi affronta momenti difficili nella vita,
ma poi tutto dipende da quello che hai nel cuore.*
(Michael Phelps)

Sommario

Questa tesi si propone di esaminare e sviluppare un sistema di gestione delle performance all'interno della Supply Chain, con un focus specifico sullo sviluppo di nuovi prodotti.

Nel primo capitolo viene presentata un'analisi dettagliata dell'ambito di lavoro, esaminando la Supply Chain, lo sviluppo prodotto e la relazione che intercorre tra i due. Inoltre, vengono introdotte le teorie decisionali multicriterio utilizzate per la costruzione di un sistema di gestione delle performance efficace.

Il secondo capitolo offre una descrizione approfondita dell'azienda oggetto di studio, includendo un'analisi della funzione NPSC (New Product Supply Chain), nonché degli obiettivi stabiliti da essa. Vengono inoltre esaminati i processi e le strategie implementate per il raggiungimento di tali obiettivi.

Nel terzo capitolo, vengono presentati metodi utilizzati per la creazione di strumenti utili a monitorare le performance della Supply Chain nell'ambito dello sviluppo prodotto, tra cui la teoria AHP (Analytic Hierarchy Process), la teoria delle S-curves e la metodologia per la creazione e la validazione del sistema di misurazione delle performance. Viene infine condotta un'analisi di sensitività del modello.

Nel quarto capitolo vengono riportati i risultati ottenuti dall'applicazione dei modelli e quelli relativi all'analisi di sensitività.

Infine, nel quinto capitolo, vengono presentate le conclusioni emerse dalla ricerca e vengono delineati possibili sviluppi evidenziando le implicazioni pratiche e teoriche dei risultati ottenuti.

Questa tesi ha delineato un quadro dettagliato per lo sviluppo di un sistema di gestione delle performance all'interno della Supply Chain, con un focus specifico sullo sviluppo di nuovi prodotti. I risultati ottenuti offrono prospettive pratiche e teoriche significative per il miglioramento dell'efficienza e della competitività aziendale.

Abstract

Questo studio si concentra sulla costruzione di un sistema di misurazione delle performance nella supply chain per quanto riguarda lo sviluppo di nuovi prodotti. L'obiettivo principale è quello di sviluppare un sistema di gestione delle performance che analizzi l'importanza di indicatori specifici per l'ambito in questione, come la complessità dei progetti in corso di sviluppo, le performance espresse dagli stessi progetti ed infine una valutazione delle performance per i fornitori nell'ambito dello sviluppo prodotto, tutto ciò verrà eseguito utilizzando metodi decisionali multicriterio.

Nel contesto dell'industria moderna, il processo di sviluppo di nuovi prodotti è diventato sempre più complesso e competitivo. È quindi essenziale per le aziende avere un sistema di misurazione delle performance che consenta loro di valutare l'efficacia e l'efficienza del proprio processo. In questo studio, sono stati analizzati i principali indicatori nello sviluppo di nuovi prodotti, tra cui la complessità dei progetti che devono essere gestiti, le performance attuate in tali progetti e un metodo per valutare i fornitori nell'ambito dello sviluppo prodotto.

Per raggiungere questo obiettivo sono stati mappati i processi della funzione per identificare le diverse fasi coinvolte nello sviluppo di nuovi prodotti e sono stati creati strumenti adeguati a monitorare gli indicatori di performance correlati. Utilizzando metodi decisionali multicriterio si è quindi valutata l'importanza di questi indicatori che sono stati poi integrati in un sistema di gestione delle performance.

I risultati ottenuti attraverso questo sistema di misurazione delle performance consentono di valutare e migliorare l'efficienza nello sviluppo di nuovi prodotti; inoltre, il sistema offre una prospettiva chiara sullo stato di ogni progetto, consentendo una gestione più efficace e la definizione di priorità nelle attività della supply chain.

In questa tesi si è utilizzata la metodologia decisionale multicriterio AHP e la metodologia delle S-curves con dati oggettivi e in seguito è stata eseguita un'analisi di sensitività che dimostra quanto il sistema sia robusto.

Indice

Sommario	vi
Abstract	vii
Indice	viii
Introduzione	1
Capitolo 1	
Revisione della letteratura	5
1.1 Supply Chain e Supply Chain Management	5
1.1.1 Introduzione	5
1.1.2 Definizioni	7
1.1.3 Motivazioni del Supply Chain Management	10
1.1.4 Componenti del Supply Chain Management	14
1.1.5 Attività nel Supply Chain Management.....	16
1.2 Sviluppo prodotto.....	21
1.2.1 Introduzione allo sviluppo prodotto.....	21
1.2.2 Il modello Stage & Gate	24
1.3 La Supply Chain nell'ambito dello sviluppo prodotto.....	33
1.3.1 Introduzione	33
1.3.2 Integrazione del Design for Supply Chain nel Concurrent Engineering	34
1.3.3 Relazione tra Supply Chain e sviluppo prodotto	35
1.3.4 Supply Chain, Sviluppo prodotto e complessità dei progetti.....	38
1.4 Metodi decisionali multicriterio.....	43
1.4.1 Il processo decisionale	43
1.4.2 L'Analitic Hierarchy Process.....	44
1.4.3 Le S-Curves	48
1.4.4 Utilizzo di metodi decisionali multicriterio all'interno della Supply Chain.....	49

Capitolo 2

Caso Studio: Sit S.p.a.....	51
2.1 Informazioni sull'azienda	51
2.1.1 Storia.....	51
2.1.2 Mission e Vision	53
2.1.3 I valori aziendali	53
2.1.4 Il business e i prodotti	55
2.2 New Product Supply Chain.....	57
2.2.1 La funzione	57
2.2.2 Stato As Is della funzione	60
2.2.3 Stato To Be della funzione.....	62
2.2.4 Azioni intraprese	63

Capitolo 3

Materiali e Metodi.....	69
3.1 Identificazione delle performance da monitorare	69
3.2 Applicazione della Metodologia Decisionale Multicriterio.....	70
3.3 Utilizzo delle S-Curves per la normalizzazione delle valutazioni	87
3.4 Calcolo del risultato finale	95
3.5 Validazione del modello mediante analisi di sensitività.....	97

Capitolo 4

Discussione risultati	99
4.1 Valutazione dei progetti conclusi.....	99
4.2 Valutazione dei progetti in corso	104
4.3 Valutazione fornitori per i nuovi progetti	110
4.4 Risultati analisi di sensitività	113
4.4.1 Modello sulla complessità dei progetti	113
4.4.2 Modello sulle performance dei progetti	118

4.4.3 Modello sulle performance dei fornitori	122
Capitolo 5	
Conclusioni e sviluppi futuri.....	127
Appendice	
A- Flowchart	131
B – Template per estrazione pesi e verifica consistenza AHP.....	135
C – Dati in input per i modelli	137
D – Pesì utilizzati e risultati numerici analisi sensitività	143
D.1 Pesì utilizzati	143
D.2 risultati	148
Bibliografia	155

Introduzione

In un'ottica aziendale, in cui la concorrenza è sempre più sfidante, caratterizzata da una continua pressione per l'innovazione e il miglioramento delle performance, l'ottimizzazione della supply chain diventa un fattore cruciale per il successo e la sostenibilità delle aziende. Tuttavia, la complessità della gestione della supply chain è aumentata notevolmente, specialmente nell'ambito dello sviluppo di nuovi prodotti dove la rapidità, l'efficienza e la precisione sono essenziali per soddisfare le esigenze del mercato.

La ricerca condotta nel primo capitolo si è concentrata sull'analisi della letteratura esistente per ottenere una comprensione più dettagliata e accurata dell'ambito dello studio.

In particolare, sono stati esaminati i concetti fondamentali della Supply Chain e del Supply Chain Management, attraverso una ricerca mirata di informazioni riguardanti la loro origine, lo sviluppo storico e gli elementi chiave che li caratterizzano.

La storia della creazione della Supply Chain e del suo management è stata tracciata, evidenziando le definizioni più significative e le trasformazioni che hanno plasmato il concetto nel corso del tempo.

Inoltre, sono stati esplorati i motivi che spingono le organizzazioni a implementare un sistema di gestione della supply chain efficace ed efficiente: dalla ricerca di una ottimizzazione globale, passando per un corretto coinvolgimento dei partner, fino alla volontà di soddisfare le esigenze e le aspettative dei clienti in modo tempestivo ed efficace. Sono stati poi identificati e studiati gli attori coinvolti nei processi della Supply Chain: fornitori, produttori e distributori.

Infine, sono state esaminate le attività svolte lungo la catena di fornitura al fine di consegnare un prodotto al cliente finale con il massimo valore intrinseco. Dall'acquisizione delle materie prime alla produzione, dalla logistica alla distribuzione, ogni fase del processo è stata quindi esaminata.

La ricerca di informazioni in letteratura si è poi spostata verso l'ambito dello sviluppo prodotto dove si sono delineati i fattori chiave determinanti un prodotto di successo, riassumibili in tempi, costi, qualità e attinenza alle esigenze dei clienti. Si è poi andati a capire quali fossero le diverse tipologie di sviluppo di un prodotto che si possono attuare, per andare poi a definire in maniera dettagliata le motivazioni per cui è necessario utilizzare

un modello strutturato al fine ottenere dei prodotti di successo. Inoltre, sono state dettagliate le varie fasi del processo di sviluppo prodotto, dalla ricerca di idee iniziali fino all'immissione sul mercato.

Successivamente, ci si è concentrati sulla ricerca bibliografica per esplorare le informazioni disponibili riguardo agli ambiti della Supply Chain e dello sviluppo del prodotto, con l'obiettivo di comprendere le sinergie esistenti tra di essi.

Si è passati quindi a descrivere i metodi decisionali multicriterio, con focus principale sul metodo AHP (Analytic Hierarchy Process) e la tecnica delle S-curves.

È stato quindi esplorato come il metodo AHP sia stato utilizzato all'interno dell'ambito della Supply Chain.

Nel secondo capitolo è stata introdotta l'azienda in oggetto dello studio ed in particolare la funzione NPSC (New Product Supply Chain), descrivendone le principali attività e gli obiettivi.

All'interno della funzione oggetto dello studio è stata riconosciuta la carenza di un sistema integrato, capace di anticipare e valutare i principali indicatori per la gestione ottimale della supply chain nel contesto dello sviluppo di nuovi prodotti, e dopo una ricerca è stata altresì constatata l'assenza di un modello specifico documentato in letteratura che contemplasse tali indicatori.

Valutato quanto sopra è emersa dunque la volontà di intraprendere la ricerca di metodi e soluzioni per colmare questo divario tra la letteratura e le necessità aziendali.

Nel terzo capitolo del presente studio, è stata dedicata un'attenzione particolare alla spiegazione delle metodologie adottate.

In questa sezione, è stata fornita una descrizione dettagliata del metodo decisionale multicriterio utilizzato, cioè l'AHP (Analytic Hierarchy Process), e delle fasi necessarie per utilizzarlo correttamente, il metodo è stato analizzato nei suoi principi fondamentali e sono stati illustrati i passaggi chiave per applicarlo efficacemente alla nostra ricerca. Inoltre, è stata introdotta la tecnica delle S-curves, la quale è stata impiegata per generalizzare le valutazioni effettuate durante lo studio. Queste metodologie hanno consentito la rappresentazione grafica delle analisi effettuate, offrendo una visione chiara e sintetica dei risultati ottenuti. Mediante l'utilizzo combinato di queste metodologie, si è garantita una solida base per condurre un'analisi accurata e approfondita nel contesto dello studio.

In questo capitolo inoltre viene delineato come effettuare una analisi di sensitività per i modelli creati con il metodo AHP.

Nel quarto capitolo, si è proceduto all'introduzione dei modelli di dati reali, con l'obiettivo di indagare le prestazioni attuali. Sono stati presentati i risultati dello studio, accompagnati dalle considerazioni emerse dall'analisi di tali risultati. Inoltre, è stata eseguita un'analisi di sensitività del modello per valutarne la sua robustezza e affidabilità nell'ambito pratico. Questo approfondimento ha consentito di comprendere meglio le dinamiche del modello e di identificarne eventuali punti critici o aree di miglioramento.

Nel quinto capitolo, sono state riportate le principali conclusioni emerse durante lo svolgimento dello studio, fornendo una sintesi delle scoperte e delle implicazioni rilevanti. Inoltre, sono stati offerti suggerimenti per una futura applicazione dei modelli creati, evidenziandone le potenziali opportunità. Sono stati anche illustrati i principali accorgimenti da adottare per garantire un'efficace e corretta implementazione dei modelli, fornendo indicazioni utili per massimizzarne l'efficacia e l'accuratezza nei contesti applicativi.

Riassumendo, questo progetto di studio si propone di sviluppare un modello di gestione delle performance innovativo ed integrato per la supply chain durante il processo di sviluppo di nuovi prodotti, prendendo in considerazione le sfide specifiche dell'ambiente aziendale in oggetto.

Attraverso l'applicazione di metodi decisionali multicriterio, sono stati creati tre modelli per aiutare a comprendere la situazione attuale nel contesto analizzato, offrendo così uno strumento pratico e affidabile al fine di migliorare le performance aziendali aiutando il management a prendere delle decisioni più mirate e consapevoli ed ottenere quindi un vantaggio competitivo.

Capitolo 1

Revisione della letteratura

1.1 Supply Chain e Supply Chain Management

1.1.1 Introduzione

In un contesto aziendale altamente competitivo le imprese stanno attivamente cercando modalità innovative per consolidare la propria posizione sul mercato e questo consolidamento viene principalmente effettuato basandosi su una stretta collaborazione con clienti e fornitori. Questa strategia è guidata da diversi obiettivi chiave: l'incremento della visibilità sulla domanda finale, la creazione di valore aggiunto e l'ottimizzazione delle operazioni legate alla gestione delle scorte.

Da queste considerazioni si valida il riconoscimento sempre più diffuso che la competitività di un'azienda è intrinsecamente legata all'efficienza e all'efficacia della propria Supply Chain.

Negli ultimi anni il tema centrale di interesse è stato il Supply Chain Management (SCM): questo approccio si concentra sulle tecniche gestionali e sui software che favoriscono la gestione integrata dell'intera Supply Chain, con l'obiettivo di massimizzare il valore economico complessivo generato dalla filiera aziendale. Il Supply Chain Management rappresenta l'ultima fase di evoluzione nel concetto di logistica, marcando una transizione significativa da un approccio frammentato a una gestione integrata delle operazioni logistiche.

Un'analisi retrospettiva evidenzia che, fino agli anni '60, le responsabilità logistiche erano divise tra varie funzioni aziendali, con la produzione che gestiva la pianificazione per ottimizzare la capacità produttiva e il reparto commerciale coinvolto nella distribuzione fisica durante l'evasione degli ordini. Tuttavia, questo modello presentava carenze come una visione limitata delle performance logistiche e la mancanza di un'ottica globale sulle opportunità di miglioramento.

Negli anni '70, iniziarono ad emergere segnali di cambiamento verso una gestione più strutturata, con una particolare attenzione alla razionalizzazione per ottimizzare i diversi segmenti del ciclo distributivo. Gli anni '80 poi segnarono un'ulteriore trasformazione, con l'introduzione diffusa di nuove logiche gestionali come il Material Requirements Planning (MRP) e il Just In Time; in questo contesto l'attenzione si spostò rapidamente verso la

gestione dei materiali con l'adozione del concetto di "logistica dei materiali" per garantire un approvvigionamento costante e tempestivo alla produzione e ad altri utilizzatori.

In sintesi, il percorso evolutivo dall'approccio logistico frammentato degli anni '60 all'attuale adozione del Supply Chain Management riflette una costante ricerca di miglioramento e adattamento alle esigenze di un ambiente aziendale in continua evoluzione. La gestione integrata della Supply Chain emerge come un elemento chiave per massimizzare l'efficienza operativa e generare valore in un panorama competitivo sempre più sfidante.

La progressione evolutiva della logistica segna un punto di svolta significativo, trasformandola da un insieme di attività operative a un sistema interfunzionale con l'obiettivo di raggiungere livelli di performance superiori.

L'idea di logistica integrata emerge con chiarezza nella definizione del Council of Logistics Management del 1986 [1] :

“questo concetto si concentra sulla pianificazione, esecuzione e controllo del flusso di materie prime, semilavorati, prodotti finiti e informazioni, mirando a renderlo efficiente e allineato alle esigenze dei clienti”

L'evoluzione culmina nella nascita del concetto di Supply Chain Management (SCM). Questa fase è caratterizzata dalla consapevolezza delle aziende che il miglioramento nella gestione dei flussi all'interno della catena logistica richiede il coinvolgimento attivo degli attori esterni.

Il SCM è concepito come un nuovo sistema di gestione in cui le aziende diventano parte di una rete di entità organizzative che integrano i loro processi di business per creare valore per il consumatore finale.

Questa metodologia è definita come un approccio integrato e orientato ai processi nella pianificazione e controllo del flusso di materiali, informazioni e decisioni. Il suo impatto è significativo consentendo un aumento del livello di servizio accompagnato da una simultanea riduzione dei costi.

Inizialmente centrato sulla gestione integrata dei collegamenti tra funzioni aziendali, legate ai flussi di materiali, produzione e distribuzione, il SCM ha compiuto una evoluzione verso un'analisi dei processi lungo l'intera catena per massimizzare la soddisfazione del cliente finale.

1.1.2 Definizioni

Una delle definizioni più ampiamente utilizzate di Supply Chain è data da Chopra e Meindl [1]:

"una supply chain è costituita da tutte le organizzazioni coinvolte nell'acquisizione dei materiali grezzi, nella loro trasformazione in prodotti intermedi e finiti, e nella distribuzione di questi prodotti finiti ai consumatori finali".

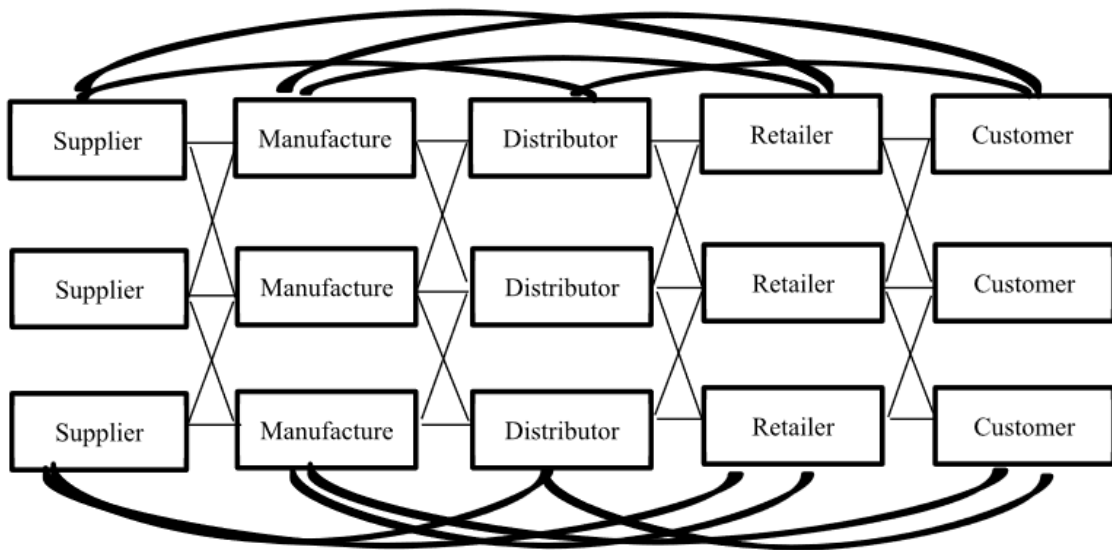


Fig. 1.1 Supply Chain Network [1]

Le prime formulazioni del concetto di Supply Chain sono relativamente recenti e risalgono ai primi anni Novanta. In particolare, nel 1998, Martin Christopher [2] ha fornito una delle prime definizioni della Supply Chain, concependola come:

"una rete di organizzazioni coinvolte attraverso collegamenti a monte e a valle, nei diversi processi e attività che producono valore sotto forma di prodotti e servizi per il consumatore finale".

Questa formulazione mette in evidenza l'importanza dei concetti di rete rispetto a quelli di catena, focalizzandosi sui processi di approvvigionamento, produzione e distribuzione che definiscono la Supply Chain. Inoltre, si sottolinea l'obiettivo finale della catena di fornitura, cioè la generazione di valore per il consumatore finale, che è il destinatario principale di

questo processo. Lee e Billington (1992) [3] hanno invece formulato la seguente definizione per la Supply Chain:

"Una catena di fornitura è una rete di strutture che si approvvigionano di materie prime, le trasformano in beni intermedi e poi in prodotti finali, e consegnano i prodotti ai clienti attraverso un sistema di distribuzione".

evidenziando la focalizzazione sulle attività fisiche e sulle entità coinvolte nell'effettuare tali operazioni.

Ganeshan e Harrison [4] hanno delineato la Supply Chain con le seguenti parole:

"una rete di strutture e opzioni di distribuzione che svolge le funzioni di approvvigionamento di materiali, trasformazione di questi materiali in prodotti intermedi e finiti e distribuzione di questi prodotti finiti ai clienti".

In questa definizione viene evidenziato il concetto della rete in opposizione al concetto di catena insieme ai tre processi chiave: approvvigionamento, operatività e distribuzione. In particolare, qui è introdotto per la prima volta il concetto di presenza di diverse entità autonome (aziende) che contribuiscono a questo processo e condividono quindi obiettivi comuni. Anche La Londe e Masters [5] hanno enfatizzato l'associazione tra imprese interdipendenti in un singolo processo, descrivendo la Supply Chain come:

"un insieme di aziende interdipendenti che trasmettono le materie prime, trasformandole in prodotti finali".

Verso la fine degli anni '90 e l'inizio degli anni 2000, si sono introdotti alcuni concetti chiave nella definizione di Supply Chain. In particolare, un elemento primario è stato l'incorporazione dell'aspetto informativo nel flusso dei prodotti.

Da [6] si ricava che Parunak e VanderBok (1998) hanno descritto la Supply Chain come:

"un insieme di organizzazioni attraverso le quali fluiscono i materiali e le informazioni associate alla produzione di un manufatto e alla sua consegna all'utente finale".

Questa definizione sottolinea l'interdipendenza tra le diverse parti coinvolte nella creazione e distribuzione di prodotti. Inoltre, l'articolo evidenzia che una Supply Chain fornisce all'utente finale sia un prodotto (oggetto tangibile) che un servizio (accompagnamento

intangibile). Il prodotto può variare da beni di consumo a beni durevoli, mentre il servizio comprende aspetti come i tempi di consegna e l'esperienza di acquisto.

C'è invece chi ha spinto ancora più in là il concetto come Mentzer et al. [7] definendo la Supply Chain come:

“un insieme di tre o più aziende direttamente collegate da uno o più flussi a monte e a valle di prodotti, servizi, finanze e informazioni da una fonte a un cliente”.

Definizione che sintetizza gran parte dei concetti espressi in precedenza ed inoltre mette in evidenza i flussi in avanti e all'indietro percorsi all'interno della Supply Chain.

Le varie definizioni indicano che una Supply Chain (SC) coinvolge almeno tre attori principali: il consumatore, la fonte e la rete che li mette in comunicazione. Il consumatore finale, rappresentante l'obiettivo supremo dell'intero processo, si trova all'estremità finale mentre all'altro capo si colloca la fonte; nel mezzo, invece, si configura una rete, con organizzazioni indipendenti, numerose o limitate, unite dal medesimo fine: generare valore per il consumatore finale attraverso prodotti e servizi; questo risultato viene ottenuto tramite intersezioni e connessioni di flussi di prodotti, informazioni, servizi e denaro.

La concezione di Christopher [3] sottolinea che l'obiettivo di una catena di approvvigionamento va oltre la mera logistica del trasferimento fisico di beni e servizi, includendo anche il flusso di informazioni e conoscenze provenienti da ogni fase. La gestione e l'integrazione accurata di ogni processo, attività e partner all'interno della catena del valore sono essenziali per garantire l'efficienza e l'efficacia globali del sistema.

L'efficienza della Supply Chain è strettamente legata a una gestione accurata delle informazioni riguardanti scorte (materie prime, componenti, prodotti finiti e rifornimento), risorse (capacità, manodopera e strumenti), posizione dei beni in transito, previsione e soddisfazione della domanda da parte degli utenti finali, oltre al movimento finanziario.

D'altro canto, il Supply Chain Management (SCM) implica l'armonizzazione di tutti i processi aziendali chiave lungo l'intera catena operativa, coinvolgendo tutti gli attori interessati.

Mentzer et al. [7] presentano una visione inclusiva del Supply Chain Management, che può essere descritta come:

"il coordinamento sistemico e strategico delle funzioni aziendali tradizionali e delle tattiche tra queste funzioni all'interno di una particolare azienda e tra le aziende della catena di fornitura, allo scopo di migliorare le prestazioni a lungo termine delle singole aziende e della catena di fornitura nel suo complesso"

Nella gestione delle Supply Chain, il Supply Chain Management (SCM) emerge come una strategia finalizzata a ottimizzare le attività, con l'obiettivo di massimizzare il valore offerto agli utenti finali e agli stakeholder. Questa ottimizzazione si concretizza attraverso la gestione efficace di quattro macro-processi: controllo delle scorte di materiali, gestione dell'inventario, distribuzione e flusso di informazioni. Nel contesto di questo approccio la fase di consegna di un prodotto al consumatore finale implica il costante monitoraggio e controllo del percorso: dalla produzione agli scaffali dei negozi al dettaglio. Semplificare la pianificazione della produzione, gestire le scorte, individuare eventuali problematiche, migliorare i tempi di risposta agli ordini e ottimizzare i tempi della Supply Chain sono tra gli obiettivi comuni del Supply Chain Management. Per attuare questi obiettivi è essenziale che le aziende ottimizzino l'automazione nei processi e dispongano di dati in tempo reale relativi alle attività e ai processi della Supply Chain e queste informazioni dovrebbero essere condivise in modo collaborativo tra tutte le parti coinvolte.

1.1.3 Motivazioni del Supply Chain Management

La Supply Chain può essere concepita come un ampio processo orientato a conseguire un risultato finale: la soddisfazione del bisogno di un consumatore nei confronti di un prodotto o servizio per il quale è disposto a corrispondere un determinato prezzo. Il Supply Chain Management è determinante in questo poiché si può riassumere perfettamente nella buona riuscita di questo processo: riuscire ad ottenere un prodotto conforme alle richieste del cliente avente caratteristiche desiderate come prezzo, luogo, tempistiche e condizioni. Nell'attuale contesto, si nota una crescente enfasi sulla connessione non solo di singole imprese bensì di comunità complete, dando vita a mercati virtuali conosciuti anche come "marketplace", dove diversi fornitori e clienti interagiscono simultaneamente. Le imprese che conservano un modello di integrazione verticale, cioè gestendo tutte le fasi del processo produttivo internamente, sono ad oggi molto poche ed attualmente le aziende preferiscono una maggiore specializzazione esternalizzando le attività poco redditizie a fornitori esterni; inoltre, tali organizzazioni hanno compreso l'interconnessione riguardante i successi

all'interno della Supply Chain, come l'aumento di rapidità ed efficienza interne ma anche quelle di tutta la filiera, quando collaborano con altri partner.

Un secondo elemento da considerare è rappresentato dall'incremento della concorrenza sia a livello nazionale che internazionale poiché, attualmente, i consumatori hanno diverse opzioni per soddisfare le proprie esigenze di consumo; quindi ottimizzare la collocazione dei prodotti lungo il canale di distribuzione, al fine di garantire il massimo livello di servizio al cliente con il minor costo possibile, è diventato un aspetto di vitale importanza.

In passato le imprese affrontavano la sfida mantenendo elevati livelli di magazzino lungo la rete, ma l'instabilità nei mercati comportava rischi e costi gestionali elevati che andavano poi ad influenzare quelli dei prodotti; si rivela dunque essenziale, nell'attuale panorama competitivo, una gestione oculata delle risorse aziendali.

Emergono da questo contesto diverse considerazioni, delineando aspetti fondamentali che le imprese devono valutare per garantire il successo a lungo termine [8]:

- Ottimizzazione globale

L'ottimizzazione di singoli reparti o funzioni è ormai superata. Le aziende, avendo acquisito consapevolezza, hanno compreso che il massimizzare le prestazioni in un'area specifica potrebbe non tradursi nell'ottimizzazione complessiva dell'organizzazione e che un approccio più efficace richiede una visione globale, dove ogni decisione presa in determinati settori viene valutata in termini di impatto sull'intera struttura aziendale.

- Efficienza e rapidità

La modernizzazione e la semplificazione delle operazioni rappresentano un altro aspetto da tenere in considerazione: le imprese stanno attivamente cercando di ridurre i tempi di progettazione e consegna dei prodotti, riconoscendo l'importanza di una gestione attenta della Supply Chain. Questa consapevolezza riflette la necessità di adattarsi alle dinamiche del mercato, dove la rapidità e l'efficienza sono diventate fondamentali.

- Coinvolgimento strategico dei partner

Il coinvolgimento nel successo dei partner è una pratica sempre più rilevante. I dirigenti aziendali devono ampliare il loro focus oltre i confini dell'organizzazione singola, interessandosi al successo dei partner commerciali. La competitività non riguarda solo il rendimento interno, ma anche la sinergia e l'efficacia dell'intero sistema di collaborazione.

Le sfide nel mantenere un vantaggio competitivo sono reali, considerando la pressione esercitata dalla concorrenza di mercato; dunque, le imprese sono spinte a perseguire

obiettivi di efficienza, ma talvolta questo contrasta con gli sforzi di implementare cambiamenti significativi. Equilibrare l'efficienza con la flessibilità diventa dunque un delicato atto di bilanciamento.

Il Supply Chain Management si erge come un elemento strategico: investire in questo ambito non solo garantisce una gestione ottimale delle risorse ma conferisce anche un'immagine di modernità ed efficienza. Gestire la Supply Chain non è più solo una necessità operativa, ma un autentico vantaggio competitivo.

L'evoluzione graduale e l'inclinazione verso un ampliamento delle funzionalità supportate sono il risultato di vari fattori, che possono essere riassunti nei seguenti [8]:

- Una progressiva e sempre più ampia focalizzazione sul cliente

In ogni tappa si considerano i requisiti del cliente finale come elementi fondamentali nel processo decisionale. Dato l'incremento di rilevanza e il ruolo centrale assegnato al cliente è imperativo che l'azienda garantisca un servizio adeguato focalizzato sulla qualità, sulla personalizzazione del prodotto e sulla tempestività della consegna. Questa considerazione tiene conto del fatto che le aspettative del cliente sono in costante aumento riguardo alla varietà di opzioni disponibili, al livello di servizio offerto, alla rapidità di consegna ed ai costi associati.

- Un utilizzo sempre più consapevole della tecnologia

I flussi di dati e informazioni coinvolgono specificamente ogni fase della catena di approvvigionamento. I sistemi DSS (Decision Support System) giocano un ruolo cruciale nell'ottimizzazione e nell'accelerazione dei processi decisionali che influenzano l'intera rete. Inoltre, l'evoluzione costante di Internet ha un impatto significativo sulle fasi di vendita, rendendole più dirette e migliorando il servizio offerto al cliente. L'espansione di Internet ha aperto nuove prospettive di business, contribuendo a ottimizzare ed efficientare i flussi informativi lungo l'intera Supply Chain dalla produzione alla commercializzazione dei prodotti.

- La misurazione delle performance

È necessario monitorare e valutare, oltre ad altri parametri, i tempi e i costi rispetto agli obiettivi finali, nell'ottica di un miglioramento continuo delle performance, individuando specifici indicatori attraverso i quali avere una misurazione delle performance, alcuni di quelli più comunemente usati sono: livello di servizio (percentuale degli ordini, o delle righe d'ordine, spedite nella data e con la quantità richiesta dal cliente), accuratezza del forecast, valore delle scorte, utilizzo degli impianti.

- La globalizzazione

Per l'azienda si aprono nuove opportunità per l'approvvigionamento di materie prime a costi contenuti dalle economie emergenti. Al contempo si delineano nuove prospettive di vendita provocando uno spostamento geografico della tradizionale localizzazione del business che ora abbraccia la fornitura, la produzione e la consegna al cliente. Questa evoluzione impone alle aziende di servire mercati globali e garantire un livello di servizio uniforme indipendentemente dalla destinazione di mercato.

Va considerato che la globalizzazione ha innescato un aumento generale del livello di competizione, costringendo le aziende ad operare con maggiore efficienza e a cercare e diffondere vantaggi competitivi per differenziarsi dai concorrenti. Attualmente, l'area dei servizi al cliente e della consegna rappresenta una delle principali fonti di vantaggio competitivo.

Nei modelli avanzati di Supply Chain Management si osserva un'accentuata tendenza ad estendere la catena coinvolgendo segmenti sempre più ampi sia a monte che a valle. Questa espansione comprende non solo i fornitori diretti ma si estende fino ai fornitori dei fornitori a monte e ai clienti diretti, coinvolgendo anche i clienti dei clienti a valle, fino al consumatore finale.

Tale concezione riconfigura le dinamiche delle relazioni verticali tra le imprese coinvolte, promuovendo la formazione di autentiche collaborazioni commerciali e strategiche nell'ambito della cosiddetta "impresa estesa".

L'efficienza di tali collaborazioni dipende sostanzialmente da tre elementi cruciali: la comunicazione, il coordinamento e la cooperazione tra i diversi attori della Supply Chain. È evidente che l'espansione della catena di approvvigionamento genera un considerevole flusso di dati, che comprende la condivisione di piani strategici e operativi, dati di previsione, informazioni sulla produzione, livelli di scorte disponibili e trend di vendita. Gestire in modo efficace questo flusso informativo è di primaria importanza, richiedendo la selezione accurata e la valutazione dei tipi di informazioni, oltre a definire i destinatari, le modalità di trasmissione, i tempi e le priorità.

L'implementazione di sistemi informativi gestionali, da sola, non basta a garantire un elevato grado di efficienza, è essenziale quindi che le imprese all'interno della Supply Chain siano in grado di sviluppare strutture gestionali coordinate, utilizzando le informazioni per sincronizzare le operazioni.

L'efficienza del Supply Chain Management dipende anche dalla cooperazione raggiunta, che implica la capacità di concordare obiettivi comuni e vantaggi reciproci. È importante ricordare il legame tra la competitività di un'impresa singola e quella dei partner con cui interagisce all'interno della catena del valore.

Queste condizioni permettono di massimizzare la qualità del prodotto o servizio finale rispetto al mercato, ottimizzando i costi operativi, gestionali e il capitale impiegato. L'aumento del valore economico è percepito dal cliente attraverso una gestione sincronizzata dei flussi di materie e delle informazioni, dall'approvvigionamento delle materie prime al consumo.

1.1.4 Componenti del Supply Chain Management

In una prospettiva sistemica la Supply Chain è costituita da una rete interconnessa di elementi la cui interazione gioca un ruolo cruciale nel determinare il successo complessivo del sistema. Questa catena si suddivide in tre componenti chiave, in modo simile a un sistema [8]:

- Introduzione nel sistema:

Comprende varie tipologie di risorse necessarie all'organizzazione, insieme a informazioni e conoscenze legate ai fornitori di tali risorse.

- Elaborazione all'interno del sistema:

Coinvolge attività come produzione, assemblaggio e trasformazione delle risorse in ingresso in prodotti finali.

- Produzione all'esterno del sistema:

Riguarda la distribuzione dei prodotti, inclusi beni e servizi, e il loro trasferimento ai clienti.

Inoltre vi sono principalmente 4 attori che svolgono un ruolo fondamentale all'interno della Supply Chain [9] :

1. I fornitori posizionati all'inizio del sistema.
2. I produttori collocati nella fase di elaborazione del sistema.
3. Gli intermediari distributivi situati nella fase terminale del sistema.
4. I destinatari finali, ossia i clienti, collocati nella fase conclusiva del sistema.

Tenendo conto di ciò si possono schematizzare i diversi stati delle Supply Chain come in Figura 1.1;1.2;1.3 :



Fig 1.1 Supply Chain semplice [10], [11]

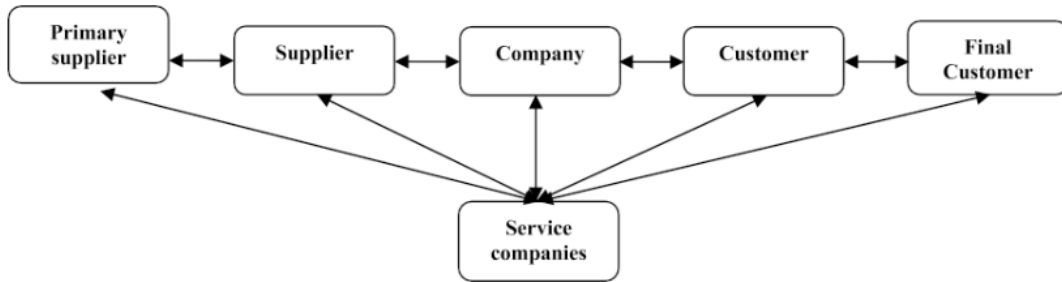


Fig 1.2 Supply Chain allargata [10], [11]

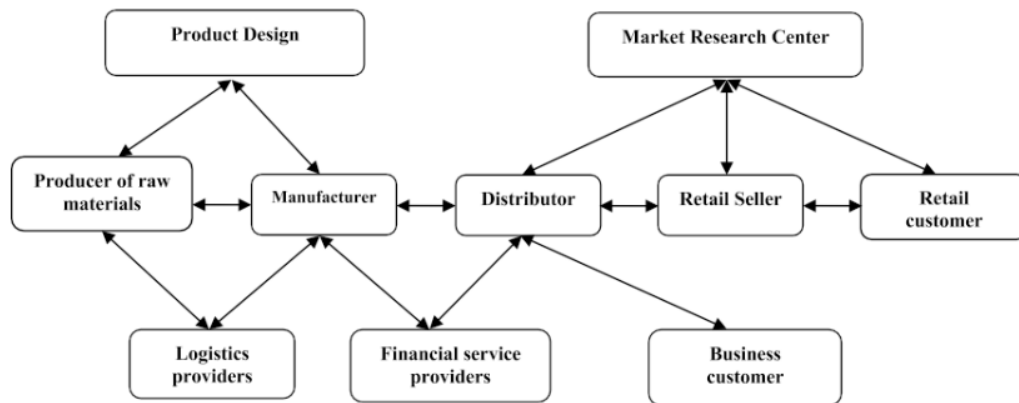


Fig 1.2 Supply Chain avanzata [10], [11]

Di conseguenza, gli elementi che costituiscono il SCM rappresentano le variabili attraverso le quali i processi aziendali vengono integrati e coordinati all'interno della catena di fornitura. Lambert e Cooper [12] identificano i seguenti fattori come componenti cruciali per garantire il successo di una catena di fornitura :

- Pianificazione e controllo;
- Struttura del lavoro, che determina le modalità di esecuzione delle attività e dei compiti;
- La struttura organizzativa di un'azienda indipendente o di una catena di fornitura;
- Struttura del flusso di prodotti;
- Reti di approvvigionamento, produzione e distribuzione lungo la catena di fornitura;

- Struttura del flusso di informazioni, che definisce il tipo di informazioni e la frequenza di aggiornamento;
- I metodi di gestione basati sulla filosofia del Supply Chain Management o la loro assenza nella Supply Chain possono influenzare il livello di impegno degli altri membri della catena;
- Premi e rischi condivisi;
- Atteggiamento e cultura.

1.1.5 Attività nel Supply Chain Management

Dal testo di Rehman e Yu [13] vi sono principalmente 11 attività di gestione nella Supply Chain che ora si andrà a dettagliare :

- Acquisti

Numerose organizzazioni integrano l'acquisto come componente fondamentale nella gestione della Supply Chain effettuando l'acquisizione di materie prime da fornitori e successivamente assoggettandole a processi di trasformazione per aumentarne il valore.

A partire dagli anni '80, diverse imprese si sono concentrate sul contenimento dei costi e sull'eliminazione degli sprechi in diverse fasi del ciclo di approvvigionamento, questi sforzi comprendono la digitalizzazione delle operazioni di acquisto, la gestione delle interazioni con i fornitori e lo sviluppo di alleanze strategiche.

Indubbiamente il ruolo degli acquirenti assume un'importanza cruciale permettendo alle aziende di ottenere risparmi significativi attraverso efficaci tecniche di negoziazione, la riduzione degli sprechi, la gestione delle relazioni con i fornitori con l'instaurazione di fiducia reciproca.

- Trasporto in entrata

Le aziende multinazionali solitamente istituiscono una divisione specializzata dedicata al traffico e ai trasporti con l'obiettivo di gestire sia i collegamenti fisici che informativi tra acquirente e fornitore, questo perché la gestione efficiente di tali connessioni è essenziale per facilitare le operazioni su scala globale.

Il trasporto, per molte aziende, emerge come la voce preponderante nei costi, specialmente quando si tratta di imprese caratterizzate da una vasta diversificazione delle attività; dunque, la corretta gestione delle spese legate al trasporto diventa cruciale per mantenere la sostenibilità economica.

Nonostante la presenza di requisiti minimi condivisi per gli acquisti tra le diverse unità operative di un'azienda, spesso si presentano occasioni per coordinare e ottimizzare l'acquisto di servizi di trasporto: questa possibilità di coordinamento apre la strada a sinergie che possono contribuire significativamente all'efficienza e alla riduzione dei costi complessivi dell'azienda.

- Controllo di qualità

A causa del difficile contesto competitivo degli ultimi due decenni le aziende stanno enfatizzando il focus sul controllo di qualità. Nelle nuove pratiche di filiera le aziende rilevano i difetti al momento del ricevimento del materiale e successivamente lavorano a stretto contatto con i fornitori per ridurre al minimo i costi ed aumentare la qualità dei prodotti.

- Pianificazione della domanda e dell'offerta

La pianificazione della domanda comprende la previsione della domanda anticipata, la gestione delle scorte, il controllo degli ordini ricevuti ma non evasi, nonché la gestione delle parti di ricambio e dei requisiti post-vendita di mercato. D'altro canto, la pianificazione dell'offerta coinvolge il monitoraggio dei dati di domanda e la creazione di una rete integrata di fornitori, produzione e logistica, il tutto finalizzato a soddisfare le necessità della domanda.

- Ricevimento, stoccaggio e movimentazione dei materiali

La gestione efficace delle materie prime e delle merci in un contesto aziendale richiede un attento coordinamento di diverse attività fondamentali. In primo luogo, è essenziale garantire la corretta ricezione fisica di tutti i materiali in ingresso durante il loro trasporto dal fornitore all'acquirente, questa fase costituisce il punto di partenza cruciale per il corretto flusso di approvvigionamento.

Dopo la ricezione si aprono una serie di attività che, ad eccezione di ambienti di sistema Just In Time (JIT), comprendono l'organizzazione, la gestione e lo stoccaggio dei materiali, questa fase post-ricezione è determinante per ottimizzare l'efficienza e la disponibilità delle risorse contribuendo a mantenere un inventario ben organizzato e a garantire un processo logistico fluido.

La gestione dei materiali, spesso affidata a una specifica funzione di gestione dei materiali all'interno dell'azienda, si concentra sulla movimentazione fisica e sull'elaborazione

dell'inventario, questa funzione svolge un ruolo chiave nel garantire una gestione efficiente delle risorse, minimizzando sprechi e ottimizzando i costi operativi.

Un altro aspetto rilevante di questo processo è l'esame delle ricevute degli utenti. Le ricevute che confermano il completamento dei servizi sono attentamente valutate durante il processo di ricezione e questo passaggio è determinante per attivare il pagamento delle relative fatture. La verifica accurata di queste ricevute contribuisce a garantire la corretta transizione dal completamento dei servizi al processo di pagamento, assicurando una gestione finanziaria accurata e trasparente.

- Controllo dei materiali o controllo dell'inventario

Il controllo dei materiali abbraccia la responsabilità di determinare le quantità appropriate da ordinare, basandosi sulle previsioni della domanda, e di gestire i materiali forniti dai fornitori, la sua importanza risiede nella capacità di ottimizzare l'approvvigionamento assicurando che le scorte siano sempre allineate con la domanda prevista.

La focalizzazione sul lato della distribuzione fisica a valle della supply chain è essenziale per garantire che il flusso di materiali sia ottimizzato lungo tutto il processo logistico.

Nel contesto di un approccio integrato alla gestione della Supply Chain l'integrazione si manifesta attraverso la collaborazione stretta tra i gruppi di controllo delle scorte e dei materiali dove l'obiettivo principale è assicurare un flusso costante e regolare di materiali verso i clienti e i consumatori; questo coordinamento mira ad evitare interruzioni e ritardi nella catena di approvvigionamento, garantendo efficienza e soddisfazione del cliente.

In sintesi, il controllo dei materiali non solo si occupa di prevedere e gestire le scorte in modo efficiente, ma anche di coordinare sinergicamente gli sforzi tra i gruppi di controllo delle scorte e dei materiali. Questo approccio integrato contribuisce a garantire un flusso fluido di materiali lungo l'intera supply chain, promuovendo l'efficienza operativa e la soddisfazione del cliente.

- Elaborazione degli ordini

La gestione degli ordini riveste un ruolo di primaria importanza nel garantire la tempestiva consegna dei materiali richiesti dai clienti nei luoghi prestabiliti. All'interno del quadro più ampio del Supply Chain Management questa pratica va oltre una mera operazione fungendo da elemento che collega il produttore al cliente esterno.

- Schedulazione, Pianificazione e Controllo della Produzione

La gestione delle attività produttive implica la definizione di un programma di produzione articolato in fasi temporali, la formulazione di piani a breve termine e la supervisione del WIP nel corso del processo produttivo. È da notare che il piano di produzione si basa ampiamente sulle previsioni fornite dal reparto marketing, fondamentali per stimare le quantità di materiali richieste nel periodo futuro.

- Magazzinaggio o distribuzione

Prima di raggiungere i clienti, i prodotti sono sistemati in un centro di distribuzione (DC) o in un magazzino. Questa pratica è di particolare rilevanza per le aziende il cui processo produttivo è orientato al Make to Stock (MTS).

- Spedizione

Nel contesto del processo logistico l'attività di spedizione coinvolge la ricezione fisica di merci o prodotti pronti per la distribuzione al cliente. Questa funzione non si limita alla ricezione, ma comprende l'imballaggio per la protezione dai danni, la conformità ai requisiti di etichettatura, la compilazione dei documenti di spedizione e la pianificazione del trasporto. È innegabile che le attività di trasporto in uscita e di spedizione debbano operare in sinergia per garantire un flusso logistico efficiente.

- Servizio Clienti

Il customer care, o assistenza al cliente, può essere considerato come un'attività chiave all'interno della Supply Chain; questa funzione è strettamente legata all'intero processo di gestione delle relazioni con il cliente lungo l'intera catena logistica poiché, trattando direttamente con i clienti, essa svolge un ruolo cruciale nella creazione di un'esperienza positiva contribuendo alla reputazione dell'azienda e alla fidelizzazione della clientela.

1.2 Sviluppo prodotto

1.2.1 Introduzione allo sviluppo prodotto

La creazione di valore per i clienti rappresenta un pilastro fondamentale per qualsiasi azienda che miri al successo nel mercato e nel contesto aziendale i prodotti costituiscono il cuore di questo valore, fungendo da elemento centrale del progetto complessivo; essi possono manifestarsi sia in forme tangibili che intangibili.

Tra i requisiti essenziali per il successo si trovano [14]:

- La qualità

La qualità di un prodotto si misura innanzitutto attraverso l'aderenza alle esigenze dei clienti e la soddisfazione che ne deriva.

- I tempi

In un panorama competitivo la rapidità con cui un'azienda è in grado di rispondere alle esigenze del mercato assume un ruolo determinante. I tempi di sviluppo e lancio sul mercato diventano cruciali, soprattutto in settori dinamici caratterizzati da rapida evoluzione tecnologica.

- Costi

Il monitoraggio della soddisfazione dei clienti avviene attraverso l'analisi dei ricavi; essi derivano dalla quota di mercato espressa come percentuale del fatturato o dei volumi totali e dalla gestione oculata dei costi, variabili e fissi, elemento essenziale da considerare per garantire un profitto sostenibile.

- Altro

L'innovazione tecnica, la differenziazione dai concorrenti, un design accattivante e servizi pre-vendita e post-vendita sono ulteriori elementi che contribuiscono al successo di un prodotto. Tuttavia, è importante notare che ogni aspetto deve essere coerente con la strategia aziendale.

Nel contesto dello sviluppo di nuovi prodotti si delineano una serie di attività, che vanno dalla generazione di idee all'implementazione di nuove tecnologie, culminando nel disegno completo del prodotto pronto per la produzione e la vendita.

L'attività di sviluppo prodotto è intrinsecamente interdisciplinare, poiché coinvolge diverse parti dell'azienda: ad esempio il marketing, a cavallo tra l'azienda e il cliente, fornisce opportunità di mercato oppure la progettazione che deve essere compatibile con le capacità di produzione, per questo motivo i team di progetto sono quindi composti da rappresentanti per ogni funzione e possono differenziarsi in un core team a tempo pieno e da un gruppo di attori più esteso che entra in gioco quando necessario.

I prodotti stessi presentano gradi diversi di complessità ed il loro prezzo è direttamente proporzionale al numero di persone coinvolte e alla durata del progetto. La gestione oculata di questa complessità è essenziale per garantire il successo sul mercato. In sintesi, la creazione di valore richiede un approccio integrato e coerente che abbracci ogni aspetto del ciclo di vita del prodotto.

I prodotti possono essere distinti in base al grado di innovazione che introducono sul mercato. Questa classificazione si articola in due categorie principali: innovazione radicale e innovazione incrementale.

L'innovazione radicale caratterizza i prodotti che non sono ancora esistenti ed in questo contesto, si possono individuare due sottocategorie significative di prodotto:

- Innovativo per il Mercato e per l'Azienda (First Mover):

Questa categoria rappresenta una sfida notevole per l'azienda poiché si trova a dover affrontare la mancanza di conoscenza del mercato, l'assenza di padronanza nelle nuove tecnologie e a dover prevedere la prontezza del cliente nel recepire un nuovo prodotto.

- Innovativo per l'Azienda:

Questo tipo di innovazione (che può essere più o meno imitativa) può essere sfruttato per diversificare il business o capitalizzare su un marchio con una forte reputazione, ma rimane comunque una sfida in presenza di un mercato sconosciuto.

Dall'altro lato, l'innovazione incrementale riguarda prodotti che sono già presenti sul mercato, distinguendosi in diverse modalità [14]:

- Repositioning:

Consiste nella modifica del prodotto per un nuovo segmento di mercato, permettendo di mantenere il know-how aziendale.

- Sostitutivo:

Questo tipo di innovazione si focalizza sulla creazione di prodotti che sostituiscono quelli ormai obsoleti.

- Product Improvement:

Esso si concentra su modifiche basate su lamentele dei clienti o sull'aumento leggero delle performance, permettendo un'innovazione senza la necessità di un cambiamento radicale.

- Estensione della Linea (Profondità):

Rappresenta l'ampliamento della varietà di prodotti. La profondità indica la creazione di modelli diversi per rispondere ad esigenze specifiche nello stesso segmento come variazioni di colore o piccole modifiche.

- Cost Reduction:

Spesso legato a miglioramenti processuali, questo tipo di innovazione si traduce in una riduzione dei costi. L'azienda deve poi decidere se condividere i risparmi con i clienti o aumentare i propri profitti, un dilemma spesso affrontato dalle aziende inseguite.

La scelta tra questi approcci dipende dalla strategia aziendale, dalle risorse disponibili e dal contesto di mercato in cui l'azienda opera.

La comprensione approfondita di queste categorie può guidare l'azienda nel processo decisionale per il suo percorso innovativo.

1.2.2 Il modello Stage & Gate

Il successo di un prodotto, misurato attraverso parametri come vendite, margini, fidelizzazione del cliente e reputazione aziendale, è un obiettivo e l'esperienza nel settore insegna che il raggiungimento di tali obiettivi è strettamente correlato alle modalità con cui si gestisce la progettazione, ovvero il processo di sviluppo del prodotto.

Affinché il processo sia efficiente e mirato al successo, è fondamentale adottare un modello di gestione e, in questo contesto, il modello Stage & Gate si configura come uno strumento essenziale. Questo modello è progettato per fornire una struttura chiara e organizzata, offrendo una serie di vantaggi [14]:

- Qualità

Un modello strutturato garantisce la qualità nello sviluppo del prodotto: attraverso step ben definiti e momenti di controllo si assicura che le attività siano eseguite secondo i criteri prestabiliti; ciò non solo migliora la coerenza nel processo ma contribuisce anche a prevenire errori critici.

- Tempi

Il modello fornisce una chiara delineazione delle attività da svolgere e delle tempistiche associate. Questa trasparenza è fondamentale per l'intero gruppo di lavoro, consentendo a ciascun membro di comprendere il proprio ruolo e contribuire in modo sinergico al successo del progetto.

- Controllo Pianificazione

L'identificazione di punti critici, noti come milestone, permette di prevedere controlli in momenti cruciali del processo. Questa sequenza di azioni vincola le attività successive, assicurando una progressione coerente verso l'obiettivo finale.

- Gestione del processo

L'analisi degli scostamenti diventa essenziale permettendo di verificare che quanto pianificato sia effettivamente accaduto. Senza una traccia della pianificazione, diventa difficile comprendere le cause di eventuali deviazioni ed il modello offre appunto una traccia pianificata da prendere come riferimento per il calcolo degli scostamenti.

- Miglioramento continuo

Infine, il modello Stage & Gate incoraggia il miglioramento continuo. Attraverso un'analisi critica degli scostamenti, l'azienda può apprendere dagli errori e apportare miglioramenti al processo di sviluppo prodotto. Questo ciclo di apprendimento continuo contribuisce a ottimizzare il processo nel tempo, aumentando le probabilità di successo dei futuri progetti.

In sintesi, la gestione strutturata del processo, veicolata attraverso modelli come lo Stage & Gate, rappresenta un tassello chiave nel percorso verso il successo del prodotto.

Il concetto di Stage&Gate, che ha visto la luce per la prima volta nel libro "Winning at new products" di Robert G. Cooper [15], rappresenta un'evoluzione significativa rispetto ai modelli di sviluppo prodotto preesistenti noti come phased review process. Questi ultimi, denominati così in riferimento al modello della NASA (National Aeronautics and Space Administration), avevano in comune l'approccio di suddividere il processo di sviluppo di un nuovo prodotto in periodi distinti, chiamati stage o fasi, ciascuno dei quali era seguito da un momento decisionale noto come gate.

Il modello originale proposto dalla NASA e i modelli concomitanti sviluppati negli anni '60 prevedevano la frammentazione del processo di innovazione in cinque fasi principali, ciascuna associata a una specifica funzione o reparto. L'innovazione chiave introdotta da Cooper consisteva nell'inserimento di stage cross-funzionali, non più vincolati a un singolo dipartimento. Questa modifica, che prende il nome di "Concurrent Engineering", ha creato un processo che abbracciava tutte le aree di business dell'impresa, incorporando attività svolte in parallelo all'interno degli stage, pur mantenendo la logica sequenziale (waterfall) del processo nel suo complesso; ciò ha chiaramente contribuito ad ottenere benefici in termini di riduzione del time to market. In seguito, Robert G. Cooper ha proposto ulteriori perfezionamenti nelle sue opere successive, adattandosi ai cambiamenti dei bisogni del mercato e alle sue evoluzioni[16].

La gestione efficace del processo di sviluppo prodotto attraverso il modello Stage & Gate è cruciale per il successo complessivo del progetto. Ogni fase, denominata stage, rappresenta un insieme di attività che devono essere completate con successo prima di ottenere l'approvazione per procedere alla fase successiva. Tuttavia, il passaggio da uno stage all'altro non avviene automaticamente, ma è soggetto a una valutazione critica che avviene attraverso il gate.

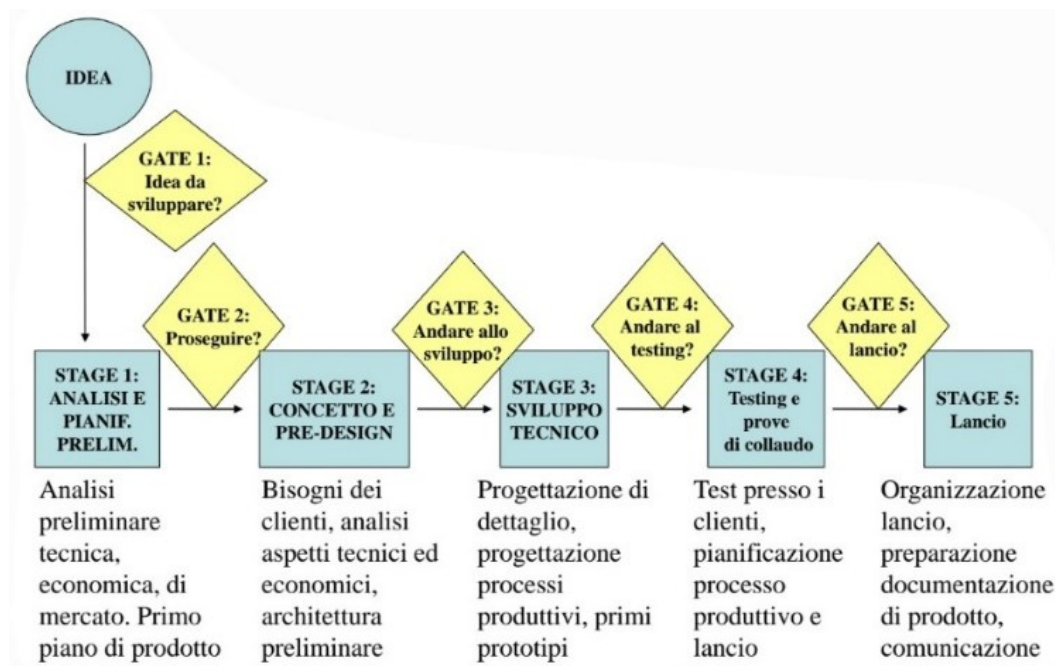


Fig 1.3 Modello Stage & Gate [9]

Il gate è un punto decisionale in cui il management interviene per definire gli obiettivi della fase successiva: in questo momento vengono prese decisioni cruciali che possono essere classificate come "go" per continuare, "kill" nel caso in cui si decida di interrompere il progetto (con possibilità di essere definitivo o di ritornare alla fase precedente per apportare modifiche), oppure un ritorno alla fase precedente che richiede ulteriori lavori di rifinitura. Importante notare che al gate è attivamente coinvolto il livello gerarchico superiore al fine di prendere delle decisioni.

Affinché il manager possa prendere decisioni informate ai gate, è fondamentale avere una comprensione generale del progetto e della documentazione tecnica prodotta in ciascuna fase; infatti, la definizione degli obiettivi al gate include anche la specifica dei "deliverable", ovvero la documentazione tecnica necessaria per procedere alla fase successiva.

La documentazione tecnica prodotta in ogni fase riveste un ruolo fondamentale nella scelta effettuata al gate: questi documenti forniscono al management un quadro dettagliato delle attività svolte, dei risultati ottenuti e delle prospettive per la fase successiva. In questo contesto, la chiarezza e la completezza della documentazione diventano fattori critici per garantire una valutazione accurata e informata.

In conclusione, la gestione attraverso il modello Stage & Gate offre una struttura chiara e disciplinata per lo sviluppo del prodotto, garantendo che ogni passo avanzi con successo e la valutazione critica ai gate, basata su documentazione tecnica approfondita, è fondamentale per prendere decisioni ponderate che guidino il progetto verso il successo complessivo.

Le fasi principali di questo modello sono [14] :

- Idea e Pianificazione Iniziale:

La prima fase del processo di sviluppo è caratterizzata dalla generazione dell'idea iniziale dove l'obiettivo è definire chiaramente il concetto di base del prodotto. La pianificazione iniziale comporta invece la stesura di una strategia globale che delinea il percorso da seguire nelle fasi successive.

La ricerca delle opportunità di mercato consiste nella generazione di nuove idee e porta innovazione all'interno dell'azienda; questo processo può essere categorizzato in ricerca attiva o ricerca passiva: la ricerca passiva si verifica quando le opportunità emergono casualmente mentre si svolge il normale lavoro quotidiano mentre la ricerca attiva implica uno sforzo intenzionale nell'indagare il mercato che può comprendere ricerche approfondite, analisi di banche dati brevettuali e la stimolazione dei dipendenti ad esprimere la propria creatività.

Le fonti esterne sono un elemento fondamentale nella ricerca attiva delle opportunità di mercato, tra le quali:

▪ **Utilizzatori e Lead Users:**

Coinvolgere gli utilizzatori e coloro che sono avanti rispetto alle tendenze del mercato può fornire preziosi input per l'innovazione.

▪ **Distributori, Servizi di Manutenzione:**

Collaborare con distributori e fornitori di servizi di manutenzione può offrire insight sulla domanda del mercato e sulle esigenze dei clienti.

▪ **Brevetti:**

L'analisi dei brevetti esistenti può rivelare opportunità inesplorate e fornire un quadro delle iniziative in corso nel settore.

▪ **Società Specializzate ed Esperti:**

Consultare società specializzate ed esperti del settore può offrire una prospettiva esterna e approfondita sulle tendenze e le opportunità emergenti.

- **Confronto con Prodotti della concorrenza (Benchmarking):**

Analizzare i prodotti della concorrenza attraverso il benchmarking fornisce un'ulteriore fonte di ispirazione e consapevolezza del posizionamento sul mercato.

- **Fornitori:**

Coinvolgere i fornitori può essere utile per comprendere le nuove tecnologie e le soluzioni disponibili sul mercato.

Parallelamente, vi posso essere fonti anche interne all'azienda:

- **Progettisti, Ricercatori:**

I progettisti e i ricercatori interni sono spesso le risorse primarie per l'innovazione, portando avanti idee originali e soluzioni creative.

- **Commerciali, Marketing, Venditori:**

Il personale commerciale, di marketing e i venditori hanno una comprensione diretta delle esigenze e dei feedback dei clienti, fornendo un'importante prospettiva dal lato del mercato.

- **Manager dell'Azienda, Dipendenti:**

Coinvolgere i manager e i dipendenti di tutti i livelli nell'azienda può stimolare la condivisione di idee e contribuire ad un ambiente di lavoro innovativo.

L'approccio ottimale coinvolge una combinazione equilibrata di ricerca passiva e attiva, sfruttando sia fonti esterne che interne. La sinergia tra queste fonti fornisce un quadro completo delle opportunità di mercato, creando le basi per lo sviluppo di nuovi prodotti e l'innovazione continua.

- Product Concept e Test (Progettazione Concettuale):

La seconda fase si concentra sulla progettazione concettuale del prodotto dove l'idea prende forma attraverso concept e prototipi che vengono poi testati per valutarne la fattibilità e l'accettazione da parte del pubblico di riferimento.

L'output di questa fase è un documento articolato che comprende un quadro dinamico sviluppato con attenzione ai bisogni e alle aspettative dei clienti, atto a garantire il successo complessivo del prodotto.

La sua essenza è improntata a rispondere in maniera approfondita a diversi aspetti:

- **Concetto del Prodotto:**

Comprende una definizione chiara delle funzionalità del prodotto in relazione ai bisogni dei clienti, sottolineando come il prodotto soddisfi specifiche esigenze.

- **Destinatari:**

Identifica chiaramente a quali segmenti di mercato il prodotto è destinato, considerando variabili come aree geografiche, demografia e comportamenti d'acquisto.

- **Differenziazione dalla Concorrenza:**

La mappa di posizionamento delineata nel concetto fornisce una visione dettagliata di come il prodotto si colloca rispetto ai competitor, mettendo in evidenza le caratteristiche distintive che lo rendono unico.

- **Rappresentanza per i Clienti:**

Va oltre la mera descrizione fisica del prodotto, affrontando il significato emotivo e funzionale che aggiunge alla vita del cliente, creando un legame profondo.

- **Stima di Ricavi e Costi:**

Incorpora una valutazione realistica delle proiezioni finanziarie, contribuendo a delineare la sostenibilità economica del progetto.

Questo concetto del prodotto non è solo un punto di partenza, ma agisce come guida dinamica che influisce su ogni decisione e azione successive. La sua centralità nello sviluppo di nuovi prodotti risiede nella sua capacità di offrire una visione coerente e orientata al cliente, creando le basi per il successo finale del prodotto sul mercato.

- Pre-Design (Progettazione a Livello di Sistema):

La fase di pre-design porta il prodotto a un livello di definizione più approfondito, focalizzandosi sulla progettazione a livello di sistema. In questo stadio si delineano gli elementi chiave del prodotto e si valutano le possibili soluzioni tecnologiche.

La fase di pre-design nel processo di sviluppo prodotto rappresenta il momento in cui viene delineata l'architettura del prodotto suddividendo l'intero sistema in sottosistemi o componenti distinti, ciascuno con le proprie caratteristiche e funzioni specifiche. Questa fase pone le basi per il successivo sviluppo dettagliato del prodotto, contribuendo a definire la struttura e le dinamiche che lo guideranno.

In questa fase si devono effettuare diverse scelte:

- **Architettura di Prodotto (Modulare o Integrale):**

L'approccio modulare prevede una suddivisione del prodotto in componenti autonomi, facilitando la sostituibilità e l'aggiornamento. Al contrario, l'architettura integrale si basa su un design più integrato, ottimizzato per la massima efficienza.

- Carry Over:

La decisione sul carry-over, ovvero la percentuale di riutilizzo dei componenti esistenti, è parte integrante del pre-design. Si deve valutare se utilizzare parti già in uso oppure optare per nuovi componenti, bilanciando l'efficienza del riutilizzo con la necessità di innovazione.

- Coinvolgimento dei Fornitori (Co-design) e Scelte di Make or Buy:

La collaborazione con i fornitori contribuisce alla definizione dettagliata dei componenti. Inoltre, si effettuano valutazioni inerenti alla scelta tra produzione interna (make) o acquisto esterno (buy).

- Pianificazione in Dettaglio del Progetto, Risorse e Tempi:

La pianificazione dettagliata del progetto è una componente critica del pre-design. Questa fase richiede la definizione chiara delle risorse necessarie, compresi materiali e manodopera, e una stima accurata dei tempi di sviluppo.

Durante la fase di pre-design, l'attenzione è posta sulle decisioni fondamentali che influenzano la struttura del prodotto e la sua realizzazione pratica. Il coinvolgimento precoce dei fornitori, la scelta di un'architettura appropriata e la pianificazione dettagliata del progetto invece sono elementi interconnessi che assicurano una transizione fluida verso le fasi successive del processo di sviluppo prodotto.

- Progettazione di Dettaglio e Sperimentazione:

In questa fase si passa dalla definizione dei sottosistemi ai singoli componenti, affrontando aspetti chiave come la definizione delle specifiche tecniche, il dimensionamento degli organi e la produzione dei disegni dettagliati. Questa fase è caratterizzata da una serie di attività mirate a trasformare il concept in una realtà tangibile.

- Definizione delle Specifiche Tecniche:

Si passa dalla visione di alto livello a una definizione più dettagliata dei componenti. Le specifiche tecniche del prodotto vengono chiaramente stabilite, guidando il processo di progettazione verso una realizzazione pratica.

- Dimensionamento Organi e Produzione dei Disegni:

Il dimensionamento accurato degli organi serve a garantire il corretto funzionamento del prodotto. Contestualmente si procede alla produzione dei disegni dettagliati che fungono da guida per la realizzazione pratica coinvolgendo aspetti come materiali, tolleranze e geometrie.

- **Sperimentazione (Testing and Refinement) con Prototipi:**

I prototipi svolgono tre funzioni chiave: la verifica con i clienti, permettendo di raccogliere feedback diretti; la verifica dell'affidabilità e prestazioni attraverso test, come ad esempio i crash test, e la verifica della producibilità del prodotto testando il processo produttivo nella pratica.

Il risultato di questa fase è una documentazione tecnica completa e file/documenti dettagliati che descrivono il prodotto nei minimi dettagli, includendo anche informazioni sui processi di produzione. Questa documentazione diventa fondamentale per le fasi successive del processo, fungendo da riferimento per la produzione, il controllo di qualità e altre attività correlate.

- Avviamento della Produzione e Ramp Up/Serie:

Con la progettazione completata e i test superati con successo il processo si sposta verso l'avviamento della produzione; questa fase prepara l'infrastruttura necessaria per la produzione su larga scala garantendo che i processi siano efficienti e pronti per la produzione di massa. L'ultima fase del processo si concentra sulla preparazione del lancio e sul lancio effettivo del prodotto sul mercato.

- **L'Avviamento della Produzione:**

L'avviamento della produzione è un complesso processo che implica diversi aspetti essenziali per garantire un flusso di produzione efficiente e di alta qualità. Ciò include la messa a punto degli impianti e delle attrezzature, assicurando che siano operativi e configurati per massimizzare l'efficienza. Contestualmente si procede alla messa a punto del prodotto stesso, apportando eventuali modifiche identificate durante le fasi di progettazione e prototipazione. Un aspetto critico è l'addestramento della manodopera, il quale garantisce che il personale sia preparato a gestire le nuove fasi di produzione.

- **Produzione Iniziale per il Rifornimento del Canale Distributivo:**

La produzione iniziale non è solo una fase di test, ma svolge un ruolo fondamentale nel rifornire il canale distributivo prima del lancio ufficiale sul mercato. Garantendo una fornitura adeguata ai punti vendita si crea una disponibilità immediata del prodotto al momento del lancio, contribuendo a generare interesse e soddisfare la domanda iniziale dei consumatori.

Questo periodo di avviamento è cruciale per consolidare il successo futuro del prodotto.

Una messa a punto accurata e una produzione iniziale ben gestita non solo garantiscono la qualità del prodotto ma creano anche le condizioni per un ingresso vincente sul mercato.

In conclusione, lo sviluppo del prodotto rappresenta un elemento cruciale per l'azienda poiché la creazione di valore per i clienti è strettamente legata alla qualità, ai tempi, ai costi e all'innovazione dei prodotti offerti. La gestione efficace di questo processo richiede un approccio strutturato e disciplinato che sia in grado di garantire il successo complessivo del progetto ed il modello Stage & Gate si configura come uno strumento essenziale in questo contesto offrendo una struttura chiara e organizzata che facilita il controllo e la gestione del processo di sviluppo del prodotto. Attraverso la definizione di stage ben definiti e momenti decisionali critici ai gate questo modello promuove la qualità, la tempestività, il controllo e il miglioramento continuo, contribuendo così al successo complessivo del progetto. L'adozione di una metodologia strutturata come lo Stage & Gate, insieme ad una comprensione approfondita delle fasi e delle attività coinvolte nello sviluppo del prodotto, è fondamentale per guidare l'azienda verso il successo sul mercato e per garantire una posizione competitiva nel panorama aziendale.

1.3 La Supply Chain nell'ambito dello sviluppo prodotto

1.3.1 Introduzione

Nell'ambito aziendale contemporaneo la gestione efficace della Supply Chain e dello sviluppo di nuovi prodotti rappresentano due elementi chiave per il successo e la competitività delle imprese. In questa sezione verrà esplorata attentamente la relazione dinamica che intercorre tra questi due concetti fondamentali, mettendo in evidenza le caratteristiche comuni e gli impatti reciproci. In particolare, verrà esaminato come la complessità dei prodotti o dei progetti possa influenzare la gestione della catena di approvvigionamento e lo sviluppo di nuovi prodotti. Inoltre, ci si concentrerà sull'importanza dell'integrazione tra queste due componenti per potenziare le performance aziendali complessive. Questa analisi ci consentirà di comprendere meglio come le aziende possano ottimizzare le proprie operazioni e conseguire vantaggi competitivi attraverso una gestione strategica e sinergica di SCM e dello sviluppo di nuovi prodotti.

Partendo da una revisione della letteratura si nota che vi sono pochi contributi che cercano di creare un ponte tra i due campi [17] mostrando la necessità di uno sviluppo ulteriore in questo campo ed inoltre il potenziale che potrebbe scaturirne.

Come scritto da Caniato [18] :

“ad esempio, lo sviluppo di un nuovo prodotto potrebbe essere a rischio quando la fornitura di materiali e componenti specifici non è assicurata in modo efficiente. Pertanto, l'integrazione delle due aree funzionali è certamente vantaggiosa e, per alcuni prodotti, potrebbe anche essere semplicemente necessaria”.

La frase mette in luce l'importanza di considerare attentamente la gestione della catena di approvvigionamento durante il processo di sviluppo del prodotto al fine di ridurre i rischi e massimizzare le opportunità di successo.

Nei prossimi paragrafi ci si concentrerà sul rapporto tra le caratteristiche del prodotto e la progettazione di una Supply Chain efficace.

1.3.2 Integrazione del Design for Supply Chain nel Concurrent Engineering

Negli ultimi decenni, l'ambiente competitivo ha registrato un aumento significativo della diversità delle richieste dei consumatori determinando un'espansione considerevole della varietà di prodotti offerti dalle imprese e una riduzione dei tempi di vita dei prodotti stessi. Questa tendenza ha generato una maggiore incidenza del rischio di obsolescenza delle scorte e ha enfatizzato l'importanza della rapidità nell'introdurre i prodotti sul mercato, noto come "time to market".[19]

Questi cambiamenti fanno riflettere sul fatto che il semplice allineamento tra le decisioni concernenti la progettazione del processo produttivo e del prodotto non è più adeguato, diventa dunque essenziale includere anche una sincronizzazione con le decisioni legate alla gestione della Supply Chain. [20]

Questo fenomeno ha portato ad un ampliamento del concetto di Concurrent Engineering per includere valutazioni sulla progettazione di una Supply Chain efficace insieme alle attività che richiedono una considerazione simultanea. Questo ha dato origine al concetto di Concurrent Engineering Tridimensionale.[21]

Fine [22] sostiene che l'integrazione del disegno dei prodotti, dei processi produttivi e delle supply chain diventa un requisito imprescindibile una volta compresa l'importanza strategica della Supply Chain. Inoltre, l'autore evidenzia come la formazione di Team Integrati di Prodotto (IPTs), composti da membri dei team di sviluppo prodotto, sviluppo processo e sviluppo della Supply Chain, rappresenti un efficace approccio per implementare il Concurrent Engineering tridimensionale senza alterare significativamente i processi organizzativi e la struttura aziendale. Questi IPTs lavorano in parallelo ai team di sviluppo, assumendosi la responsabilità delle decisioni relative alle attività condivise che richiedono una valutazione da diverse prospettive.

Diversi studiosi hanno dedicato sforzi all'analisi dei benefici derivanti dalla collaborazione nel processo di sviluppo che coinvolge il prodotto, il processo produttivo e la Supply Chain, ad esempio Ellram et al. nel loro articolo [23], hanno sintetizzato alcuni dei vantaggi del Concurrent Engineering Tridimensionale (3DCE) derivanti dall'esame della letteratura, prendendo in considerazione le interazioni bilaterali tra le tre dimensioni: prodotto, processo e Supply Chain:

- Processo e prodotto:

Il Concurrent Engineering (CE) per processo e prodotto offre vantaggi che includono la riduzione dei tempi e dei costi di sviluppo, miglioramento della qualità del prodotto, semplificazione dei processi produttivi e minore necessità di modifiche al disegno finale del prodotto nelle fasi conclusive dello sviluppo.

- Supply Chain e processo:

L'integrazione tra Supply Chain e processo coinvolge non solo la progettazione dei processi produttivi ma anche la progettazione dei sistemi informativi, dei sistemi di controllo delle scorte e dei sistemi di trasporto: questa sinergia può portare a una riduzione dei costi della supply chain, una riduzione delle scorte, un miglioramento dell'accuratezza delle informazioni scambiate e un aumento dell'efficienza della distribuzione.

- Supply chain e prodotto:

L'integrazione tra prodotto e Supply Chain riguarda il coinvolgimento precoce dei fornitori nelle fasi iniziali dello sviluppo del nuovo prodotto, la raccolta delle richieste dei clienti e la loro trasformazione in obiettivi aziendali ed infine la progettazione dei canali di distribuzione del prodotto.

I principali vantaggi di questa sinergia includono la riduzione dei rischi nella relazione cliente-fornitore, la diminuzione dei tempi e dei costi di sviluppo del prodotto e un aumento della soddisfazione dei clienti.[18]

1.3.3 Relazione tra Supply Chain e sviluppo prodotto

Soffermandosi ora unicamente sull'analisi della coppia sviluppo nuovo prodotto e Supply Chain.

Alcuni studiosi [19], [24], [25] si riferiscono al concetto di "allineamento" per descrivere il processo di integrazione e coordinamento tra lo sviluppo di nuovi prodotti e la progettazione della Supply Chain; mentre altri autori [26], [27] hanno adottato il termine "Design for Supply Chain" per descrivere l'approccio con cui vengono sviluppati congiuntamente il prodotto e la catena di fornitura.

Indipendentemente dalla terminologia utilizzata la letteratura evidenzia l'importanza di allineare le caratteristiche del prodotto con quelle della catena di fornitura. Questo obiettivo non è raggiunto solamente selezionando la strategia e la configurazione della Supply Chain più adatte alle specifiche del prodotto, ma anche anticipando i vincoli della Supply Chain durante la fase di progettazione del prodotto. Questo approccio mira ad evitare ritardi nel

lancio dei nuovi prodotti dovuti alla mancata prontezza, a mantenere i costi sotto controllo e a massimizzare le prestazioni del servizio offerto dalla Supply Chain.[25]

Le tecniche emerse dalla letteratura accademica per ottenere l'integrazione tra lo sviluppo di nuovi prodotti e il design della catena di fornitura, come il Design for Logistics, l'Early Supplier Involvement e la Mass Customization, sono state riassunte da Kaminsky e Simchi-Levi nel loro libro "Designing and Managing the Supply Chain" [27]

- Design for Logistics

Il primo approccio, noto come Economic Packaging and Transportation si concentra sul progettare i prodotti in modo che possano essere imballati in modo ottimale. Questo riduce i costi di trasporto, specialmente se le restrizioni sulle dimensioni sono più stringenti rispetto a quelle sul peso. Inoltre, i prodotti compattamente imballati richiedono meno spazio di magazzino riducendo così i costi di mantenimento degli stock come il costo di manipolazione e l'affitto dello spazio.

Il secondo approccio, denominato Concurrent and Parallel Processing (processi simultanei e paralleli), mira a progettare il prodotto in modo che alcune fasi del processo produttivo, tradizionalmente sequenziali, possano essere eseguite contemporaneamente; questo accorcia il tempo di produzione e, di conseguenza, riduce la necessità di stock a causa di una minore incertezza nella previsione della domanda. Questo approccio può coinvolgere la separazione fisica dei componenti durante la produzione e l'esecuzione dei loro processi produttivi in modo indipendente e parallelo; ciò consente anche una gestione differenziata degli stock per i vari componenti, aumentando i livelli di stock solo per i componenti con rischi di fornitura o di processo più elevati.

Infine, il terzo approccio, noto come Standardization (standardizzazione), punta a progettare il prodotto per ridurre i costi della Supply Chain dovuti alla varietà e all'incertezza della domanda.

- Early supplier involvement

Il concetto di Early Supplier Involvement (ESI) indica l'iniziativa di coinvolgere i fornitori fin dalle prime fasi del processo di sviluppo di un nuovo prodotto, includendoli nella fase decisionale relativa ai componenti che costituiranno il prodotto in fase di sviluppo.[29]

Attraverso l'adozione di questa pratica le imprese possono conseguire significativi vantaggi, tra cui la riduzione dei costi e dei tempi di sviluppo del prodotto, una diminuzione dei costi dei materiali acquistati e un miglioramento della loro qualità, oltre ad un aumento

del livello di innovazione tecnologica del prodotto finito. Questi benefici derivano dalla capacità dell'azienda di delegare alcune attività ai fornitori, consentendole di concentrarsi sulle proprie competenze principali, nonché dall'opportunità di sfruttare le competenze dei fornitori e integrare le nuove tecnologie da essi sviluppate nei propri prodotti.

Diventa poi essenziale selezionare i fornitori più idonei; questa selezione deve avvenire considerando sia i criteri tradizionali come capacità, costi e tempi di risposta, sia valutando le loro competenze nello sviluppo del prodotto, il loro interesse nel processo collaborativo e la disponibilità di risorse umane e temporali necessarie per partecipare attivamente al processo.

- Mass Customization

La Mass Customization, un concetto introdotto da Pine II (1993) [30], è una tecnica per realizzare l'integrazione tra lo sviluppo di nuovi prodotti e il design della Supply Chain.

La Mass Customization (MC) rappresenta un approccio evolutosi dai due principali paradigmi di produzione del ventesimo secolo: la produzione artigianale e la produzione di massa. La produzione artigianale coinvolge l'uso di manodopera altamente qualificata e flessibile, con un focus sulla differenziazione e specializzazione dei beni. Tuttavia, le organizzazioni che adottano questo modello, note come organizzazioni organiche, spesso affrontano sfide nella regolazione della qualità e della produttività, portando a costi di produzione più elevati.

D'altra parte, la produzione di massa è caratterizzata dalla realizzazione efficiente di grandi quantità di beni standardizzati, facilitata dall'automazione e da rigidi protocolli di lavoro, permettendo un controllo stretto delle performance e la riduzione dei costi.

In passato, le aziende dovevano scegliere tra questi due approcci, compiendo compromessi tra costo e varietà dei prodotti. Tuttavia, con lo sviluppo della Mass Customization, è stato possibile unire i vantaggi della produzione artigianale con quelli della produzione di massa, permettendo la realizzazione rapida e conveniente di una vasta gamma di prodotti customizzati.

La Mass Customization viene realizzata mediante l'impiego di unità modulari composte da lavoratori altamente specializzati in diverse attività. Il successo di ciascun modulo dipende dalla sua efficienza nel completare il compito assegnatogli ed il compito del management è quello di combinare efficacemente questi moduli per soddisfare le esigenze dei clienti. Grazie alla specializzazione delle unità si ottengono livelli di efficienza simili alla

produzione di massa, mentre la flessibilità nell'assemblaggio dei moduli consente un'elevata differenziazione dei prodotti, tipica della produzione artigianale.

Per implementare la Mass Customization, vengono utilizzati meccanismi come il postponement, che consente di personalizzare i prodotti in base alle richieste dei clienti dopo aver ricevuto l'ordine, e l'integrazione dei fornitori nel processo di sviluppo del nuovo prodotto, specialmente se i moduli sono prodotti da aziende diverse.

Su questa tecnica si soffermano anche altri studiosi che hanno riconosciuto l'importanza dell'impatto delle caratteristiche del prodotto, specialmente la modularità, sull'estensione delle interazioni tra i partner nella Supply Chain.[31]

1.3.4 Supply Chain, Sviluppo prodotto e complessità dei progetti

Da uno studio effettuato da Caniato et al. [18] emerge come vi siano alcune correlazioni tra gli ambiti di Supply Chain, sviluppo prodotto e la complessità dei progetti o dei prodotti sviluppati. Un esempio indiscutibile è quello del progetto di sviluppo del Boeing 787 dove la complessità del prodotto, manifestata dal numero di componenti e tecnologie coinvolte (per esempio, l'impiego diffuso di materiali compositi), insieme alla scelta di affidare lo sviluppo a diversi fornitori di primo e secondo livello, distribuiti globalmente, ha generato diversi problemi e ritardi. Questi ostacoli hanno richiesto azioni correttive nella progettazione e gestione della catena di approvvigionamento (SC).

Come si è visto nel paragrafo precedente la modularità di un prodotto influenza le performance di una supply chain e poiché [18] :

“la modularità è una reazione alla crescente complessità dei prodotti, riteniamo che la complessità sia un'altra (e più fondamentale) caratteristica dei prodotti quando si tratta della loro relazione con le SC”

si può desumere allora come la complessità di un prodotto definita come la quantità di materiali e componenti, il numero di livelli nella distinta base o la varietà di tecnologie presenti all'interno di un prodotto [21], [32], [33] sia una caratteristica rilevante e da tenere sotto osservazione quando si parla di struttura di una Supply Chain nell'ambito dello sviluppo prodotto.

La complessità del prodotto può essere vista come un catalizzatore dell'integrazione della Supply Chain, poiché è ampiamente riconosciuto che una maggiore complessità del prodotto porti ad una maggiore complessità della Supply Chain [34].

L'integrazione della Supply Chain, definita da Caniato[18] come :

“ un fattore che raggruppa tre elementi, ovvero la riprogettazione della strategia di fornitura, lo sviluppo dei fornitori e il coordinamento con i fornitori”

può essere vista come un modo per gestire tale complessità. Tuttavia, è importante considerare che la complessità del prodotto potrebbe anche ostacolare i benefici dell'integrazione della Supply Chain sulle prestazioni operative, rendendo l'integrazione stessa più difficile [12]. In altre parole, con un aumento della complessità del prodotto, gli effetti positivi dell'integrazione della Supply Chain potrebbero diminuire.

Nel risultato della ricerca di Caniato [18] si evince che

- L'integrazione delle Supply Chain ha un impatto positivo e significativo su tutte le misure di performance, tranne che per la qualità. Riguardo a questa eccezione, possono essere ipotizzate due spiegazioni alternative: la qualità potrebbe essere diventata una semplice condizione di base nel mercato, quindi presa per scontata, senza percepire reali benefici dai programmi di integrazione della catena di approvvigionamento e dalla qualità dei fornitori; oppure, anche con Supply Chain integrate, potrebbe risultare complesso gestire la qualità in modo tale da renderla un fattore di successo.
- La complessità del prodotto esercita un'influenza negativa moderata sulla relazione tra l'integrazione della Supply Chain e le performance sia dell'innovazione che della flessibilità.

Ed inoltre la complessità del prodotto influisce negativamente sulla relazione tra integrazione delle Supply Chain e le performance, ma questo impatto è limitato solo alle dimensioni specifiche dell'innovazione e della flessibilità, mentre per tutte le altre dimensioni non vi è alcun effetto. Infatti, in diverse dimensioni di performance più "tradizionali", l'integrazione delle Supply Chain risulta vantaggiosa, indipendentemente dalla complessità dei prodotti. Tuttavia, sebbene la complessità del prodotto non

rappresenti un ostacolo significativo per l'integrazione della Supply Chain in termini di raccolta degli effetti, l'impatto negativo sulla performance dell'innovazione suggerisce che la complessità del prodotto potrebbe influenzare l'efficacia delle pratiche di integrazione combinate (cioè Supply Chain e sviluppo prodotto), poiché la performance dell'innovazione è uno degli obiettivi principali dell'integrazione dello sviluppo prodotto.

In sintesi, per alcuni tipi di prodotti, come quelli caratterizzati da una complessità elevata, l'integrazione può diventare persino una necessità per garantire con successo la loro realizzazione. Tuttavia, non si osserva che la complessità del prodotto comprometta i vantaggi derivanti dall'integrazione.

Riassumendo, l'integrazione sinergica tra Supply Chain e lo sviluppo di nuovi prodotti emerge come un elemento cruciale per il successo e la competitività delle imprese nel contesto aziendale contemporaneo. Come evidenziato dalla ricerca, l'analisi della relazione dinamica tra questi due concetti fondamentali rivela un intricato intreccio di impatti reciproci e opportunità di ottimizzazione delle performance aziendali.

La complessità dei prodotti o dei progetti si configura come un fattore da considerare attentamente poiché influisce direttamente sulla gestione della catena di approvvigionamento e sullo sviluppo di nuovi prodotti. Tuttavia, è fondamentale riconoscere che, sebbene la complessità possa rappresentare una sfida, essa può anche fungere da catalizzatore per l'integrazione efficace della Supply Chain.

L'integrazione della Supply Chain, attraverso pratiche come il Design for Logistics, l'Early Supplier Involvement e la Mass Customization, si rivela pertanto essenziale per affrontare le sfide derivanti dalla complessità del prodotto. Queste pratiche non solo consentono di ottimizzare le operazioni aziendali e ridurre i rischi, ma anche di massimizzare le opportunità di successo e innovazione.

Inoltre, si sottolinea l'importanza di considerare attentamente l'impatto della complessità del prodotto sull'efficacia dell'integrazione della Supply Chain. Sebbene la complessità possa influenzare la performance dell'innovazione e della flessibilità, l'integrazione rimane vantaggiosa in molte altre dimensioni di performance, confermando il suo ruolo cruciale nel conseguimento di vantaggi competitivi.

Da questa ricerca emerge come in letteratura vi siano dei testi riguardanti la sinergia tra i due ambiti, si descrive inoltre quali pratiche consentano di affrontare nel modo migliore lo sviluppo prodotto da parte della Supply Chain e che la complessità dei progetti risulta

essere un fattore che gioca un ruolo in questo ambito. Tuttavia la ricerca non ha riportato risultati per quanto riguarda dei metodi per misurare questa complessità o altre performance attuate dalla Supply Chain nell'ambito dello sviluppo prodotto.

1.4 Metodi decisionali multicriterio

Nel seguente capitolo saranno presentati i Multi Criteria Decision-making Methods (MCDM), cioè metodi decisionali multicriterio, con particolare enfasi sull'adattamento alle esigenze aziendali, che spesso richiedono un'analisi rapida e obiettiva dei dati. Saranno considerati aspetti come la semplicità metodologica, la base razionale del processo decisionale e la capacità di valutare contemporaneamente diversi criteri e alternative.

In seguito, sarà approfondito l'Analytic Hierarchy Process (AHP), un metodo MCDM, e l'introduzione del metodo delle S-curves, utilizzato per standardizzare le valutazioni e facilitarne il confronto.

1.4.1 Il processo decisionale

Spesso si è chiamati a prendere decisioni che non si basano solo su metodologie analitiche, ma anche sull'esperienza personale. Tuttavia, quando ci si trova di fronte a situazioni nuove o complesse, diventa cruciale avere a disposizione informazioni dettagliate e complete, e può essere necessario valutare simultaneamente diversi fattori.

In generale, si possono distinguere due tipologie di decisioni: quelle intuitive, che non dipendono da dati o da un approccio metodologico specifico, e quelle analitiche, che si basano su modelli e dati che consentono al decisore di giungere a una scelta ben informata. Una decisione può essere definita come il processo di valutazione tra varie opzioni disponibili, il quale avviene sulla base di preferenze specifiche e mira al raggiungimento di un obiettivo prefissato. La teoria delle decisioni rappresenta un approccio scientifico per affrontare problemi complessi, fornendo strumenti matematici che supportano il processo decisionale. Il suo obiettivo principale è modellare un problema attraverso un approccio matematico e trovare una soluzione ottimale o, se necessario, subottimale. Tale teoria ha ampie applicazioni in settori come l'economia, l'ingegneria, la logistica, la progettazione dei servizi e le tecnologie.

Fino agli anni '60, la teoria delle decisioni ha offerto un approccio risolutivo ai problemi decisionali, utilizzando un metodo matematico basato sull'ottimizzazione lineare a singolo criterio; questo metodo ha trasformato il processo decisionale in un problema di ottimizzazione, cercando l'alternativa che massimizzasse o minimizzasse un criterio specifico. Queste tecniche mono-criteriali presentavano vantaggi come l'applicabilità diretta, la chiara definizione degli elementi del problema e l'obiettivo esplicito, spesso con programmazione lineare.

Tuttavia, questo approccio si dimostrava limitato in situazioni decisionali complesse. Negli anni '70 sono stati sviluppati metodi di analisi multicriteriale, noti come Multi-Criteria Decision making Methods (MCDM), per affrontare la complessità dei processi decisionali. Questi metodi consentono di considerare diversi criteri nello stesso processo decisionale, permettendo di confrontare e ordinare le alternative in base a obiettivi spesso contrastanti. L'analisi multicriteriale non mira a fornire soluzioni ottimali, ma piuttosto a supportare il decisore nell'individuare una scelta soddisfacente; infatti, secondo Herbert Simon [35], l'obiettivo non è necessariamente trovare l'alternativa "migliore", ma piuttosto identificare quelle che "soddisfano" un insieme di standard definiti. Questa metodologia è adatta per affrontare problemi complessi in cui le alternative possono avere caratteristiche intangibili e permette di valutare l'efficacia complessiva delle diverse opzioni, fornendo al decisore informazioni utili per compiere una scelta consapevole delle conseguenze.

1.4.2 L'Analytic Hierarchy Process

L'Analytic Hierarchy Process (AHP) è un metodo strutturato gerarchicamente che consente la valutazione di diverse alternative considerando più criteri contemporaneamente.

Questa metodologia venne sviluppata dal matematico statunitense Thomas L. Saaty tra il 1971 e il 1975, mentre stava lavorando alla pianificazione delle emergenze per conto del Dipartimento della Difesa e svolgendo progetti di ricerca per l'Arms Control e la Disarmament Agency. La teoria raggiunse una fase di maturità intorno al 1973, dopo una serie di ricerche condotte da Saaty per la National Science Foundation (NSF) e venne successivamente sviluppata nei due anni successivi.

L'AHP utilizza approcci quantitativi nell'ambito dei processi decisionali per determinare priorità e quantificare valutazioni che sono spesso di natura intangibile e soggettiva. [36], [37]

L'AHP fornisce un sistema di supporto decisionale basato su una logica multicriterio, permettendo ai decisori di identificare la soluzione più idonea alle loro esigenze. Questa metodologia è particolarmente utile per risolvere problemi decisionali complessi, caratterizzati da numerosi fattori interconnessi e relazioni intricate, che richiedono la valutazione di una vasta gamma di informazioni.

Per comprendere appieno questa metodologia, è essenziale definire i seguenti concetti:

- Analytic:

Si riferisce ad un metodo decisionale che si avvale di ragionamenti logico-matematici. Questo approccio coinvolge la scomposizione di un problema complesso nei suoi elementi fondamentali, facilitando così l'analisi e la comprensione.

- Hierarchy:

Indica un sistema di classificazione degli elementi in una gerarchia, dove ciascuno è subordinato ad uno o più elementi, ad eccezione di quello posto al livello più alto. Le strutture gerarchiche permettono di scomporre una realtà complessa in unità sempre più dettagliate, facilitando la comprensione del fenomeno studiato.

- Process:

Si riferisce ad una serie di attività interconnesse che generano valore, trasformando gli input in output finali. Nel contesto del processo analitico gerarchico, si tratta di un insieme di azioni mirate a misurare e sintetizzare numerosi criteri e sottocriteri al fine di raggiungere una decisione che soddisfi al meglio l'obiettivo prefissato.

La tecnica AHP consiste nella creazione di una struttura gerarchica che si estende da due a più livelli, conosciuta come gerarchia di dominanza. In questa struttura, il problema decisionale viene suddiviso in sotto-problemi più gestibili, che includono:

- Un obiettivo finale: che rappresenta il risultato che il decisore mira a conseguire.
- Criteri e sottocriteri decisionali: che sono gli attributi utilizzati per valutare le alternative in base al raggiungimento dell'obiettivo stabilito.
- Le alternative: che sono le diverse opzioni disponibili per il decisore.

La metodologia AHP si basa sui principi della "decomposizione" e della "sintesi", facilitando così la valutazione e la decisione.

L'AHP secondo Falcone e Saaty [37] :

“scomponere una situazione complessa e non strutturata in una serie di elementi, definiti criteri e alternative, e li colloca poi in una struttura gerarchica articolata su più livelli. L'obiettivo è allocato al livello più elevato, le diverse alternative al livello più basso, i criteri e sub-criteri ai livelli intermedi”.

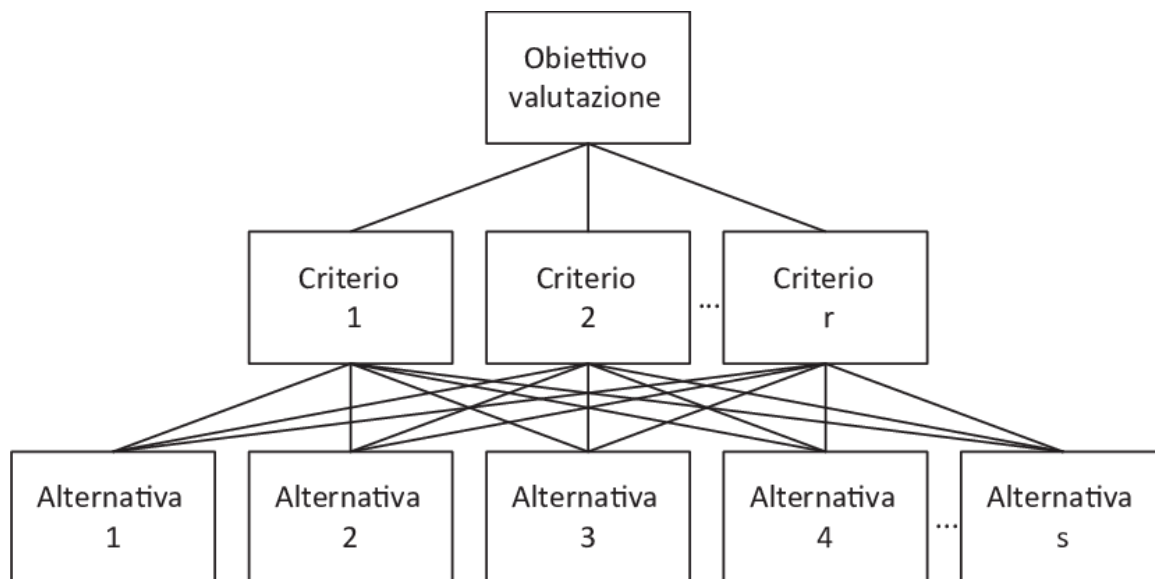


Fig 1.4 Struttura del metodo AHP [37]

Il ruolo di ogni decisore è quello di valutare le coppie di elementi del livello inferiore, confrontandoli tra loro ed assegnando un valore numerico che rappresenti l'importanza relativa di ciascun elemento all'interno della gerarchia, in relazione all'elemento presente al livello superiore.

In linea generale i criteri sono valutati rispetto all'obiettivo globale, mentre gli obiettivi specifici (anche chiamati criteri-foglia) sono valutati rispetto al criterio di appartenenza e le alternative sono valutate in base all'obiettivo specifico cui si riferiscono.

Infine, si applica il principio della sintesi, cioè dopo aver effettuato i confronti a coppie e la ponderazione, l'AHP sintetizza le informazioni dei giudizi formulati per individuare l'alternativa che presenta il livello più alto di desiderabilità globale, tenendo conto dei criteri considerati.

L'Analytic Hierarchy Process (AHP) è una metodologia di analisi multicriteriale caratterizzata dai seguenti tratti [33]:

- Essere semplice;
- Adattarsi sia ai singoli individui sia ai gruppi di persone;
- Essere spontaneo per l'intuito e il pensiero umani;
- Favorire il compromesso e il consenso;
- Non richiedere un'eccessiva specializzazione;
- Permettere di riesaminare con facilità il processo che porta alla decisione.

L'approccio AHP offre ai decisori la possibilità di esaminare simultaneamente una vasta gamma di fattori, semplificando il processo decisionale attraverso la suddivisione del problema in parti più gestibili. Questo processo analitico gerarchico unisce due metodi fondamentali utilizzati dagli esseri umani per organizzare la conoscenza e analizzare i problemi decisionali: l'approccio deduttivo e l'approccio induttivo o sistematico.

L'approccio deduttivo si focalizza sugli elementi che compongono il sistema in esame, derivando da essi un'interpretazione dell'intero oggetto di analisi che segue logicamente; tuttavia, questo metodo presenta un limite nella sua incapacità di considerare i meccanismi di retroazione tra gli elementi del sistema e tra questi e l'ambiente circostante.

D'altra parte, l'approccio sistematico esamina il sistema nella sua totalità, senza concentrarsi eccessivamente sul ruolo specifico delle singole parti.

L'AHP integra entrambi gli approcci sopra descritti, poiché entrambi contribuiscono alla comprensione di un sistema complesso.

La combinazione di questi due metodi consente di mitigare i loro limiti e di sfruttare al meglio i loro punti di forza.[38]

In conclusione, l'Analytic Hierarchy Process (AHP) rappresenta un prezioso strumento nell'ambito della decisione offrendo un approccio strutturato e gerarchico per valutare alternative multiple secondo diversi criteri contemporaneamente. Questo metodo nel corso degli anni si è evoluto fino a diventare una metodologia consolidata per affrontare decisioni complesse.

Attraverso l'analisi logico-matematica, la decomposizione e la sintesi delle informazioni, l'AHP permette ai decisori di comprendere e confrontare una vasta gamma di fattori, semplificando il processo decisionale e favorendo il raggiungimento di un consenso.

La sua capacità di adattarsi sia a singoli individui che a gruppi, insieme alla sua facilità di applicazione e alla sua flessibilità, lo rende uno strumento prezioso in una varietà di contesti decisionali.

L'integrazione dell'approccio deduttivo e sistematico consente di superare i limiti di entrambi, consentendo una visione più completa e approfondita dei problemi decisionali complessi.

In definitiva, l'Analytic Hierarchy Process si distingue per la sua capacità di fornire una struttura razionale e rigorosa per la valutazione delle alternative, contribuendo così a migliorare la qualità delle decisioni prese.

1.4.3 Le S-Curves

In una situazione di decisione multicriterio basilare tutti i criteri vengono valutati utilizzando la stessa unità di misura (Es. dollari). Tuttavia, nei problemi reali di MCDM, è comune che i vari criteri siano espressi in unità di misura diverse: ad esempio, potrebbero coinvolgere valutazioni in dollari, peso, tempo, impatto politico, impatto ambientale. Questa diversità di dimensioni è ciò che complica il tipico problema di MCDM [39].

Per risolvere il problema di confrontare dimensioni aventi natura diversa è stata utilizzata la tecnica delle S-Curves: questa tecnica è stata utilizzata in un lavoro di Almeida et al. [40] dove viene utilizzata per valutare e confrontare criteri sociotecnici, economici e finanziari. il quale però fa riferimento ad un altro lavoro di Frank et al. [41] dove viene utilizzata anche qui per generalizzare i risultati di natura diversa come criteri soggettivi, economici e finanziari per poi essere utilizzati all'interno di un'altra tecnica decisionale multicriterio.

Qui di seguito un esempio di S-Curve utilizzata per generalizzare i risultati di un'analisi del Valore Attuale Netto di un progetto (VAN o NPV).

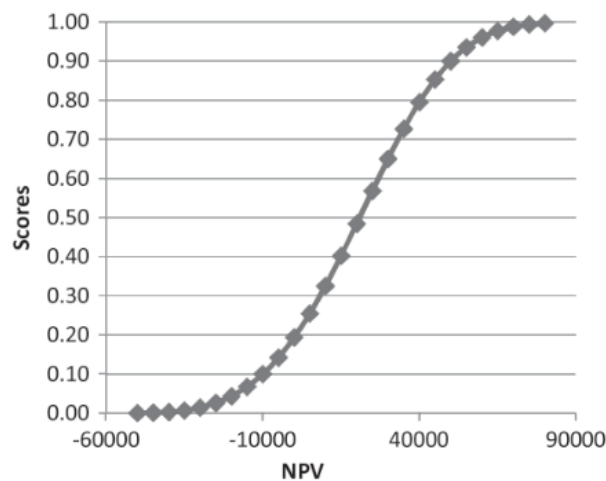


Fig 1.5 Esempio di S-curve per generalizzare risultati di NPV [36]

1.4.4 Utilizzo di metodi decisionali multicriterio all'interno della Supply Chain

In letteratura si trovano diversi articoli riguardanti l'applicazione del metodo AHP, utilizzato spesso in sinergia con tecniche di logica Fuzzy, tra i quali spiccano alcuni argomenti ricorrenti:

- Digital Supply Chain e Industria 4.0

Ad esempio il lavoro di Rangan et al.[42] spiega come il metodo AHP (Analytic Hierarchy Process) venga impiegato per valutare alternative volte a migliorare le prestazioni nella digital supply chain. Nella digital supply chain, l'AHP può essere utilizzato per valutare alternative riguardanti tecnologie digitali, processi di gestione, risorse umane, fornitori, sistemi di produzione, logistica dell'inventario e clienti digitali.

Altro esempio lo si trova nel testo di Maretto et al.[43] dove il modello decisionale sviluppato combina la logica Fuzzy con l'AHP e si basa su una classificazione gerarchica delle tecnologie digitali. Questo modello mira ad individuare non solo le singole tecnologie più performanti, ma anche gruppi di tecnologie simili e facilmente interconnettibili per massimizzare il valore della digitalizzazione con un approccio strutturato in tre livelli, ognuno dei quali ha una struttura simile, basata su obiettivi, criteri e alternative. In questo caso le valutazioni degli esperti vengono gestite attraverso la logica Fuzzy, che tiene conto dell'ambiguità e dell'incertezza nelle valutazioni. Questo approccio mira a massimizzare l'interconnessione e la condivisione dei dati tra le diverse tecnologie per ottenere il massimo beneficio dalla digitalizzazione degli impianti industriali.

Altri esempi si possono ritrovare in [44] dove il processo analitico gerarchico (AHP) è stato utilizzato al fine di identificare indicatori chiave per misurare il successo dell'implementazione dell'Internet of Things (IoT) e l'impatto dei fattori abilitanti sul successo globale dell'IoT nella supply chain; oppure in [45] dove è stato utilizzato per identificare i fattori chiave che influenzano la riconfigurazione del design di una Digital Supply Chain, nonché di dare priorità a tali fattori considerandone l'importanza relativa e sviluppare un framework per mitigare il livello di rischio.

- Sustainable Supply Chain e selezione fornitori

Il crescente interesse pubblico per le questioni ambientali e le normative governative stanno spingendo le aziende a considerare la gestione della Green Supply Chain come un tema cruciale per raggiungere la sostenibilità ambientale. La selezione dei fornitori è una delle attività operative fondamentali per costruire una Supply Chain ecosostenibile ed efficace. Si trovano alcuni esempi di applicazione di metodi decisionali multicriterio in [46], [47], [48].

- Resilient Supply Chain

Il metodo AHP (Analytic Hierarchy Process) viene utilizzato ad esempio in [49] per sviluppare una gerarchia degli indicatori di performance (KPI) e prioritizzarli al fine di valutare la resilienza della Supply Chain. La resilienza in una SC è cruciale per affrontare le interruzioni e i rischi operativi, specialmente considerando l'evoluzione delle industrie verso l'Industria 4.0. Questo studio si propone di esplorare l'implementazione dell'Industria 4.0 per migliorare la resilienza e la sostenibilità della catena di approvvigionamento. In questo lavoro viene applicato il Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) per sviluppare una gerarchia dei KPI e assegnare loro priorità.

Dalla ricognizione della letteratura emerge quindi un quadro articolato dell'utilizzo del metodo AHP e di tecniche decisionali multicriterio nell'ambito della Supply Chain, soprattutto nell'era digitale e sostenibile. Numerosi studi [42]-[48] hanno dimostrato l'efficacia di tali approcci nella valutazione delle prestazioni, nella selezione dei fornitori, nella gestione dei rischi e nella promozione della resilienza; tuttavia, non sono stati riscontrati lavori riguardanti l'applicazione di metodi decisionali multicriterio al fine di valutare le performance attuate nel particolare ambito oggetto di questo studio.

Si presenta quindi un'opportunità di ricerca e approfondimento per integrare efficacemente tali metodologie nell'ambito dello sviluppo produttivo, contribuendo così ad una gestione più efficace ed efficiente della Supply Chain.

Capitolo 2

Caso Studio: Sit S.p.a.

2.1 Informazioni sull'azienda

2.1.1 Storia

Nel lontano 1953, i fratelli Pierluigi e Giancarlo de' Stefani hanno dato vita alla fondazione di SIT La Precisa a Padova. Originariamente specializzata nella meccanica di precisione, l'azienda è diventata nel corso degli anni un punto di riferimento globale nel settore.

Oggi, SIT S.p.a. è molto più di una società di meccanica di precisione. Con oltre 2300 professionisti dislocati in stabilimenti, filiali e uffici vendite in tutto il mondo, l'azienda rappresenta un simbolo di competenza e internazionalità, con il 65% dei dipendenti che opera nelle numerose sedi estere, consolidando la sua forte presenza globale.

Negli anni '60, SIT ha intrapreso il cammino verso l'espansione internazionale, esportando il primo controllo meccanico in Germania: questo successo ha aperto la strada all'apertura della prima filiale estera in Olanda nel 1974 seguita poi da nuove filiali negli Stati Uniti e in Australia negli anni '80. Nel 1997, l'azienda ha ulteriormente consolidato la sua presenza internazionale con l'apertura di una filiale cinese a Shanghai.

Il periodo tra il 1999 e il 2017 è stato caratterizzato da una crescita significativa attraverso greenfield e acquisizioni. L'acquisizione di ENCON, produttore olandese di schede elettroniche per applicazioni a gas, è stata seguita dalla costruzione dello stabilimento messicano e dalle acquisizioni di CATOBA, BRAY BURNERS, OMVL e NATALINI, ampliando notevolmente le competenze e le capacità operative di SIT.

Il salto nel settore Smart Gas Metering è avvenuto tra il 2009 e il 2016, con la creazione di Metersit e l'espansione attraverso la costituzione di Metersit Romania a Brasov nel 2016.

Il 2014 è stato un anno cruciale con la quotazione in borsa e l'acquisizione del 100% delle azioni da parte di Federico de' Stefani. Questo periodo ha visto anche implementazioni chiave come l'adozione del sistema SAP in tutte le società operative del Gruppo e la transizione agli IFRS/IAS. La fusione con la SPAC Industrial Stars of Italy 2 nel 2017 ha portato alla contestuale ammissione alle negoziazioni sul segmento AIM Italia, segnando un capitolo importante nella storia di SIT.

Tra il 2017 e il 2018, l'azienda ha implementato un piano di incremento della capacità produttiva con un aumento medio del 30% distribuito sui vari impianti. Nel 2020, SIT ha aperto un hub in Tunisia e ha acquisito la portoghese Janz, entrando nel business dei contatori d'acqua.

Il 2021 è stato un anno di espansione ulteriore con l'acquisizione della linea di prodotti NGA dalla società statunitense Emerson Electric e l'apertura di una filiale MeteRSit a Manchester, UK.

Il 2022 ha visto una partnership strategica con GWF per lo sviluppo, la produzione e la distribuzione di contatori d'acqua residenziali intelligenti ad ultrasuoni. Nel 2023, SIT ha collaborato con e-Novia per formare HYBITAT, una joint venture dedicata allo sviluppo di un sistema innovativo di generazione e stoccaggio di idrogeno per uso residenziale.

La sede centrale di SIT è localizzata a Padova, Italia, ma la sua presenza si estende in Europa, America, Asia e Australia attraverso uffici di rappresentanza e filiali commerciali. I siti produttivi e di ricerca applicata sono distribuiti in Italia, Olanda, Romania, Messico, Cina, Tunisia e Portogallo. Il Gruppo SIT è un esempio significativo di azienda imprenditoriale che ha costruito un assetto manageriale e una struttura internazionale, e oggi è quotato nel Mercato Telematico Azionario di Borsa Italiana.

Numerosi fattori chiave hanno contribuito al successo del Gruppo SIT, tra cui significativi investimenti in qualità ed innovazione, l'utilizzo di tecnologie avanzate nei processi produttivi, l'impegno ad ampliare la gamma dei prodotti e a conquistare nuovi mercati, e una forte focalizzazione sulla ricerca e sviluppo. L'azienda continua a migliorare impianti, macchinari e processi produttivi, caratterizzati da un elevato tasso di automazione, generando impatti positivi sull'efficienza produttiva, sulla riduzione dei consumi energetici e sulla sicurezza e salubrità dell'ambiente di lavoro.

2.1.2 Mission e Vision

MISSION:

La missione di SIT S.p.a. è quella di creare soluzioni intelligenti per il controllo delle condizioni ambientali e la misurazione dei consumi al fine di contribuire a un mondo più sostenibile. In questo contesto, l'azienda si impegna a sviluppare e offrire tecnologie all'avanguardia che permettano una gestione efficiente delle risorse energetiche e climatiche, promuovendo la sostenibilità e la responsabilità ambientale.

VISION:

La visione di SIT S.p.a. è quella di essere riconosciuta come il principale partner sostenibile nel settore delle soluzioni per il controllo energetico e climatico. L'obiettivo è ottenere un riconoscimento globale come leader nell'offerta di tecnologie innovative e sostenibili. Nella realizzazione di questa visione, l'azienda si propone di godersi il viaggio, sottolineando l'importanza del percorso intrapreso e del contributo positivo apportato al benessere del pianeta. La soddisfazione nel perseguire questa visione si traduce in un impegno continuo per l'eccellenza e la leadership nel settore delle soluzioni sostenibili.

2.1.3 I valori aziendali

Nel tessuto dell'identità aziendale di SIT S.p.a., cinque pilastri reggono la struttura etica e operativa, guidando ogni azione e decisione con fermezza e dedizione. Questi valori non sono semplici parole, ma le fondamenta su cui poggia ogni aspetto dell'operare quotidiano.

- Customer Orientation:

La bussola aziendale è il cliente. Ogni membro del team SIT si impegna con determinazione a superare le aspettative, sia che si tratti di un cliente esterno o di un collega interno. Ogni interazione diventa quindi un'opportunità per costruire fiducia, fornire valore e lasciare un'impronta positiva.

- Sustainability:

L'impegno per la sostenibilità è nel cuore della missione aziendale. Non solo l'azienda mira ad essere una forza positiva per gli stakeholder, ma si impegna a creare prodotti e servizi che rispettino l'ambiente e a promuovere un equilibrio sano tra vita lavorativa e familiare per i dipendenti. Per l'azienda sostenibilità significa pensare in grande e agire in modo responsabile.

- Technology:

L'azienda è pioniera nell'utilizzo della tecnologia, costantemente orientata al futuro. La competenza tecnologica è al servizio dei clienti, offrendo soluzioni all'avanguardia e stimolando l'innovazione attraverso la collaborazione. Navigando nell'era digitale con audacia e intelligenza, l'azienda si assicura di essere sempre un passo avanti.

- Lead by Example:

Essere leader è nel DNA aziendale. Non solo l'azienda è leader nel mercato in cui opera, ma ogni membro del team è un leader nel proprio ambito di competenza. Guidati dal coraggio e dall'esempio, i dipendenti si impegnano a tracciare la strada per gli altri, mostrando il valore del lavoro duro, dell'integrità e della determinazione.

- Lean:

L'agilità è la forza di SIT. L'azienda ha abbracciato l'essenzialità, agendo con tempestività e precisione. Si rispettano le scadenze e si consegna con puntualità e completezza, dimostrando l'impegno per l'eccellenza operativa in ogni fase del processo.

- Passion:

La passione è ciò che spinge l'azienda ogni giorno. I componenti si impegnano con entusiasmo e dedizione, consapevoli che la responsabilità e l'impegno sono i motori del successo. Si accolgono gli errori come opportunità di crescita e si celebrano i successi con gratitudine, sapendo che ogni sfida superata avvicina sempre di più agli obiettivi prefissati.

Ogni pilastro, dalla Customer Orientation alla Passion, viene enfatizzato come un elemento essenziale per il successo e la crescita dell'azienda.

L'impegno per la sostenibilità e l'utilizzo competente della tecnologia delineano una visione avanzata e responsabile del futuro.

La leadership esemplare e l'approccio Lean confermano l'agilità e l'eccellenza operativa di SIT. Inoltre, la passione e l'entusiasmo dei dipendenti trasmettono un'energia contagiosa, alimentando una cultura aziendale costruttiva e motivante.

2.1.4 Il business e i prodotti

SIT S.p.a. è strutturata in tre Business Unit, ognuna focalizzata su specifici settori e soluzioni, riflettendo l'impegno dell'azienda nell'offrire tecnologie avanzate e sostenibili. Le Business Unit sono strategicamente progettate per rispondere alle esigenze del mercato e contribuire al progresso verso un futuro più sostenibile.

Ecco un'analisi dettagliata di ciascuna Business Unit:

- Heating & Ventilation:

La Business Unit Heating & Ventilation è dedicata alla progettazione e allo sviluppo di soluzioni innovative per il miglioramento continuo dell'efficienza degli apparecchi di riscaldamento e cottura a gas. L'azienda si impegna nella ricerca di tecnologie avanzate per apparecchi a gas, ibridi, a biomassa e idrogeno, contribuendo così all'evoluzione di sistemi energetici più sostenibili. Inoltre, questa Business Unit offre soluzioni di ventilazione integrate nell'ecosistema domestico promuovendo un ambiente abitativo più salubre e efficiente dal punto di vista energetico.

- Smart Gas Metering:

La Business Unit Smart Gas Metering si concentra sulla progettazione e produzione di contatori gas intelligenti telegestibili. Questi contatori rappresentano una soluzione avanzata per la misurazione dei consumi di gas fornendo direttamente la misura in standard metro cubo. Questa tecnologia permette una gestione più accurata ed efficiente dei consumi energetici contribuendo al monitoraggio e alla riduzione degli sprechi.

- Water Metering:

La Business Unit Water Metering si dedica alla creazione di contatori d'acqua volumetrici residenziali basati su tecnologia metrologica volumetrica. Questi contatori forniscono una misura precisa dei consumi idrici nelle abitazioni, supportando una gestione responsabile delle risorse idriche. L'attenzione alla tecnologia metrologica avanzata garantisce una misurazione affidabile e una maggiore consapevolezza nell'uso dell'acqua.

Attraverso queste tre Business Unit, SIT S.p.a. si colloca al centro dell'innovazione e dell'impegno per la sostenibilità, fornendo soluzioni che influenzano positivamente il settore del riscaldamento, della misurazione del gas e dell'acqua, contribuendo così alla creazione di un futuro più efficiente ed ecocompatibile.

2.2 New Product Supply Chain

2.2.1 La funzione

Nel 2021, all'interno della funzione Supply Chain, della divisione Heating&Ventilation di Sit S.p.a. nasce la funzione New Product Supply Chain (NPSC) con lo scopo di creare un anello di congiunzione tra diverse funzioni strutturate con approccio organizzativo differente e con l'obiettivo di creare processi che aiutino queste funzioni a collaborare per raggiungere un obiettivo aziendale, che è quello di piazzare sul mercato nuovi prodotti innovativi

Tali funzioni sono:

- Ricerca e Sviluppo (R&D) con focus sui nuovi prodotti
- Acquisti (Procurement) organizzato per classi merceologiche (plastiche, gomme, componenti elettronici, ecc.)
- Pianificazione (Planning) con struttura organizzativa adatta a gestire le diverse linee di prodotto assegnate ai numerosi Plant produttivi

Prima della creazione della nuova funzione NPSC, le funzioni Acquisti e Pianificazione erano di fronte a particolari problematiche quando si trattava di sviluppo nuovo prodotto:

- Le richieste provenienti dai cosiddetti Project Leader, facenti capo alla funzione R&D, venivano inviate direttamente al responsabile Acquisti senza una chiara definizione del destinatario delle stesse;
- Per le varie questioni spesso la figura di riferimento cambiava in base al carico di lavoro dei colleghi facenti capo agli Acquisti;
- Sia Acquisti che Pianificazione venivano coinvolte soltanto a valle della attività di sviluppo e, spesso, solo per gestire urgenze;
- La visibilità che Acquisti e Pianificazione avevano sulle attività di sviluppo era scarsa e spesso insufficiente a comprenderne le esigenze e l'impatto delle scelte frequentemente era sottostimato.

Ad oggi, la funzione NPSC coglie ed elabora le necessità dei team cross-funzionali e agisce con lo scopo di ottenere risultati efficaci per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo, indirizzando le richieste di progetto ai giusti destinatari, raccogliendo gli output da questi per poi coltarli efficientemente in un unico output da restituire al team di progetto.

Così facendo, opera una chiara definizione delle priorità e ottimizzando l'impiego di tempi e risorse per la funzioni della Supply Chain.

Le attività della NPSC in base alla fase di sviluppo sono così raggruppate:

Durante la fase di Concept:

- Presentazione dell'identikit di un nuovo prodotto alla SC;
- Supporto alla condivisione delle specifiche tecniche preliminari da R&D a Procurement per la redazione delle richieste di quotazione verso i fornitori esterni;
- Raccolta della stima dei costi per i nuovi componenti in Distinta Base dei nuovi prodotti presso il Procurement;
- Supporto a Project Leader e Controlling durante l'elaborazione della Valutazione Economica dei progetti di sviluppo in vista del gate CET;
- Supporto al Procurement durante la definizione dei potenziali fornitori per i nuovi componenti;
- Affiancamento ai Project Leader durante il processo di emissione delle richieste di acquisto per campioni dei nuovi componenti;
- Supporto al Project Leader durante la formulazione della stima dei tempi di progetto per le attività a carico di Procurement e Planning al fine di produrre un Gantt di progetto.

Durante la fase di Design:

- Supporto alla condivisione delle specifiche tecniche finali da R&D al Procurement per le richieste di quotazione;
- Raccolta di stime aggiornate dei costi da parte del Procurement per i componenti del nuovo prodotto;
- Supporto a Project Leader e Controlling durante l'elaborazione della Valutazione Economica dei progetti di sviluppo in vista del gate DET;
- Supporto al Procurement durante la definizione finale dei fornitori;
- Supporto al Project Leader durante l'acquisto di attrezzature critiche e il processo di richiesta dei campioni PPAP (Production Part Approval Process);
- Supporto al Project Leader durante l'aggiornamento dei tempi di attività del progetto da parte della SC per l'aggiornamento del Gantt di progetto;

- Supporto all'approvvigionamento durante la richiesta critica di convalida di parti di nuovi prodotti basata sul Lead Time di approvvigionamento (LT);
- Supporto al Project Leader durante l'approvvigionamento anticipato di parti del nuovo prodotto in base al LT;
- Supporto al Demand Planning durante l'inserimento delle quantità in SAP per le prove di produzione, la preserie e la ramp-up per l'approvvigionamento anticipato di parti di nuovi prodotti in base al LT.

Nella fase finale di Execution :

- Raccolta di stime aggiornate dei costi da parte del Procurement per le parti di nuovi prodotti;
- Supporto al Controlling durante la determinazione del costo dei nuovi prodotti per l'Ok To Ship (OKS);
- Supporto al Procurement e alla garanzia di qualità dei fornitori durante il processo di convalida;
- Supporto al Project Leader durante l'acquisto di utensili non critici e il processo di richiesta di campioni PPAP;
- Supporto al Project Leader durante l'aggiornamento dei tempi di attività del progetto da parte delle SC per l'aggiornamento del Gantt di progetto;
- Supporto al Procurement durante la richiesta di convalida di parti non critiche di nuovi prodotti sulla base del LT;
- Supporto al Demand Planning durante l'inserimento delle quantità in SAP per le prove di produzione, la preserie e la ramp-up per l'approvvigionamento anticipato di parti di nuovi prodotti in base al LT;
- Supporto al Project Leader durante la richiesta di approvvigionamento di parti non critiche del nuovo prodotto in base alla LT.

Trasversalmente alle fasi di progetto la funzione svolge le seguenti attività:

- Partecipare alle riunioni cross-funzionali dei progetti;
- Partecipazione alla riunione di aggiornamento sullo stato di avanzamento del progetto gestita dal Project Leader e da Safety Quality Assurance (SQA);
- Gestione di riunioni ricorrenti con Procurement, Sales Planning, Demand Planning e Customer Care.

2.2.2 Stato As Is della funzione

Il modo attuale in cui opera la funzione della catena di approvvigionamento per i nuovi prodotti presenta alcune aree che possono essere potenzialmente migliorate per ottimizzare il processo nel suo complesso:

- Visione globale del processo di sviluppo nuovo prodotto all'interno della SC:

La funzione mostra una mancanza di una visione complessiva delle attività necessarie per lo sviluppo di un nuovo prodotto all'interno della supply chain.

Questa carenza limita la capacità di comprendere appieno il panorama delle attività coinvolte nel processo di sviluppo del prodotto, rendendo difficile una pianificazione strategica e una gestione efficace delle risorse. Senza una visione chiara delle attività coinvolte potrebbero verificarsi ritardi, inefficienze e difficoltà nel coordinare in modo sinergico i diversi passaggi del processo di sviluppo del prodotto.

Per affrontare questa sfida è fondamentale implementare strumenti e procedure che consentano una visione completa e integrata delle attività coinvolte nello sviluppo di un nuovo prodotto. Una visione complessiva delle attività consentirà alla funzione SC di operare in modo più efficiente e orientato ai risultati, migliorando così la sua capacità di supportare con successo lo sviluppo e il lancio di nuovi prodotti sul mercato.

- Sistema di gestione delle performance:

La mancanza di un sistema di gestione delle performance e di indicatori definiti nelle aree critiche rappresenta una criticità per l'efficacia e l'efficienza della funzione.

Questa assenza compromette diversi aspetti del processo operativo con conseguenze che possono influenzare negativamente l'intero ciclo di sviluppo e lancio del prodotto.

L'assenza di un sistema di gestione delle performance rende difficile valutare in modo accurato il successo delle iniziative intraprese; infatti, senza una struttura chiara per misurare e monitorare le performance diventa arduo comprendere se gli obiettivi prefissati sono stati raggiunti e se le attività svolte hanno prodotto i risultati desiderati. Questa mancanza di visibilità può portare a una percezione distorta delle prestazioni complessive con conseguente incapacità di identificare e correggere eventuali inefficienze o problemi.

- Strumenti per una valutazione veloce ed efficace delle metriche

La mancanza di strumenti adeguati all'estrazione delle informazioni può comportare ritardi e inefficienze nel processo decisionale. Senza la possibilità di accedere rapidamente ai dati necessari, i dirigenti e i responsabili della Supply Chain potrebbero dover fare affidamento su informazioni obsolete o incomplete per valutare le performance e prendere decisioni critiche. Ciò può portare a una mancanza di tempestività nell'identificare e nel rispondere a problemi emergenti, con potenziali conseguenze negative sulle operazioni complessive.

- Modalità di risposta:

La funzione viene attivata dalle richieste provenienti dal team di progetto e reagisce in modo reattivo, questa modalità può essere estremamente critica e problematica per diversi motivi:

- In primo luogo, una risposta reattiva significa che la funzione non ha un ruolo proattivo nel processo di sviluppo del nuovo prodotto, ciò significa che potrebbe mancare l'opportunità di identificare potenziali problemi o rischi in anticipo e di adottare misure preventive per mitigarli. Senza una visione anticipata delle esigenze e delle sfide la funzione potrebbe trovarsi costantemente a dover affrontare situazioni di emergenza, che possono causare ritardi, costi aggiuntivi e compromettere la qualità del prodotto finale.
- In secondo luogo, una risposta reattiva può portare a una mancanza di efficienza e sinergia nel processo complessivo, infatti se la funzione viene attivata solo quando viene richiesto il suo intervento, potrebbe non essere integrata in modo efficace con le altre fasi del processo di sviluppo del prodotto. Ciò può causare disconnessioni e ritardi nella trasmissione delle informazioni e delle risorse tra le varie parti coinvolte, compromettendo così la fluidità e l'efficacia del processo nel suo complesso.

In sintesi, vi sono opportunità di miglioramento per la funzione, compresa la necessità di implementare un sistema di gestione delle performance e di adottare indicatori chiave nelle aree più importanti. Ciò consentirebbe una migliore valutazione del rendimento complessivo e un'operatività più efficiente e strategica.

2.2.3 Stato To Be della funzione

Nell'ottica di migliorare l'efficienza e l'efficacia, questa sezione espone come la funzione intende orientarsi verso il futuro, facendo riferimento alle aree di miglioramento delineate nel precedente contesto analitico si descrivono i vari obiettivi definiti:

- Visione globale del processo di sviluppo nuovo prodotto all'interno della SC:

Acquisire una conoscenza approfondita e una visione chiara di tutto il processo di sviluppo del prodotto all'interno della Supply Chain. Questa comprensione globale è fondamentale per identificare e affrontare i punti critici che potrebbero compromettere l'efficienza e l'efficacia.

Attraverso un'analisi dettagliata, si intende individuare i momenti cruciali del processo di sviluppo, dalle fasi iniziali di progettazione e prototipazione fino alla produzione e distribuzione finale: questo ci permetterà di comprendere appieno le dinamiche e le interconnessioni tra le diverse fasi e attività coinvolte, consentendoci di individuare eventuali inefficienze o ritardi e di adottare le misure correttive appropriate.

Essenziale sarà inoltre collaborare strettamente con le altre funzioni aziendali coinvolte nel processo di sviluppo del prodotto, attraverso un dialogo aperto e una condivisione continua di informazioni, per definire processi comuni e standardizzati.

L'impegno è dunque quello di ottenere una completa trasparenza e controllo su ogni fase del processo di sviluppo prodotto all'interno della Supply Chain.

- Sistema di gestione delle performance:

Creare un sistema di gestione delle performance, susseguentemente alla creazione di strumenti appositi per monitorare gli indicatori di performance ed avere un maggior controllo sullo stato di avanzamento delle attività per quanto riguarda i progetti. Il sistema di gestione delle performance ha la sua importanza nell'individuare le componenti critiche del processo e valutare le azioni correttive intraprese.

- Modalità di risposta:

L'evoluzione da una modalità di risposta reattiva a una modalità caratterizzata da un monitoraggio costante dell'avanzamento dei progetti. Con questo nuovo approccio l'obiettivo è anticipare le richieste e gli imprevisti attraverso un sistema di monitoraggio proattivo al fine di ridurre i tempi di risposta e massimizzare l'efficienza complessiva.

Questo cambiamento di prospettiva implica la creazione di meccanismi e strumenti dedicati per il monitoraggio continuo dei progetti, consentendo di identificare eventuali segnali di criticità in modo tempestivo e di adottare misure correttive preventive. Grazie a questo approccio proattivo, le richieste possono essere intercettate e gestite in anticipo, evitando ritardi e migliorando la capacità dell'organizzazione di rispondere prontamente alle esigenze del contesto operativo.

2.2.4 Azioni intraprese

Per raggiungere gli obiettivi prefissati e poter implementare un sistema di analisi e misurazione delle performance è risultato necessario introdurre alcuni strumenti:

- **Flowchart**

la prima fase ha implicato la mappatura dell'intero processo di sviluppo prodotto all'interno della Supply Chain, il risultato di questa fase si può vedere in [Appendice A]. Le attività svolte durante questa fase includono:

1. Definizione dei processi fondamentali.
2. Scomposizione dei processi fondamentali in sottoprocessi.
3. Valutazione delle interdipendenze temporali dei sottoprocessi.
4. Analisi della collocazione temporale del processo all'interno del modello Stage&Gate.
5. Assegnazione delle responsabilità alle varie funzioni per ciascuna attività.
6. Identificazione dei punti critici dove è necessario prestare maggiore attenzione.

Si andrà quindi a dettagliare la prima attività svolta per introdurre il contesto operativo in cui si svolge l'analisi.

Definizione dei processi fondamentali.

Sono stati individuati 9 processi fondamentali di cui la Supply Chain si fa carico o viene inclusa nell'ambito del processo di sviluppo nuovo prodotto.

- Analisi sui costi: vengono costificate le distinte base (BOM) e analizzate le modifiche che si verificano durante l'avanzamento del progetto
- Selezione fornitore: sulla base dei dati a disposizione viene scelto il miglior candidato per il dato componente
- Analisi sui volumi: vengono monitorati i volumi ad ogni gate del processo ed infine dopo il rilascio del prodotto finito viene monitorato lo stock a magazzino
- Acquisto di campioni o prototipi: attività per approvvigionamento di campioni o prototipi utili alla funzione R&D per diverse finalità
- Acquisto stampi definitivi: lancio di ordini per la produzione di stampi, che richiedono diverso tempo per essere sviluppati
- Acquisto di materiale a lungo lead time: attività che prevede l'approvvigionamento di quei materiali che richiedono diversi tempi per essere consegnati e dunque l'ordine deve essere anticipato durante le fasi preliminari del progetto in modo da non ritardare il susseguirsi delle attività
- Attività di acquisto materiali per omologa: per procedere con le attività di analisi ed omologa è necessario approvvigionare i relativi componenti.
- Attività di gestione relative al programma gestionale SAP: nelle fasi conclusive del progetto è necessario inserire le informazioni utili al programma gestionale per poter eseguire le attività prestabilite così come descritto nel processo.
- Acquisto di materiali per prove di produzione: approvvigionamento di materiale per poter effettuare l'assemblaggio nel plant produttivo in modo da garantire la producibilità del prodotto finito
- Acquisto di materiali per preserie o ramp-up produttivo: approvvigionamento di materiale per permettere la produzione di prodotti utili a rifornire i canali distributivi prima del lancio.

- **Strumento per il controllo sull'avanzamento dei progetti**

Sulla base delle attività mappate nella flowchart è stato costruito uno strumento tramite fogli di calcolo per poter controllare e misurare le variazioni che si avvicendano nell'arco temporale per il dato progetto. Queste analisi spaziano sulla valutazione di diversi fattori, tra i quali:

- **delta produttivo.**

Indica la differenza di volumi produttivi, richiesti una volta lanciato il prodotto e misurata in pz/anno, che viene a delinarsi lungo lo sviluppo del progetto,

- **delta costo BOM**

Indica la differenza tra i costi per quanto riguarda i componenti della distinta base (BOM)

- **% di componenti nuovi**

Si tiene monitorata la percentuale di componenti nuovi, da approvvigionare o da produrre internamente, rispetto al totale dei componenti.

- **N° di plant**

Si valuta il n° di plant interessati nella produzione del prodotto finito.

In Figura 2.2 vi è il foglio principale, utile ad effettuare tutte queste valutazioni.

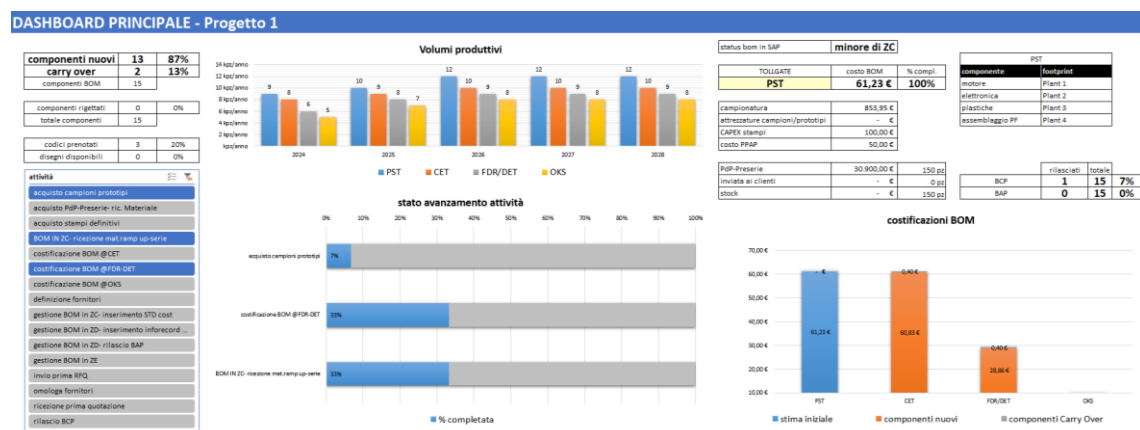


Fig 2.2 Dashboard strumento controllo avanzamento progetti

- **Strumento per il monitoraggio dello stock per i nuovi progetti**

A partire dai dati ricevuti dalla funzione Controlling sullo stock presente a magazzino è stato sviluppato, sulla base di fogli di calcolo, uno strumento utile a monitorare la presenza e la quantità di stock presenti a magazzino per un dato progetto. In Figura 2.3 si trova la schermata principale.

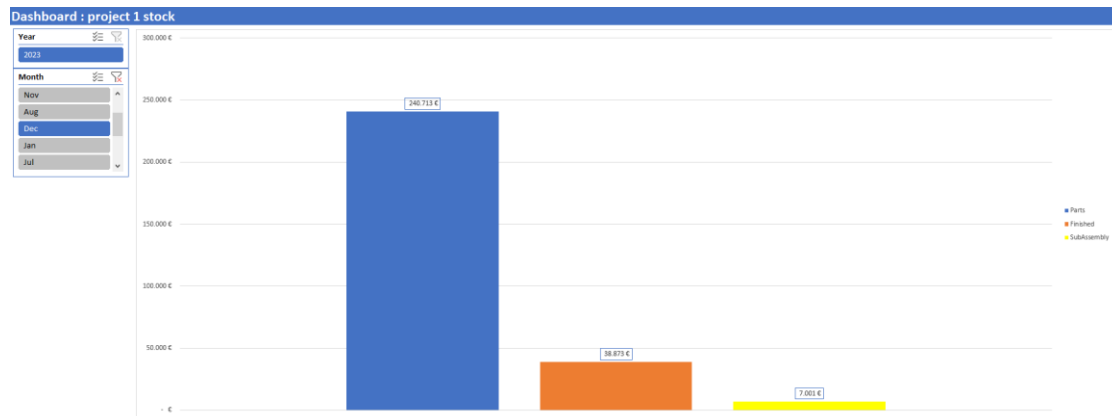


Fig 2.3 Dashboard strumento stock progetti

- **Strumento di monitoraggio tempi e costi**

Sulla base della flowchart creata è stato creato, sempre tramite fogli di calcolo, uno strumento per preventivare tempi e costi di progetto, monitorare gli scostamenti che avvengono durante ogni Tollgate previsto dal modello Stage&Gate, fare delle analisi su quali attività hanno apportato modifiche rispetto ai tempi e costi preventivati e monitorare infine la quantità di reloop effettuati per ogni attività in ogni progetto

Di seguito il foglio principale dove possono essere effettuate le diverse analisi.

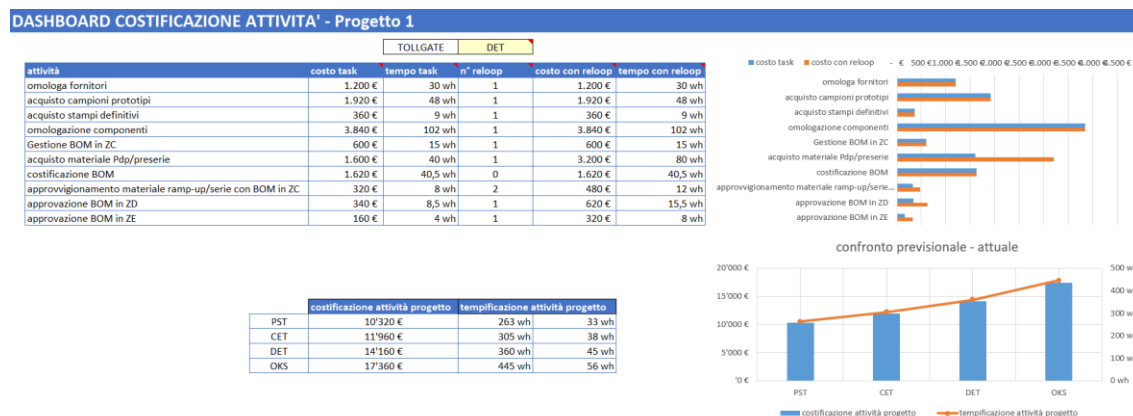


Fig 2.4 Dashboard strumento tempi, costi e reloop

- **Sviluppo di un sistema di gestione delle performance**

L'ultimo step eseguito, ed anche argomento principale di questa tesi, si riferisce all'analisi e sviluppo di un sistema di misurazione delle performance nella supply chain per la gestione del processo di sviluppo di nuovi prodotti, il quale verrà descritto in maniera più approfondita nel prossimo capitolo.

Capitolo 3

Materiali e Metodi

In questo capitolo saranno espone in dettaglio le diverse fasi che hanno condotto allo sviluppo di un sistema di misurazione delle performance nella supply chain, focalizzato sulla gestione del processo di sviluppo di nuovi prodotti.

Le fasi includono:

1. Identificazione delle performance da monitorare in questo contesto;
2. Applicazione della Metodologia Decisionale Multicriterio (MCDM);
3. Utilizzo della tecnica delle S-Curves per la rettifica delle valutazioni;
4. Calcolo del risultato finale;
5. Analisi di sensitività.

3.1 Identificazione delle performance da monitorare

La prima fase di questo lavoro comprende l'identificazione delle performance più significative ed importanti nel contesto analizzato: la Supply Chain nell'ambito dello sviluppo di nuovi prodotti. Secondo l'opinione di persone esperte, che verranno introdotte nel dettaglio più avanti, coinvolte in questo processo è emerso come vi fosse la necessità di monitorare le performance dei progetti, unitamente ad una valutazione della complessità degli stessi, in modo da avere un quadro completo e riuscire a confrontarne in maniera oggettiva l'andamento; è risultato inoltre necessario monitorare le performance dei fornitori nell'ambito dello sviluppo dei nuovi prodotti, per riuscire ad effettuare valutazioni riguardanti la scelta del più appropriato ad ogni progetto.

3.2 Applicazione della Metodologia Decisionale Multicriterio

La metodologia decisionale multicriterio prevede diverse fasi per la sua implementazione, le quali saranno ora delineate.

1. Definizione del problema:

In un classico utilizzo le metodologie decisionali multicriterio trovano applicazione nella gestione di compiti personali in diversi aspetti della vita quotidiana, come l'acquisto di una casa, la selezione di un'automobile, la pianificazione del budget familiare o la prioritizzazione dei compiti in base all'importanza e all'urgenza per ottimizzare l'uso del tempo. Queste decisioni possono essere prese tramite discussioni e la creazione di una gerarchia di criteri, supportata dalla compilazione di matrici comparative condivise. L'obiettivo è quello di garantire il consenso tra specialisti con prospettive diverse e di assicurare l'imparzialità nel processo decisionale.[50]

Nel caso esaminato il metodo verrà utilizzato per valutare la complessità dei progetti, calcolare un indicatore di performance (KPI) degli stessi ed infine per calcolare un altro indicatore di performance per i fornitori utilizzati nei nuovi progetti; dunque il metodo non verrà utilizzato classicamente per valutare diverse alternative al fine di selezionare una di queste in base a dei criteri ma consentirà di assegnare dei pesi ai vari criteri tramite un confronto a coppie, in base alle decisioni degli esperti, per calcolare i sopracitati indici sui progetti o sui fornitori.

2. Identificazione degli obiettivi e delle alternative, e sviluppo della gerarchia:

In questa fase il decisore analizza gli aspetti del problema decisionale e lo scompone in elementi più gestibili, come obiettivi, criteri, sottocriteri e alternative. Questo processo porta alla creazione di una struttura gerarchica composta da diversi livelli.

Al vertice della gerarchia si trova l'obiettivo finale, il "goal", che il decisore mira a raggiungere. Ai livelli inferiori vi sono gli obiettivi che contribuiscono al raggiungimento del goal, ovvero i criteri utilizzati per valutare le capacità delle alternative di soddisfare l'obiettivo finale. I criteri possono essere ulteriormente suddivisi in sottocriteri per una comprensione più approfondita del problema. Il livello più basso della gerarchia consiste solitamente nelle alternative da valutare, nel caso in questione invece l'ultimo livello è popolato da dei parametri di performance oggettivi che, tramite il modello verranno combinati in un unico indice di prestazione.

Ogni criterio può essere considerato un "nodo", mentre i sottocriteri associati sono i "nodi-figlio", formando gruppi di comparazione. È importante notare che la struttura gerarchica non è statica e può essere modificata aggiungendo, rimuovendo o modificando criteri e sottocriteri inizialmente non considerati. Gli obiettivi possono essere aggiunti, rimossi o modificati durante il processo.

Secondo Saaty [31] ciascun livello gerarchico deve rispettare due proprietà :

- Indipendenza interna:

Gli elementi decisionali all'interno di un livello devono essere indipendenti tra loro e omogenei. Ciò significa che devono essere simili e rilevanti abbastanza da poter essere confrontati relativamente a una determinata proprietà.

- Dipendenza esterna dal livello superiore:

Gli elementi decisionali all'interno di un livello devono dipendere dai fattori presenti nel livello gerarchico immediatamente superiore.

Il primo problema affrontato è quello delle performance dei progetti ed è stato impostato l'albero decisionale gerarchico in Figura 3.1.

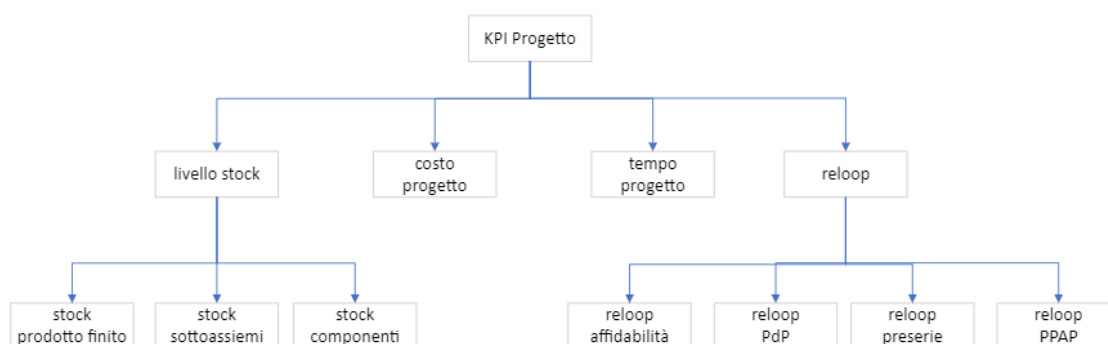


Fig 3.1 albero decisionale gerarchico per le performance dei progetti

Il primo sottolivello gerarchico per questo indicatore comprende 4 criteri:

- Costo del progetto: viene valutato l'impatto dello scostamento di costo dello specifico progetto rispetto a quanto preventivato nelle fasi iniziali;
- Tempo del progetto: viene valutato l'impatto dello scostamento di tempo rispetto a quanto preventivato nelle fasi iniziali;
- Livello di stock presente a magazzino: viene valutato l'impatto che ha il livello di scorte a magazzino rispettivamente ai volumi di vendita previsti, questo perché se il

rapporto tra questi due valori è troppo alto significa che si hanno delle scorte a magazzino inutilizzate che comportano un costo per l'azienda. Il livello di stock viene inoltre differenziato con un sottolivello per distinguere 3 sottocriteri:

- Livello di stock di prodotto finito; valutato rispetto ai volumi di vendita

$$R_1 = \frac{Stock_{PF}}{V} \quad (1)$$

Dove R_1 sarà il valore in input per la S-curve mentre $Stock_{PF}$ si riferisce al livello di stock di prodotto finito, infine V indica i volumi di vendita.

- Livello di stock di sottoassiemi, valutato rapportato ai volumi di vendita ed al numero di sottoassiemi presenti nel prodotto finito;

$$R_2 = \frac{Stock_{HALB}}{V * n_{HALB}} \quad (2)$$

Dove R_2 sarà il valore in input per la S-curve mentre $Stock_{HALB}$ si riferisce al livello di stock dei sottoassiemi ed n_{HALB} è il n° dei sottoassiemi presenti nel dato prodotto finito

- Livello di stock per componenti, valutato rapportato ai volumi di vendita ed al numero di componenti presenti nel prodotto finito.

$$R_3 = \frac{Stock_{COMP}}{V * n_{COMP}} \quad (3)$$

Dove R_3 sarà il valore in input per la S-curve mentre $Stock_{COMP}$ si riferisce al livello di stock dei componenti ed n_{COMP} è il n° dei componenti presenti nel dato prodotto finito

- Reloop: criterio che valuta il n° di volte che una certa azione, importante per il proseguimento dello sviluppo del prodotto, deve essere ripetuta. Questo criterio viene differenziato con un sottolivello per distinguere 4 sottocriteri:

- Reloop affidabilità, cioè quante volte si è dovuta ripetere la prova di affidabilità del prodotto, che consiste in un ciclaggio in condizioni di lavoro per un determinato numero di ore;

- Reloop Prove di Produzione (PdP), cioè quante volte si è dovuta ripetere la prova di assemblaggio finale del prodotto finito, effettuata in laboratorio o in linea per un piccolo quantitativo di pezzi;
- Reloop PPAP, cioè quante volte si sono dovute ripetere le misure dimensionali e la produzione o acquisto di componenti da misurare al fine di avere un componente valido dal punto di vista funzionale;
- Reloop preserie, cioè quante volte si è dovuta ripetere l'assemblaggio in linea per un quantitativo considerevole di pezzi e non si riscontrino criticità funzionali per il prodotto.

Il modello è stato impostato in modo da definire con un indice pari ad 1 il livello di performance massima raggiungibile dai progetti in esame mentre con un indice pari a 0 il livello di performance minima.

Il secondo problema affrontato è quello del valutare la complessità dei progetti ed è stato impostato l'albero decisionale gerarchico in Figura 3.2.

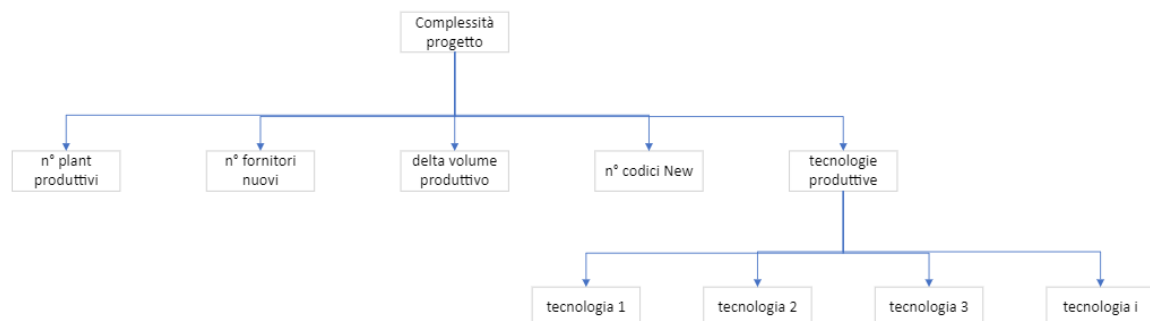


Fig 3.2 albero decisionale gerarchico per complessità progetti

Il primo sottolivello gerarchico per questo indicatore comprende 5 criteri:

- N° di plant produttivi:

ogni plant produttivo porta con sé delle criticità e delle complessità per quanto riguarda l'approvvigionamento dei materiali e lo spostamento di essi tra i vari plant; quindi, un effort maggiore sia per quanto riguarda la pianificazione sia per la funzione NPSC che devono occuparsi di far arrivare i materiali al momento giusto e nel posto corretto;

- N° di nuovi fornitori:

ogni fornitore nuovo per l'azienda comporta una complessità perché vanno eseguite delle attività supplementare per poter instaurare logiche e rapporti con esso al fine di integrarlo correttamente all'interno della supply chain; tra queste attività vi è la dapprima la ricerca di questo fornitore, in seguito eseguirne l'omologa ed infine redigere e concordare dei contratti di fornitura.

- Delta volume produttivo:

la variazione della richiesta di volume produttivo che si manifesta durante l'avanzamento dello sviluppo del prodotto crea difficoltà in quanto diverse azioni di costificazione vengono eseguite sulla base dei volumi produttivi richiesti; un esempio potrebbe essere la richiesta di quotazione di un componente verso un fornitore con un determinato volume richiesto, il non manifestarsi del volume produttivo richiesto può provocare un aumento del prezzo del componente se il volume cala oppure una non efficiente risposta del fornitore se il volume dovesse aumentare considerevolmente. Si è dunque deciso di valutare questo delta di volume produttivo tra quello preventivato e quello che si sta manifestando in valore assoluto e rapportarlo rispetto al volume preventivato;

$$\frac{|V_p - V_c|}{V_p}$$

Dove V_p è il volume produttivo preventivato, mentre V_c è il volume produttivo a consuntivo.

- N° di nuovi codici: questo dato rappresenta la complessità che portano con sé i nuovi componenti che devono essere sviluppati. Il motivo risiede nel dover sviluppare presso il fornitore un nuovo componente, con il relativo impegno da parte della supply chain per la fornitura di disegni, supporto tecnico e comunicazione verso il fornitore;

- Tecnologie produttive: l'utilizzo di alcune tecnologie può essere più o meno impattante nei confronti della complessità di un progetto. È stato quindi creato un sottolivello per le diverse tecnologie che solitamente vengono utilizzate, e sono:

- Pressocolata;
- Stampaggio plastiche o gomme;
- Sinterizzazione polveri;
- Tranciatura e piegatura;

- Coating;
- Tornitura;
- Saldatura.

Il modello è stato impostato in modo da definire con un indice pari ad 1 la complessità massima per il progetto in esame mentre un indice pari a zero la complessità minima.

Il terzo problema affrontato è quello di valutare le performance dei fornitori nello sviluppo di nuovi prodotti ed è stato impostato l'albero decisionale gerarchico in Figura 3.3

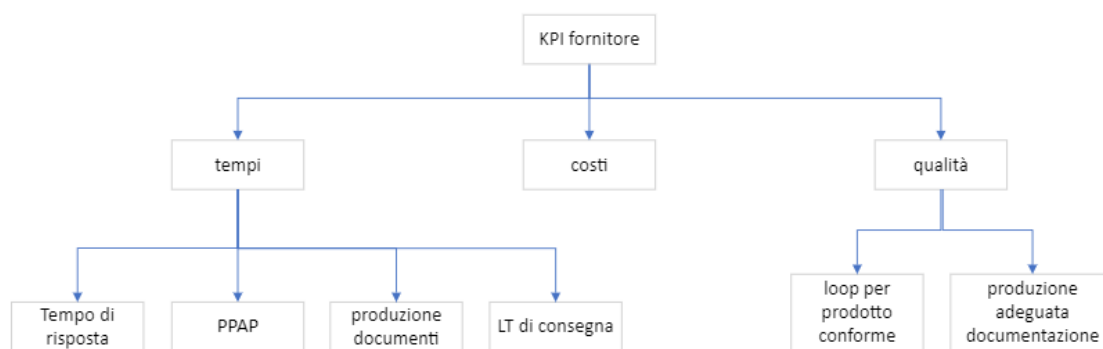


Fig 3.3 albero decisionale gerarchico performance fornitori

Il primo sottolivello gerarchico per questo indicatore comprende 3 criteri:

- Costi: questa valutazione viene effettuata prendendo come riferimento i 3 prodotti maggiormente acquistati dal tal fornitore, vengono rapportati al prezzo medio di riferimento per il tal prodotto ed infine di questi rapporti viene effettuata una media aritmetica;

$$C = \frac{\sum_{i=1}^3 \frac{C_F}{C_{Med}}}{3} \quad (4)$$

Dove C sarà il valore in input per la S-curve mentre C_F è il prezzo del prodotto acquistato e C_{Med} è il prezzo medio per il tal prodotto.

- Tempi: la valutazione delle varie tempistiche è cruciale per la valutazione di un fornitore in quanto la rapidità con cui effettua diverse azioni può influire, negativamente o positivamente, sui tempi di sviluppo di un nuovo prodotto. Per

dettagliare in maniera più approfondita la questione è stato creato un sottolivello comprendente 4 sottocriteri per le tempistiche:

- Tempo di risposta: viene qui valutato il tempo di risposta ad una richiesta generica quale può essere la richiesta di informazioni o una richiesta di quotazione;
 - PPAP: tempo che il fornitore impiega per fornire un componente avente caratteristiche tecnico-dimensionali adatte a superare le analisi PPAP (Production Part Approval Process);
 - Produzione di documenti: i documenti considerati sono le verifiche di fattibilità, NDA (Non Disclosure Agreement), o certificazioni ISO; di tutte queste tempistiche poi viene effettuata una media aritmetica.
 - Lead Time di consegna: tempo che intercorre tra la richiesta di un ordine e la consegna della merce.
- Qualità: per valutare la qualità di un fornitore ci si è basati sul numero di volte che impiega per alcune azioni che vengono dettagliate in due sottocriteri:
- Documentazione adeguata: cioè quante volte deve essere richiesta la documentazione prima di riceverla senza errori; come documentazione si intendono sempre i documenti di verifica fattibilità, NDA, e certificazioni ISO.
 - Prodotto conforme: quante volte si è dovuto richiedere un campione prima di riceverlo con caratteristiche tecnico-dimensionali adeguate.

A valle del processo di valutazione delle performance dei fornitori si effettuerà una valutazione dei progetti assegnati al tal fornitore in rapporto ai progetti assegnabili, in modo da valutare in maniera oggettiva il carico assegnato a ciascuno.

Anche qui un indice pari ad 1 definisce la performance massima raggiungibile dal fornitore mentre un indice pari a 0 quella minima.

3. Consultazione degli esperti per determinare l'importanza relativa dei criteri:

Una volta che la gerarchia è stata definita, gli esperti vengono consultati per stabilire l'importanza relativa o la priorità dei criteri identificati.

Per comprendere come i diversi elementi di un livello influenzino quelli del livello superiore, viene utilizzato il metodo AHP dei confronti a coppie, facendo sempre riferimento all'elemento presente nel livello immediatamente superiore.

Tutti i criteri all'interno di un livello gerarchico vengono confrontati tra loro "a due a due" per determinare quale di essi sia più importante rispetto all'elemento sovraordinato e in quale misura.

Nel confronto a coppie, il decisore deve rispondere a una serie di domande del tipo:

“Quale dei due criteri A1 e A2 è più importante rispetto alla proprietà C e di quanto?”

oppure

“Quanto più fortemente il criterio A1 possiede o soddisfa la proprietà C rispetto al criterio A2?”.

Quando è necessario valutare utilizzando giudizi, è consigliabile utilizzare una scala di valutazione numerica da 1 a 9, conosciuta come Scala Fondamentale (riportata in Tab 3.1). La Scala Fondamentale, ideata da Saaty nel 1972, rappresenta un momento significativo in cui l'autore riconosce l'inadeguatezza delle scale di misurazione ordinali dell'epoca nel quantificare le differenze tra due categorie.[37]

INTENSITA' DI IMPORTANZA	DEFINIZIONE	SPIEGAZIONE
1	Uguale importanza	Due elementi contribuiscono egualmente all'obiettivo
3	Moderata importanza del primo sul secondo	L'esperienza e il giudizio favoriscono debolmente un elemento all'altro
5	Importanza forte o essenziale	L'esperienza e il giudizio favoriscono fortemente un elemento all'altro
7	Importanza molto forte o dimostrabile	Un elemento è favorito fortemente rispetto all'altro: la sua prevalenza è dimostrata nella pratica
9	Estrema importanza	L'evidenza che favorisce un elemento all'altro è dell'ordine di affermazione più alto possibile
2,4,6,8	Valori intermedi	È necessario ricorrere al compromesso.

Tab 3.1 Scala fondamentale di giudizio AHP

Questo strumento consente di convertire un giudizio qualitativo in un giudizio numerico, rendendolo quantitativo e obiettivo.

Al fine di raccogliere le opinioni degli esperti è stato utilizzato un questionario, implementato su fogli di calcolo, del quale è possibile vedere un esempio in Figura 3.4.

Quanto è più complesso gestire un valore più alto di queste opzioni? seleziona l'alternativa che più impatta sulla complessità e poi dai un voto			
A	B	A Vs B	voto da 1 a 9
n° plant di produzione	n° fornitori nuovi	A	7 - Importanza molto forte o dimostrabile
n° plant di produzione	delta volume produttivo	A	8 - intermedio
n° plant di produzione	n° codici nuovi	A	7 - Importanza molto forte o dimostrabile
n° plant di produzione	tecnologie produttive	A	5 - Importanza forte o essenziale
n° fornitori nuovi	delta volume produttivo	A	5 - Importanza forte o essenziale
n° fornitori nuovi	n° codici nuovi	A	4 - intermedio
n° fornitori nuovi	tecnologie produttive	A	5 - Importanza forte o essenziale
delta volume produttivo	n° codici nuovi	B	4 - intermedio
delta volume produttivo	tecnologie produttive	B	4 - intermedio
n° codici nuovi	tecnologie produttive	A	2 - intermedio

Fig 3.4 Esempio questionario per definizione pesi

il questionario è stato proposto a 4 esperti nel settore:

- New Product Supply Chain Specialist - esperienza nel ruolo di 3 anni
- New Product Supply Chain Manager - Esperienza nell'azienda di 5 anni
- Procurement Director - 7 anni di esperienza nel ruolo
- Procurement and Supply Chain Director- 7 anni di esperienza nel ruolo

Una volta raccolti i dati tramite il questionario si è passati al passaggio successivo e cioè la creazione della matrice dei confronti a coppie:

il risultato del confronto a coppie tra gli elementi decisionali fornisce un coefficiente di dominanza a_{ij} che rappresenta una stima della dominanza dell'elemento i rispetto all'elemento j .

I coefficienti di dominanza sono poi organizzati in una matrice, detta Matrice dei confronti a coppie, così costituita:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

A è una matrice $[m \times n]$, la cui dimensione è pari al numero di elementi decisionali che compongono il livello della gerarchia considerata.

Per confrontare n elementi con il metodo dei confronti a coppie, sono necessarie $\frac{n \cdot (n - 1)}{2}$ comparazioni.

L'analisi del problema prevede la conversione dei coefficienti di dominanza in punteggi relativi, detti pesi w .

Si ipotizzi di avere:

- n criteri, definiti A_1, \dots, A_n
- w_1, \dots, w_n pesi assegnati agli elementi decisionali A_1, \dots, A_n
- il coefficiente di dominanza può essere espresso come il rapporto tra i pesi

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad \text{con } i = 1, \dots, n$$

Sotto tali ipotesi, si ottiene la seguente matrice dei confronti a coppie:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Ogni riga della matrice A risulta essere un multiplo costante della prima riga.

Se la matrice dei confronti a coppie A presenta le seguenti proprietà:

- $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ non ha dimensioni
- è reciproca, nel senso che $a_{ij} = 1/a_{ji}$
- gli elementi che compongono la diagonale principale sono unitari poiché rappresentano l'importanza relativa di un elemento gerarchico comparato con sé stesso
- è consistente; tale proprietà espressa attraverso la relazione $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ indica la situazione in cui le intensità di importanza assegnate agli oggetti valutati sulla base di una certa proprietà si giustificano logicamente l'un l'altra.

Allora, considerando quindi una matrice A perfettamente consistente, è possibile moltiplicare suddetta matrice per il vettore dei pesi e si ottiene:

$$A * w = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n * w \quad (7)$$

che equivale a scrivere:

$$A * w = n * w = n * I * w \quad (8)$$

dove n è l'autovalore della matrice A , w è l'autovettore corrispondente e I corrisponde alla matrice identità.

Pertanto, il vettore w , nel caso di una matrice consistente del giudizio A può essere vista come la soluzione dell'equazione:

$$(A - I\lambda) \cdot w = 0 \quad \text{con } \lambda = n \quad (9)$$

In altre parole, se non avessimo esplicitamente il vettore dei pesi w ma soltanto la matrice A , sarebbe possibile derivare da questa equazione il vettore w .

Si consideri il sistema di equazioni:

$$\begin{cases} a_{11}w_1 + \dots + a_{1n}w_n = \lambda w_1 \\ \vdots \\ a_{n1}w_1 + \dots + a_{nn}w_n = \lambda w_n \end{cases} \quad (10)$$

Il sistema ammette o la soluzione $w = 0$ se le equazioni sono tutte indipendenti, oppure una soluzione $w \neq 0$ se almeno una delle equazioni è linearmente dipendente dalle altre, ciò equivale a dire $\det(A - I\lambda) = 0$

Definendo:

$$\varphi(\lambda) = \det(A - I\lambda) = 0 \quad (11)$$

$\varphi(\lambda)$ è un polinomio di grado n ; quindi, è possibile trovare n zeri che corrispondono agli autovalori della matrice A , dove ad ogni λ_i corrisponde un autovettore w_i .

Sapendo inoltre che la traccia di una matrice è definita come la somma di tutti gli elementi della diagonale principale:

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k \quad (12)$$

e dato che A è una matrice perfettamente consistente, il rango (numero massimo di colonne o righe linearmente indipendenti) è unitario e tutti i suoi autovalori tranne uno sono uguali a zero; il che significa che si ha uno e un solo vettore dei pesi e che n esprime il ruolo di autovalore principale di A , per cui risulta essere:

$$\lambda_{max} = n \quad (13)$$

Sulla base di queste considerazioni si può interpretare la determinazione delle priorità degli elementi come un problema legato al calcolo degli autovalori e autovettori di A. L'autovettore normalizzato w^* fornisce le priorità degli elementi decisionali confrontati tra loro.

Viene quindi utilizzato il criterio di estrazione degli autovalori e degli autovettori dalle matrici dei confronti a coppie, ma prima di fare ciò è necessario controllare la consistenza delle risposte per ogni matrice e per ogni decisore.

4. Controllare la consistenza delle risposte:

La coerenza oltre ad essere una componente essenziale del pensiero umano è condizione necessaria per pensare in modo scientifico e ordinare gli oggetti secondo la loro dominanza. L'obiettivo è ottenere una matrice A che sia abbastanza prossima alla matrice dei confronti a coppie perfettamente consistente, quindi, presenterà le seguenti caratteristiche:

- λ_{max} non è pari ad n ;
- un altro autovalore $n - 1$ è diverso da zero;
- se $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ la matrice A è perfettamente consistente.

In generale è possibile definire il coefficiente di dominanza a_{ij} di una matrice non perfettamente consistente nel seguente modo:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \cdot \tau_{ij} \quad (14)$$

Dove $\tau_{ij} = 1 \forall i, j$ se la matrice A è perfettamente consistente.

Si definisce:

$$\mu = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad \text{con } \lambda_1 = \lambda_{max} \quad (15)$$

Dove μ è la misura di consistenza della matrice (**CI, Consistency Index**).

Se la matrice è consistente $\mu = 0$ altrimenti sarà $\mu > 0$

Sapendo che:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = n \quad \text{con } \lambda_1 = \lambda_{max} \quad (16)$$

Dall'unione della (11) con (12), si ottiene la seguente espressione della misura di consistenza:

$$CI = \mu = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (17)$$

Nel caso di consistenza perfetta $CI = 0$ pertanto in presenza di matrice perfettamente consistente, l'autovalore principale è uguale a n ($\lambda_{max} = n$)

Il Consistency Index deve essere confrontato con il Random Index (RI); dal rapporto di questi due indici si ottiene un indicatore del livello di consistenza di una matrice, noto come Consistency Ratio (CR, rapporto di consistenza di una matrice).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (18)$$

Il Random Index, riportato in Tabella 3.2 è ottenuto eseguendo la media dei valori dei CI di numerose matrici reciproche dello stesso ordine, create in modo casuale.

Ordine matrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tab 3.2 tabella per Random Index

L'inconsistenza può essere vista come un adattamento fondamentale per migliorare la coerenza nel confronto degli elementi decisionali. Tale adattamento non dovrebbe essere eccessivo rispetto al giudizio stesso, né così minimo da non causare alcuna variazione. È importante che l'inconsistenza sia minore di una magnitudine tale da provocare cambiamenti significativi capaci di influenzare la comprensione complessiva.[51]

Di conseguenza, secondo l'approccio AHP, il rapporto di coerenza accettabile dovrebbe essere inferiore o uguale al 10%. Valori superiori potrebbero generare errori di dimensioni significative, mettendo a rischio la validità del risultato finale.

Dopo aver controllato la consistenza delle risposte, aver riproposto il questionario agli esperti decisori ed esser arrivati ad un indice di consistenza sempre minore del 10% le matrici dei confronti a coppie dei diversi decisori sono state aggregate utilizzando la media geometrica come effettuato in [52] ed infine sono stati definiti i pesi relativi ad ogni criterio

e sottocriterio con il metodo dell'estrazione dell'autovalore ed autovettore associato ad ogni matrice.

Il calcolo dei pesi mediante l'estrazione degli autovettori e la verifica della consistenza delle risposte è stato effettuato mediante il template ideato da Goepel [53] di cui si riporta il foglio principale in [Appendice A].

Si vedano da Tab 3.3 fino a Tab 3.8 ,i pesi associati ad ogni criterio e sottocriterio:

- Pesi da utilizzare per calcolare le performance del progetto

Re-loop	0,154	Affidabilità	0,476
		PPAP	0,065
		Preserie	0,248
		PdP	0,210
Stock	0,435	Componenti	0,165
		Sottoassiemi	0,228
		Prodotto finito	0,608
Costo	0,317		
Tempo	0,093		

Tab 3.3 tabella pesi performance progetti

Moltiplicando il peso del sottocriterio con il peso del relativo criterio padre si ottengono i pesi complessivi per i sottocriteri.

Affidabilità	0,073
PPAP	0,010
Preserie	0,038
PdP	0,032
Componenti	0,072
Sottoassiemi	0,099
Prodotto finito	0,264

Tab 3.4 tabella pesi complessivi sottocriteri performance progetti

- Pesi da utilizzare per calcolare la complessità del progetto:

Tecnologie produttive	0,125	Pressocolata	0,382
		Stampaggio plastiche/gomme	0,142
		Sinterizzazione Polveri	0,209
		Tranciatura e piegatura	0,089
		Coating	0,079
		Tornitura	0,059
		Saldatura	0,041
N° plant produttivi	0,304		
Fornitori nuovi	0,083		
Codici nuovi	0,187		
Delta volumi produttivi	0,300		

Tab 3.5 tabella pesi complessità progetti

Moltiplicando il peso del sottocriterio con il peso del relativo criterio padre si ottengono i pesi complessivi per i sottocriteri.

Pressocolata	0,048
Stampaggio plastiche/gomme	0,018
Sinterizzazione Polveri	0,026
Tranciatura e piegatura	0,011
Coating	0,010
Tornitura	0,007
Saldatura	0,005

Tab 3.6 tabella pesi complessivi sottocriteri complessità progetti

- Pesi da utilizzare per calcolare l'indice di performance dei fornitori

Tempo	0,243	Risposta	0,194
		PPAP	0,264
		Produzione documenti	0,097
		LT di consegna	0,445
Qualità	0,218	Loop per prodotto conforme	0,851
		Loop per documentazione adeguata	0,149
Costo	0,539		

Tab 3.7 tabella pesi performance fornitori

Moltiplicando il peso del sottocriterio con il peso del relativo criterio padre si ottengono i pesi complessivi per i sottocriteri

Risposta	0,047
PPAP	0,064
Produzione documenti	0,024
LT di consegna	0,108
Loop per prodotto conforme	0,186
Loop per documentazione adeguata	0,032

Tab 3.8 tabella pesi complessivi sottocriteri performance fornitori

Per quanto riguarda le performance dei progetti si nota come i decisori abbiano voluto assegnare dei pesi molto più importanti ai criteri di stock e costo piuttosto che al n° di reloop oppure al tempo.

Questa attenzione ai costi e nel contenere lo stock si può spiegare perché l'azienda, in questo momento, sta affrontando un notevole ampliamento del portfolio prodotti, passando dal solo mercato della combustione a gas verso un business votato all'elettrificazione, proponendosi come fast follower di altre aziende già presenti in questo mercato; dunque, la linea aziendale odierna si pone nella direzione di una maggior attenzione agli sprechi ed alla riduzione di costo dei suoi prodotti, in modo da porsi sul nuovo mercato in maniera competitiva.

Nell'assegnazione dei pesi per la complessità dei progetti si nota che i fattori più determinanti sono il n° di plant produttivi coinvolti ed il delta volume produttivo, il n° di plant crea una notevole complessità logistica ed organizzativa mentre il delta di volume produttivo crea delle condizioni non favorevoli alla Supply Chain nella negoziazione dei prezzi coi fornitori.

Infine, nella valutazione delle performance dei fornitori il driver principale è indubbiamente il costo del componente. In questo caso, l'attenzione è dunque rivolta ad un risparmio sull'acquisto dei vari componenti piuttosto che ai tempi di sviluppo o fornitura o alla qualità fornita nello sviluppo prodotto.

3.3 Utilizzo delle S-Curves per la normalizzazione delle valutazioni

All'interno degli alberi gerarchici decisionali sono presenti diversi criteri caratterizzati da nature molto eterogenee, queste sono il costo espresso in euro, il tempo espresso in mesi, giorni lavorativi o settimane a seconda del modello e dell'input considerato; ed il cui processo di valutazione richiede una generalizzazione per consentirne il confronto: per questo motivo si adottano le S-curves come metodo per standardizzare i risultati delle analisi in un intervallo compreso tra 0 e 1.

Viene qui descritto come si configura questa tecnica : [41]

Per utilizzare le S-curves è necessario sapere innanzitutto 3 parametri fondamentali:

- L : è un parametro di riferimento che rappresenta il massimo valore definito dagli esperti per il criterio che si sta valutando;
- V_{max} rappresenta la proiezione superiore per il dato criterio e dunque il miglior scenario sempre valutato dagli esperti;
- V_{min} rappresenta la proiezione inferiore per il dato criterio e dunque il peggior scenario sempre valutato dagli esperti.

Con questi dati si possono calcolare due parametri che vanno ad influenzare la forma della curva ad S:

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(0,1)}{\ln(0,9)}\right)}{\ln\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right)} \quad (19)$$

$$\vartheta = \frac{V_{min}}{(-\ln(0,9))^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (20)$$

E si giunge così a calcolare la vera e propria curva ad S con la formula:

$$r = e^{-\left(\frac{L+V_{reale}}{\vartheta}\right)^{\gamma}} \quad (21)$$

dove r sarà il valore generalizzato che si potrà utilizzare per il confronto tra i diversi criteri, mentre per V_{reale} si intende il valore non ancora standardizzato, dunque il valore in input della S-curve.

In Figura 3.5 si trova un esempio della curva ad S utilizzata per generalizzare la valutazione sul n° di reloop che può subire un progetto per quanto riguarda le prove di affidabilità:

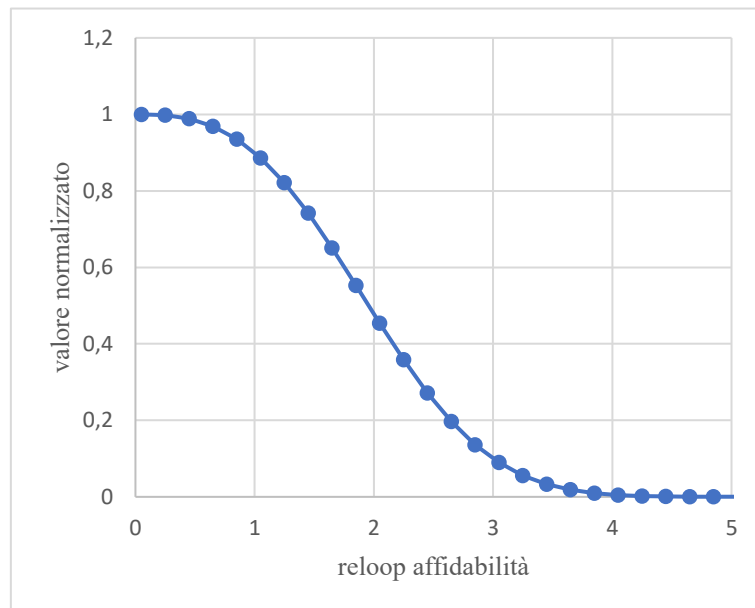


Fig 3.5 S-curve per prove di affidabilità

Dove sono stati utilizzati come parametri:

- $L = 0$ poichè per un n° pari a zero di reloop per prove di affidabilità la curva deve restituire il massimo valore di performance del progetto (=1);
- $V_{max} = 3$ impostato come valore superiore per il dato criterio;
- $V_{min} = 1$ impostato come valore inferiore per il dato criterio.

Si deduce dal testo che, in caso di valori in ingresso che possono essere negativi, la formula utilizzata per impostare le S-curves è modificata come segue per i parametri γ e ϑ :

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(0,1)}{\ln(0,9)}\right)}{\ln\left(\frac{L+V_{max}}{L+V_{min}}\right)} \quad (22)$$

$$\vartheta = \frac{L+V_{max}}{(-\ln(0,1))^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (23)$$

Mentre per la curva:

$$r = 1 - e^{-\left(\frac{L+V_{reale}}{\vartheta}\right)^{\gamma}} \quad (24)$$

In Figura 3.6 vi è un esempio della curva ad S utilizzata per generalizzare la valutazione sulla % di delta costo che può subire un progetto:

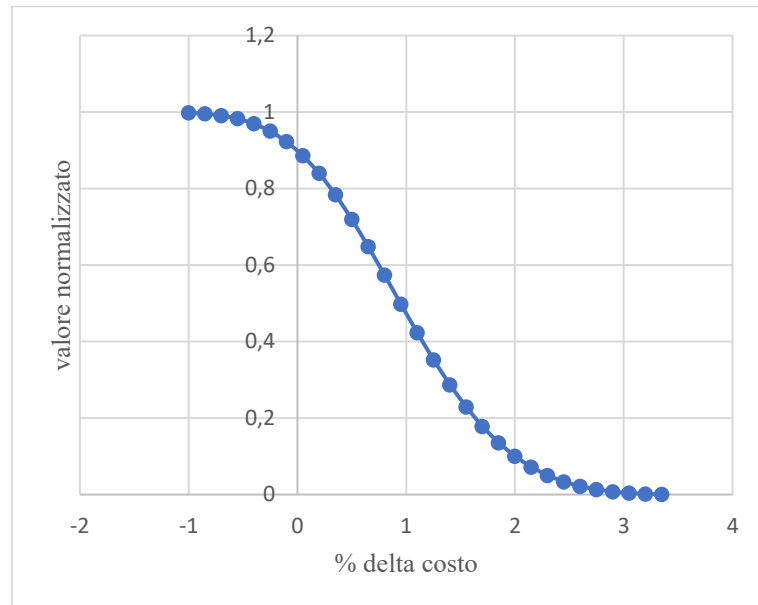


Fig 3.6 S-curve per % delta costo progetto

Dove sono stati utilizzati come parametri:

- $L = -2$ impostato come parametro massimo di riferimento, cioè un delta costo inferiore del 200%;
- $V_{max} = 0$ impostato come parametro di miglior scenario, cioè delta nullo;
- $V_{min} = 1,5$ impostato come parametro di massimo delta oltre il quale la valutazione delle performance deve scendere fino a 0.

Per il modello riguardante le performance dei progetti sono state utilizzate le curve ad S presenti in Figura 3.7; nell'angolo in alto a destra di ogni figura, all'interno del riquadro, vi sono i parametri utilizzati per la loro creazione.

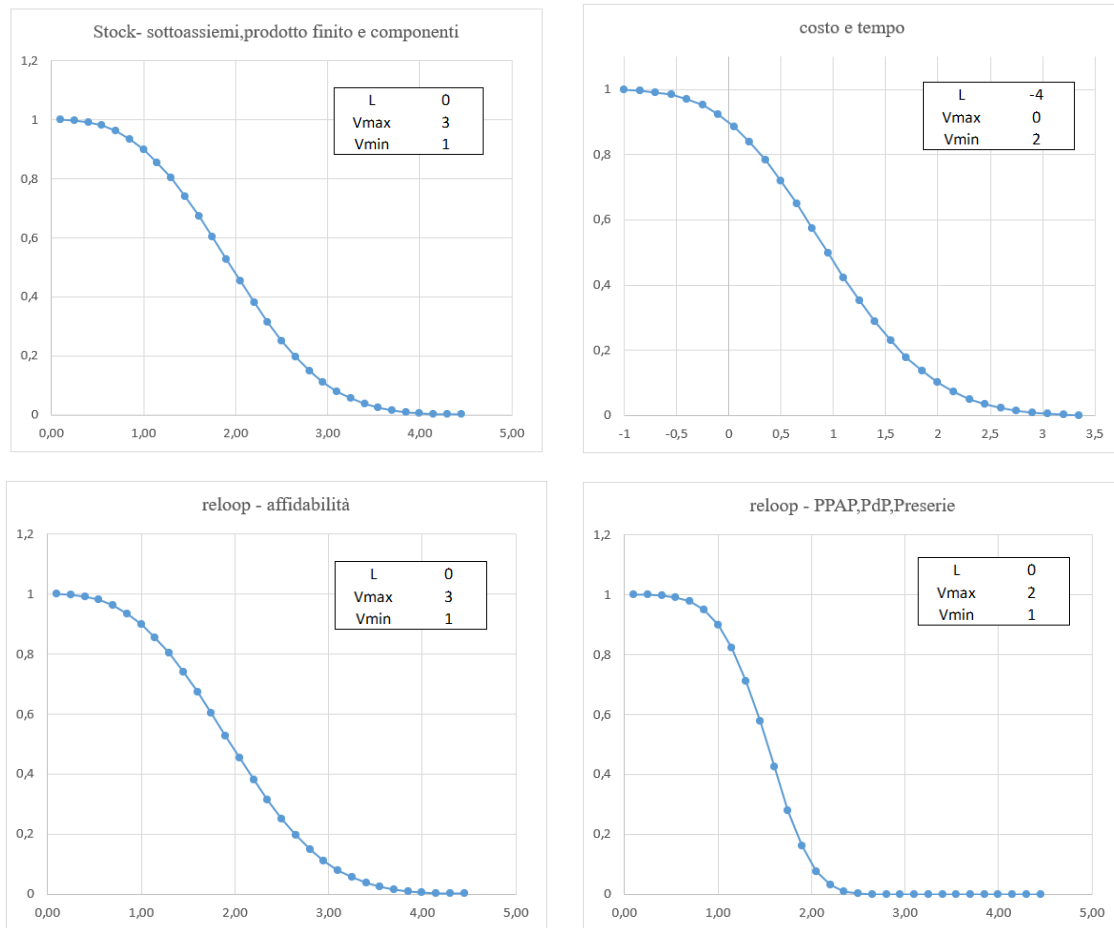


Fig 3.7 S-curve performance progetti

Per la valutazione di stock, prodotto finito e sottoassiemi è stata utilizzata la stessa curva con uno stock proporzionale a 1 alla domanda nel miglior caso e 3 volte superiore nel peggior caso.

Per il costo ed il tempo, valutati in relazione a quelli preventivati, si è utilizzata una curva avente come miglior scenario uno scostamento dello 0% ma che valuti come scenario ideale un decremento, mentre come scenario peggiore un aumento del 200%.

Per i reloop di affidabilità è stato scelto come miglior scenario un solo reloop mentre come peggiore 3 reloop, il caso ideale è qui il non avere reloop. Similmente è stata creata la curva per i reloop delle altre azioni con l'unica variazione del peggior scenario diminuito a 2.

Nel modello utilizzato per il calcolo della complessità dei progetti sono state invece utilizzate le curve presenti in Figura 3.8; nel riquadro vi sono i parametri utilizzati.

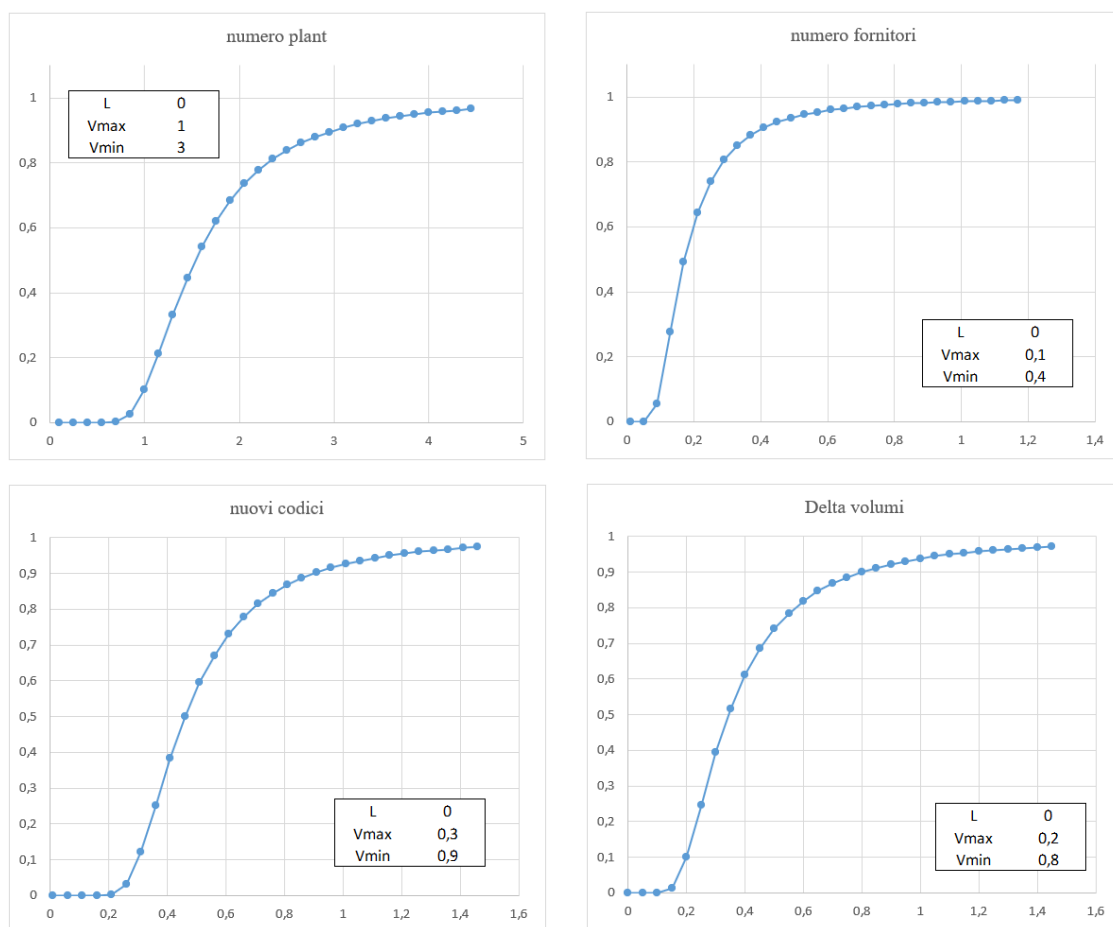


Fig 3.8 S-curve complessità progetto

Si nota in questo caso che le curve hanno un andamento speculare rispetto a quelle utilizzate per calcolare le performance dei progetti, questo perché per un valore maggiore di un dato input la complessità aumenta e quindi il peggior scenario è indicato da V_{min}

- Per il numero di plant la curva inizia a salire dopo il primo plant utilizzato e cresce fino al valore superiore di 3;
- Per la % di fornitori nuovi il miglior scenario è fissato al 10% mentre il peggior scenario al 40%;
- Per la % di nuovi codici il miglior scenario è 30% mentre il peggiore è il 90%;
- Per il delta volume produttivo il miglior scenario è 20% di scostamento mentre il peggiore è dell'80%.

Nel modello utilizzato per il calcolo delle performance dei fornitori nei nuovi progetti sono state utilizzate le curve presenti in Figura 3.9; nel riquadro vi sono i parametri utilizzati.

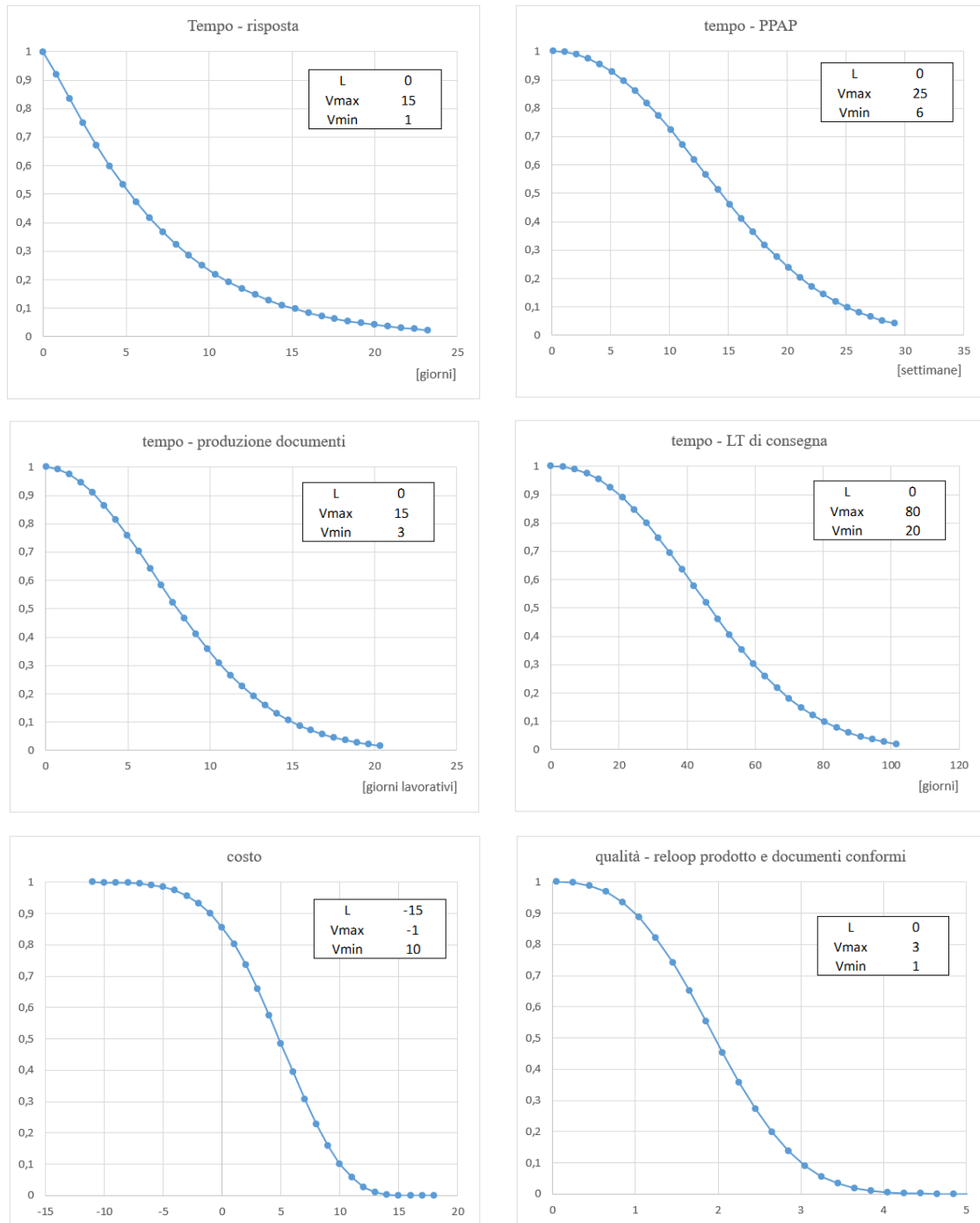


Fig 3.9 S-curve performance fornitori

Qui le curve tornano ad avere la stessa forma di quelle utilizzate per le performance dei progetti e nel dettaglio:

- Per il tempo di risposta a richiesta è stato impostato un valore per il miglior scenario di 1 giorno mentre 15 giorni per il peggior scenario;
- Per il tempo necessario ad avere un prodotto conforme per il PPAP si è deciso di impostare la curva con parametro di miglior scenario a 6 settimane mentre come peggior scenario 15 settimane;
- Per il tempo di produzione documenti il miglior scenario è 3 giorni lavorativi ed il peggiore di 15 giorni lavorativi;
- Per il Lead Time di consegna i valori vanno da un minimo di 20 giorni ad un massimo di 80;
- Lo scostamento % di prezzo da quello medio varia da -1% a 10% ma con valori che aumentano sino al -15%;
- Per valutare i reloop di documenti e prodotti conformi è stata utilizzata la stessa curva avente come parametri 1 per il minimo numero di reloop e 3 per il peggior scenario.

3.4 Calcolo del risultato finale

L'indice finale di ogni modello è stato calcolato similmente a quanto fatto nel lavoro di Frank et al [41] dove si vanno a confrontare caratteristiche di natura diversa. La novità rispetto a questo testo risiede nell'aver calcolato i pesi tramite l'AHP piuttosto che con la tecnica QFD.

Il modelli si articolano nel seguente modo:

- Inserimento dei dati in input;
- Valutazione dei dati al livello inferiore della scala gerarchica e standardizzazione del risultato, in altre parole viene calcolato il valore da immettere all'interno delle curve ad S e poi valutato tramite queste ultime; solamente per il sottocriterio di dettaglio per le tecnologie produttive non è stata usata una curva ad S per standardizzare i risultati in quanto è stata impostata una valutazione 0,1 per indicare o meno la presenza della tecnologia nel progetto;
- Calcolo del valore pesato moltiplicando il valore ottenuto dalle curve ad S per i pesi ricavati dall'AHP

$$V_{int,j} = V_{in,j} \cdot w_j \quad (25)$$

Dove con $V_{int,j}$ si intende valutazione intermedia per il sottocriterio j ; con $V_{in,j}$ si indica la valutazione iniziale per il sottocriterio j ed infine con w_j si definisce il peso associato al sottocriterio j;

- Si sommano i risultati intermedi $V_{int,j}$ per ricreare la valutazione iniziale, perché non ancora pesata per il criterio padre

$$V_{in,k} = \sum_{j=1}^J V_{int,j} \quad (26)$$

Dove con k si intende il k-esimo criterio padre, J indica invece il n° di sottocriteri associati a tale criterio padre;

- Le valutazioni finali dei criteri padre vengono pesate con il rispettivo peso per calcolare la valutazione intermedia per il dato criterio

$$V_{int,k} = V_{in,k} \cdot w_k \quad (27)$$

- Infine, viene calcolato l'indice finale sommando tutte le valutazioni intermedie pesate dei criteri padre

$$V_{fin} = \sum_{k=1}^K V_{int,k} \quad (28)$$

3.5 Validazione del modello mediante analisi di sensitività

Al fine di verificare la robustezza delle decisioni prese all'interno del modello è stata effettuata una analisi di sensitività.

Dai testi [52], [54], [55], [56], [57], [58] si deduce che :

L'analisi di sensitività, nel contesto del metodo decisionale multicriterio AHP, consente di valutare la robustezza e di comprendere la stabilità delle decisioni prese nel metodo in esame, andando ad analizzare l'influenza delle deviazioni nei pesi dei criteri sulla classifica delle alternative. Questo processo permette di determinare fino a che punto la preferenza per un'alternativa rimane valida e identifica inoltre i cosiddetti "punti di inversione", dove le alternative possono cambiare posizione nella classifica in risposta a variazioni specifiche nei pesi dei criteri.

Tuttavia, è importante sottolineare che l'analisi di sensitività non giudica la affidabilità dei valori iniziali dei pesi dei criteri, ma fornisce piuttosto una panoramica dei possibili cambiamenti nelle preferenze in relazione a variazioni nei pesi dei criteri: in altre parole, non valuta la probabilità di deviazioni dai valori di base, ma esplora piuttosto l'impatto di tali deviazioni sulle decisioni. L'analisi di sensitività si rivela particolarmente vantaggiosa in contesti di incertezza, in quanto consente di esaminare in modo esaustivo tutti i potenziali scenari e punti di vista del problema. Nel caso di scenari con evidente incertezza si ritiene consigliabile considerare l'inclusione di ulteriori criteri decisionali, poiché una classifica molto sensibile suggerisce una limitata capacità di discriminazione dell'attuale set di criteri. Nella pratica dei metodi decisionali multicriterio, l'analisi di sensitività viene eseguita in una serie di passaggi ben definiti:

- Valutazione dell'impatto dei cambiamenti:

Si esaminano le variazioni nei pesi dei criteri e si osserva come influenzano la classifica delle alternative. Questo può essere fatto aumentando o diminuendo i pesi dei criteri e osservando le conseguenti variazioni nelle priorità delle alternative;

- Ricerca del punto di inversione:

Si individua il punto in cui le preferenze cambiano significativamente a seguito delle variazioni nei pesi dei criteri. Questo punto fornisce informazioni cruciali sulla stabilità delle decisioni prese;

- Valutazione della robustezza delle decisioni:

Si valuta se le decisioni prese sono robuste rispetto alle variazioni nei pesi dei criteri. Se la classifica delle alternative fosse molto sensibile a piccole variazioni nei pesi dei criteri, potrebbe essere necessario rivalutare attentamente i pesi assegnati;

Complessivamente, l'analisi di sensitività nel metodo decisionale multicriterio consente di comprendere meglio l'effetto dei cambiamenti nei pesi dei criteri sulle decisioni prese e di garantire la robustezza delle scelte effettuate, specialmente in contesti complessi e incerti.

In letteratura vi sono diverse metodologie riguardanti la variazione dei pesi al fine di eseguire una analisi di sensitività, ad esempio:

- Nel lavoro di Mekonnen et al [54] inizialmente tutti i fattori sono stati considerati con pari importanza e sono stati assegnati gli stessi pesi a ciascuno. Successivamente, sono stati esplorati ulteriori scenari disattivando un fattore alla volta e distribuendo l'importanza residua in modo uniforme tra gli altri criteri;
- In Chang et al [52] invece i pesi dei criteri fondamentali sono stati variati singolarmente, simulando intervalli di pesi compresi tra lo 0% e il 100%. È importante notare che i pesi degli altri criteri variano di conseguenza, mantenendo la natura relativa degli stessi, ovvero la somma totale dei pesi deve rimanere pari al 100%;
- Maletič [55] propone inoltre di considerare variazioni nei pesi sia incrementando che decrementando gli stessi;
- Kurniawan [59] utilizza una scala facendo variare ogni criterio di -10,+10,-20,+20,-30,+30;-50,50,-100,+100 in percentuale.

Nel contesto di questa tesi si è cercato di creare un metodo di variazione dei pesi che comprenda sia la variazione da 0% a 100% utilizzata in [52] che l'analisi sul decremento dei pesi utilizzata in [55], utilizzando dunque incrementi e decrementi del 10%, 20%, 30%, 50% e 100% come effettuato in [59].

L'analisi è stata effettuata analizzando dapprima la scala di variazione come illustrato pocanzi, è stata poi effettuata una ulteriore analisi andando a dettagliare in maniera più accurata le zone ove venivano riscontrate le criticità.

Capitolo 4

Discussione risultati

4.1 Valutazione dei progetti conclusi

Una volta implementati i modelli, sono stati inseriti i dati relativi a progetti conclusi, vengono riportati in [Appendice C] tutti dati in input utilizzati, questi dati sono stati ricavati principalmente dal sistema gestionale SAP in uso nell'azienda, da diversi archivi di riferimento per la funzione e da analisi aziendali svolte nel corso degli anni per quanto riguarda il calcolo di tempi e costi a preventivo e consuntivo. Tra tutti i progetti svolti nel passato sono stati selezionati quelli per cui si è potuto ricavare tutti i dati necessari alle analisi e tra questi il progetto 1 fa riferimento ad un ventilatore mentre gli altri si riferiscono a delle valvole per la combustione a gas.

Analizzando i progetti conclusi e categorizzandoli, si può sviluppare un quadro che potrà poi essere applicato ai progetti attuali.

Si mostra ora un esempio di calcolo per la complessità del progetto n° 1, i calcoli per i restanti progetti sono stati svolti in egual maniera.

I dati in input per il tal progetto sono:

progetto 1					
pressocolata	1	n° nuovi fornitori	1	n° nuovi codici	22
stampaggio plastiche/gomme	1	n° fornitori	19	totale codici	35
Sinterizzazione polveri	0	% nuovi fornitori	5,3%	% codici nuovi	62,9
tranciatura+piegatura	0	volumi produttivi a consuntivo [pz/anno]	0		
coating	0	volumi produttivi preventivati [pz/anno]	1000		
tornitura	0	rapporto tra delta e preventivo	100		
saldatura	0	n° plant produttivi	1		

Tab 4.1 input progetto 1 complessità

I valori relativi alle tecnologie produttive sono stati pesati con i relativi pesi e poi sommati

$$V_{p1} = 1 * 0.382 + 1 * 0.142 + 0 * 0.209 + 0 * 0.089 + 0 * 0.079 + 0 * 0.059 + 0 * 0.041 = 0.524 \quad (1)$$

Dove V_{p1} indica il valore complessivo pesato determinato dall'utilizzo di tecnologie produttive

In seguito gli altri valori sono stati utilizzati come input per le relative S-curves e sono quindi risultati i dati in output di Tab 4.2

n° plant produttivi	0,1
%fornitori nuovi	6,75E-05
% codici new	0,749
% delta volumi sul preventivato	0,938

Tab 4.2 output S-curves progetto 1

Questi valori sono stati quindi moltiplicati con i relativi pesi, è stato inoltre moltiplicato il valore ottenuto per le tecnologie produttive per il suo peso ed infine tutti i valori sono stati sommati per arrivare all'indice di complessità finale

$$V_f = 0.524 * 0.125 + 0.1 * 0.304 + 6,75E - 05 * 0.083 + 0.749 * 0.187 + 0.938 * 0.3$$

$$= 0.518$$

Dove V_f indica il valore finale ottenuto dalla somma delle valutazioni pesate.

Per quanto riguarda la complessità dei progetti conclusi si possono trovare i dati in input in [Appendice C – Tab C.1] ed i risultati sono riportati in Tab 4.3 e Figura 4.1:

Prog. 1	Prog. 2	Prog. 3	Prog. 4	Prog. 5	Prog. 6	Prog. 7
0,518	0,653	0,264	0,457	0,462	0,380	0,724

Tab 4.3 risultati complessità progetti passati

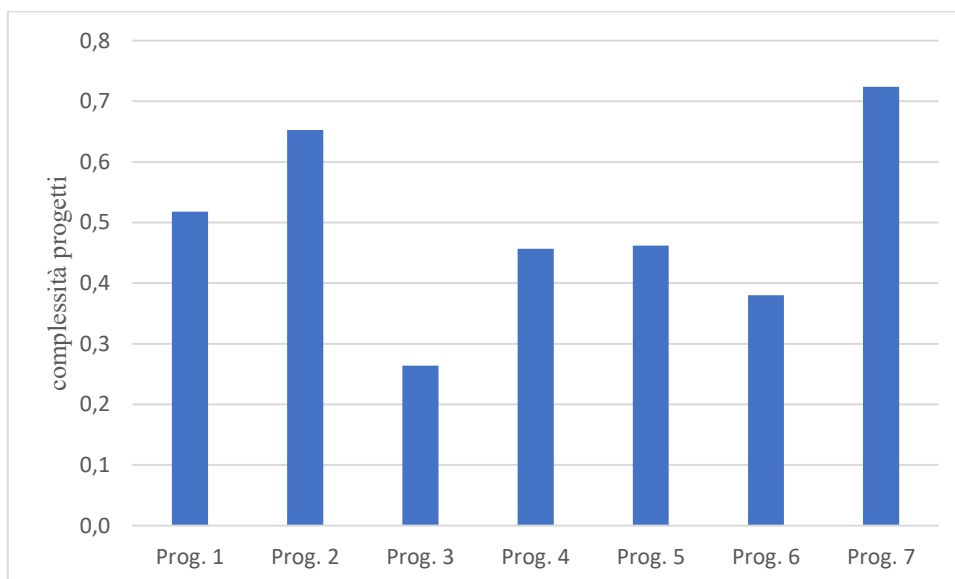


Fig 4.1 risultati complessità progetti conclusi

Al fine di definire dei parametri per la valutazione della complessità si è andati ad incrociare i valori risultanti con le opinioni degli esperti decisori coinvolti e si è ottenuta la seguente classifica:

- Complessità bassa se il valore dell'indice è compreso tra 0 e 0,4;
- Complessità media se il valore dell'indice è compreso tra 0,4 e 0,6;
- Complessità medio/alta per un indice compreso tra 0,6 e 0,75;
- Complessità alta per indici tra 0,75 e 1.

Da questi risultati si può notare come i progetti conclusi abbiano avuto complessità differenti, nello specifico:

- Due progetti di complessità alta (Prog.7,2);
- Tre progetti di complessità media (Prog.1,4,5);
- Due progetti di complessità bassa (Prog. 3,6).

Questi risultati si possono spiegare perché il progetto 2 presenta le due tecnologie più impattanti (pressocolata e stampaggio plastiche e gomme) e a queste se ne aggiunge anche una terza (tranciatura e piegatura), ha necessità di 2 plant produttivi per essere creato ed inoltre durante la progettazione è sceso l'interesse verso questo prodotto ed il volume produttivo richiesto si è azzerato.

Per quanto riguarda il progetto 7 i driver principali di questa alta complessità sono il n° di codici nuovi presenti all'interno del prodotto, i 2 plant produttivi richiesti ed il fatto che durante lo sviluppo i volumi produttivi richiesti sono aumentati considerevolmente.

Il progetto 3 presenta invece una complessità bassa in quanto per la sue realizzazione è necessario un solo plant, non presenta le tecnologie produttive più impattanti, il volume produttivo richiesto è molto simile a quello preventivato ed i codici nuovi introdotti sono solamente 7 in quanto si tratta di un progetto derivativo.

Per quanto riguarda le performance dei progetti conclusi si possono trovare i dati in input in [Appendice C – Tab C.2] ed i risultati sono riportati in Tab 4.4 e Figura 4.2

Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7
0,612	0,532	0,932	0,901	0,832	0,784	0,896

Tab 4.4 risultati performance progetti passati

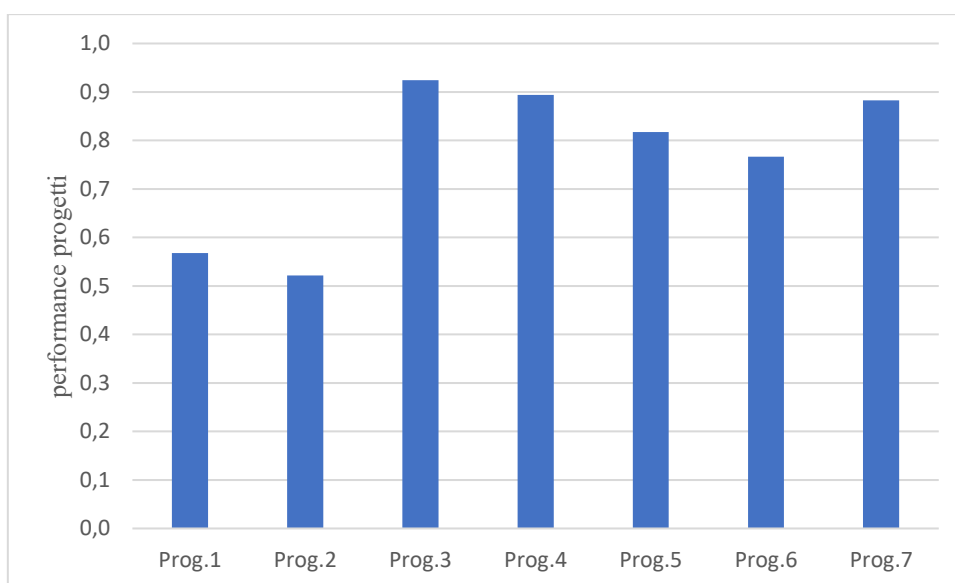


Fig 4.2 risultati performance progetti passati

Come prima sono stati definiti dei parametri di riferimento per la valutazione:

- performance basse con un indice compreso tra 0 e 0,4;
- performance medie con un indice compreso tra 0,4 e 0,6;
- performance medio alte con un indice compreso tra 0,6 e 0,75;
- performance alte con un indice compreso tra 0,75 e 1.

Da questi risultati si può notare che i progetti conclusi abbiano avuto performance differenti, nello specifico:

- Cinque progetti (Prog.3,4,5,6,7) con performance alte
- Due progetti (Prog.1,2) con performance medio/alte

Il progetto 1 è stato penalizzato principalmente per il livello di stock presente a magazzino, questo si può spiegare dal fatto che essendo un prodotto nuovo (ventilatore) per l'azienda i clienti non sono ancora interessati a questo tipo di prodotto e quindi tutto ciò che è stato prodotto è rimasto a magazzino.

Mentre il progetto 2 viene penalizzato per i diversi reloop PPAP effettuati e per aver dovuto rifare la preserie, cose che hanno causato inoltre dei ritardi e dei costi aggiuntivi a carico del progetto.

Effettuando una analisi incrociata dei due risultati si ottiene la mappa complessità/performance di Figura 4.3:

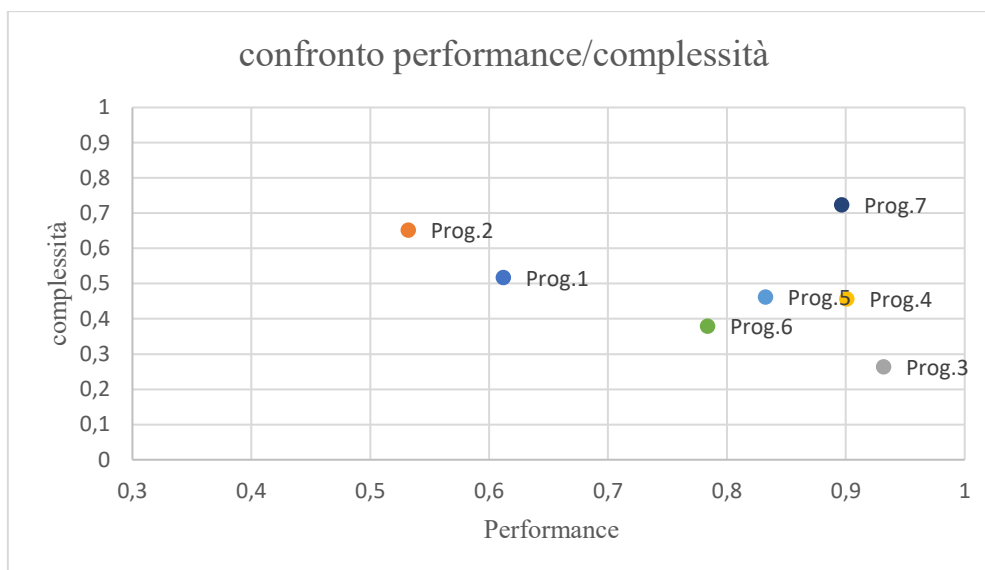


Fig 4.3 risultati complessità progetti passati

Dove si nota che:

- Un progetto (Prog.7) ha avuto performance alte nonostante l'alta complessità;
- Un progetto (Prog.3) ha avuto performance alte e bassa complessità;
- Tre progetti (Prog.6,5,4) hanno avuto performance alte ed una complessità media;
- Due progetti (Prog.1,2) hanno avuto performance medio/alte con una complessità anch'essa medio/alta.

Dall'applicazione di questi due modelli si ricava dunque che il progetto 7 ha avuto delle performance alte nonostante l'elevata complessità in quanto durante lo svolgimento del progetto i volumi produttivi richiesti sono aumentati considerevolmente e dunque il raggiungimento della mass production era l'obiettivo principale dell'azienda.

Si nota inoltre che le performance di questi progetti sono in maggior parte buone, questo perché fanno riferimento a prodotti già noti da molti anni all'azienda; infatti, si vede che la valutazione scende per il progetto 1 in quanto è stato un prodotto di recente introduzione e per il progetto 2 in quanto sono stati commessi alcuni errori durante lo sviluppo dello stesso.

4.2 Valutazione dei progetti in corso

Dopo aver testato i modelli su dati storici sono stati inseriti in seguito i dati relativi ai progetti in corso, in modo da avere una visione globale dell'attuale complessità gestita dalla funzione e dalle performance espresse dai vari progetti, vengono riportati in [Appendice C – Tab C.3] i dati in input utilizzati.

Per quanto riguarda la complessità dei progetti in corso i risultati sono riportati in Tab 4.5 e Figura 4.4:

Prg.1	Prg.2	Prg.3	Prg.4	Prg.5	Prg.6	Prg.7	Prg.8	Prg.9
0,785	0,824	0,746	0,757	0,592	0,616	0,323	0,818	0,657

Tab 4.5 risultati complessità progetti in corso

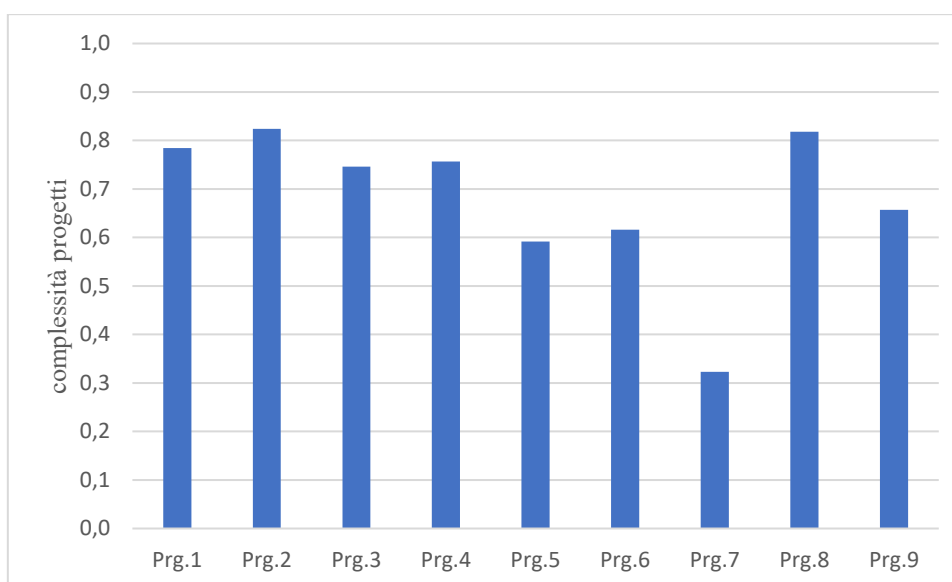


Fig 4.4 risultati complessità progetti in corso

Da questi risultati si nota come la funzione stia gestendo 9 progetti con complessità differenti, nello specifico:

- Cinque progetti (Prg.1,2,3,4,8) aventi complessità alta;
- Tre progetti (Prg.5,6,9) aventi una complessità medio/alta;
- Un progetto (Prg.7) avente una complessità bassa.

Il progetto 7 ha una complessità minore in quanto essendo una scheda elettronica prevede un solo plant di produzione, come tecnologie solo lo stampaggio plastiche per la cover e la microsaldatura dei componenti, presenta inoltre una bassa % di componenti nuovi ed

essendo un progetto partito da non molto i volumi produttivi preventivati e quelli che vengono richiesti ad oggi sono gli stessi. Tutti gli altri progetti invece fanno riferimento a dei ventilatori, dei quali i progetti 5 e 6 al momento hanno una complessità minore essendo partiti da poco e dunque, nonostante l'alta percentuale di nuovi fornitori e di nuovi codici, i volumi produttivi richiesti sono al momento costanti. Il progetto 9 ha una complessità leggermente minore rispetto agli altri perché è un progetto derivativo quindi, nonostante la differenza nei volumi produttivi richiesti la sua complessità risulta minore in quanto vi sono meno codici nuovi e meno fornitori nuovi. I rimanenti progetti 1,2,3,4,8 sono molto complessi in quanto sono dei ventilatori di cui ci si sta occupando anche dello sviluppo motore e dunque vi sono molti codici nuovi, dei plant produttivi in aggiunta per l'assemblaggio del motore ed inoltre si nota una discreta variazione della produzione richiesta.

Viene riportato di seguito un esempio per il calcolo dell'indice di performance per il progetto 1, gli indici per i restanti progetti sono calcolati in maniera eguale.

Prg.1					
N° reloop affidabilità	3	Livello stock PF [pz]	194	Costo progetto a preventivo [kEUR]	1252
N° reloop preserie	1	Livello stock COMP [pz]	15.325	Costo progetto a consuntivo kEUR	2500
N° reloop PdP	1	Livello stock HALB [pz]	450	Rapporto tra delta e preventivo	1,00
N° reloop PPAP	25	volumi di vendita previsti [pz/mese]	150	Tempo progetto a preventivo [mesi]	24
N° codici che necessitano di PPAP	20	N° sottoassiemi	2	Tempo progetto a consuntivo [mesi]	29
Rapporto PPAP	1,25	N° codici a BOM	50	Rapporto tra delta e preventivo	0,21

Tab 4.6 input performance progetto 1

I valori sono stati utilizzati come input per le relative S-curves e sono quindi risultati i dati in output di Tab 4.7 per i sottocriteri di affidabilità e stock level.

n° reloop affidabilità	0,75	stock level PF	0,80
n° reloop PPAP	0,9	stock level COMP	0,46
n° reloop preserie	0,1	stock level HALB	0,72
n° reloop PdP	0,9		

Tab 4.7 output S-curves sottocriteri performance progetto 1

n° reloop affidabilità	0,476	stock level PF	0,608
n° reloop PPAP	0,065	stock level COMP	0,165
n° reloop preserie	0,248	stock level HALB	0,228
n° reloop PdP	0,210		

Tab 4.8 pesi associati ai sottocriteri performance

Questi valori sono stati dunque moltiplicati con i relativi pesi in Tab 4.8 e si ottengono quindi i valori pesati in Tab 4.9

n° reloop affidabilità	0,0476	stock level PF	0,4891
n° reloop PPAP	0,0491	stock level COMP	0,0753
n° reloop preserie	0,2236	stock level HALB	0,1638
n° reloop PdP	0,1891		

Tab 4.9 valori pesati sottocriteri performance progetto 1

Si effettua la somma di queste valutazioni pesate in modo da ricreare la valutazione in input per il criterio padre che si vede in Tab 4.10.

reloop	0,51	stock	0,73
--------	------	-------	------

Tab 4.10 valori pesati complessivi sottocriteri performance progetto 1

I valori in input di tempo e costo vengono immessi nelle relative S- curves e si ottengono come dati in output i valori in Tab 4.11

costo	0,475
tempo	0,837

Tab 4.11 valori output S-curves costo e tempo performance progetto 1

Le valutazioni dei criteri principali vengono quindi moltiplicate con i relativi pesi riportati in Tab 4.12

Peso reloop	0,154
Peso stock	0,435
Peso costo	0,317
Peso tempo	0,093

Tab 4.12 pesi associati ai criteri performance

E si ottengono dunque i risultati di Tab 4.13

reloop	0,079
stock	0,317
costo	0,151
tempo	0,078

Tab 4.13 valutazioni pesate performance progetto 1

Infine, questi valori vengono sommati per calcolare l'indice di performance del progetto 1

$$V_f = 0.079 + 0.317 + 0.151 + 0.078 = 0.624$$

Dove V_f indica la valutazione finale

Per quanto riguarda le performance dei progetti in corso i dati in input si trovano in [Appendice C – Tab C.4] ed i risultati sono qui riportati in Tab 4.14 e Figura 4.5:

Prg.1	Prg.2	Prg.3	Prg.4	Prg.5	Prg.6	Prg.7	Prg.8	Prg.9
0,624	0,669	0,717	0,777	0,958	0,720	0,922	0,841	0,885

Tab 4.14 risultati performance progetti in corso

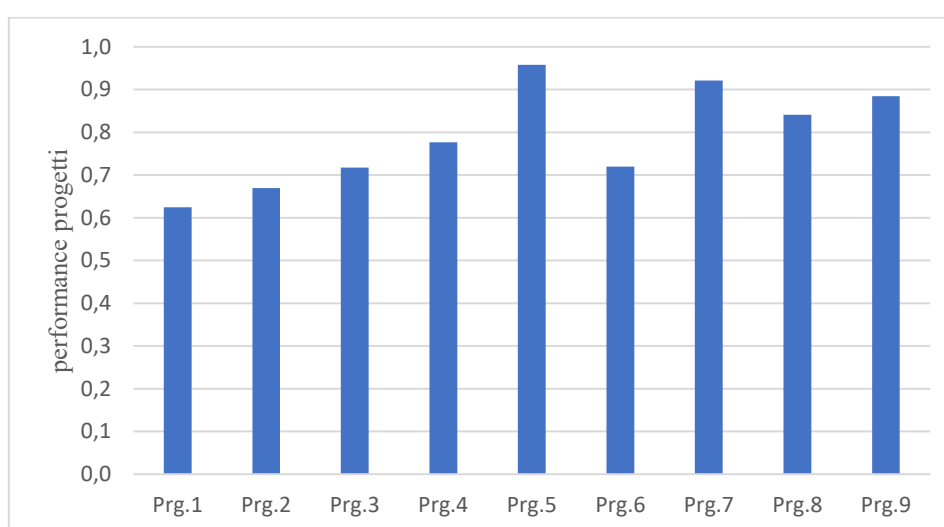


Fig 4.5 risultati complessità progetti in corso

Da questi risultati si nota come la funzione stia gestendo 9 progetti con performance differenti, nello specifico:

- Cinque progetti (Prg. 4,5,7,8,9) aventi performance alte
- Quattro progetti (Prg.1,2,3,6) aventi performance medio/alte

Effettuando una analisi incrociata dei risultati si ottiene una mappa complessità/performance, riportata in Figura 4.6:

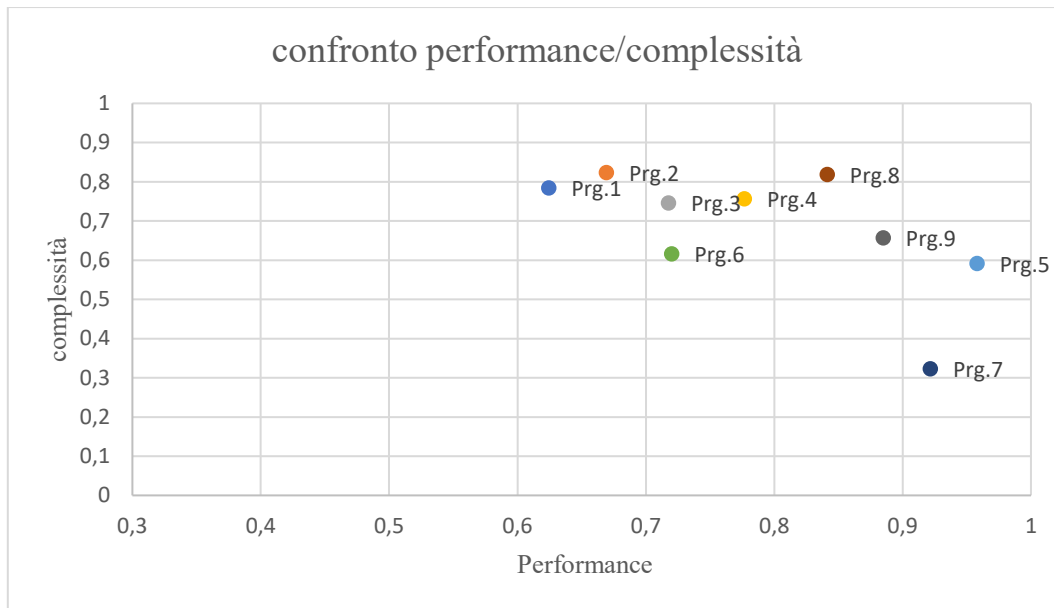


Fig 4.6 risultati complessità progetti in corso

Dove si nota che:

- La maggior parte dei progetti si trova nel secondo quadrante della mappa, dove si trovano i progetti aventi complessità e performance alte;
- Un solo progetto esce dalla tendenza (Prg.7) performando in maniera soddisfacente e con una complessità bassa.

I progetti 5,6,7 hanno buone performance per il fatto che non sono partiti da molto tempo e quindi, al momento, le tempistiche ed i costi si stanno confermando in linea con quanto preventivato ed inoltre lo stock presente è veramente esiguo in quanto si approvvigiona lo stretto necessario per eseguire test o per campionature verso clienti. Il progetto 6 è leggermente più penalizzato in quanto i volumi previsti in uscita questo mese sono minori e quindi la valutazione per lo stock del prodotto finito scende rispetto al progetto 5 e progetto 7.

Il progetto 1, in stato abbastanza avanzato di sviluppo, viene penalizzato per il gran numero di reloop effettuati sia per PPAP che il reloop della preserie e prova di produzione, per queste motivazioni il progetto è andato in ritardo di 4 mesi ed anche questo incide sulla valutazione.

I progetti 2,3,4, nonostante abbiano lo stesso ritardo rispetto al progetto 1 vengono meno penalizzati in quanto sono stati eseguiti meno reloop, questi progetti hanno una performance media in quanto non essendoci volumi produttivi richiesti, nonostante lo stato

abbastanza avanzato dello sviluppo, sono stati messi in stand-by e quindi accumulano del ritardo.

Il progetto 8 ha una valutazione molto alta, nonostante l'elevato ritardo accumulato nel corso dello sviluppo, perché ha rispettato il target di costo e vi sono dei volumi produttivi richiesti nonostante il basso livello di stock. Segno che a breve dovranno essere effettuati degli approvvigionamenti. In questo progetto è stato sacrificato il time to market al fine di contenerne i costi di sviluppo.

Il progetto 9 infine ha una performance alta in quanto, essendo nelle prime fasi di sviluppo, sta rispettando le tempistiche ed i costi preventivati, inoltre lo stock è molto esiguo rispetto alle richieste di campionature o prototipi per test.

Rispetto all'analisi sui progetti passati si nota come vi siano molti più progetti di complessità alta, e questo è spiegato dall'aumentare di progetti di ventilatori e si nota inoltre che tutti i progetti di ventilatori in corso stiano performando meglio rispetto al progetto 1 concluso. Questo perché si sta iniziando a maturare dell'esperienza nel campo.

Dunque, l'applicazione di questi modelli permette di eseguire delle valutazioni sulle cause delle performance nei vari progetti e si riesce a capire in maniera rapida ed efficiente dove vi è la necessità di effettuare delle azioni correttive e permette inoltre di effettuare delle comparazioni rispetto alle analisi precedenti per capire l'efficacia di queste misure correttive impartite. Permette dunque agli operativi, ma soprattutto al management di prendere decisioni più rapide e consapevoli.

4.3 Valutazione fornitori per i nuovi progetti

Per quanto riguarda la valutazione delle performance dei fornitori nell'ambito dello sviluppo di nuovi prodotti si vedono in Tabella 4.15 e Figura 4.7 i risultati.

Vengono riportati in [Appendice C – Tab C.5] i dati in input utilizzati.

	gomma1	gomma2	gomma3	torniti1	torniti2	tranciati1	tranciati2	plastiche1	plastiche2	plastiche3
rating	0,783	0,873	0,870	0,843	0,862	0,791	0,704	0,315	0,528	0,559
% progetti per fornitore	20,0%	40,0%	60,0%	66,7%	33,3%	40,0%	60,0%	16,7%	66,7%	16,7%

Tab 4.15 risultati fornitori

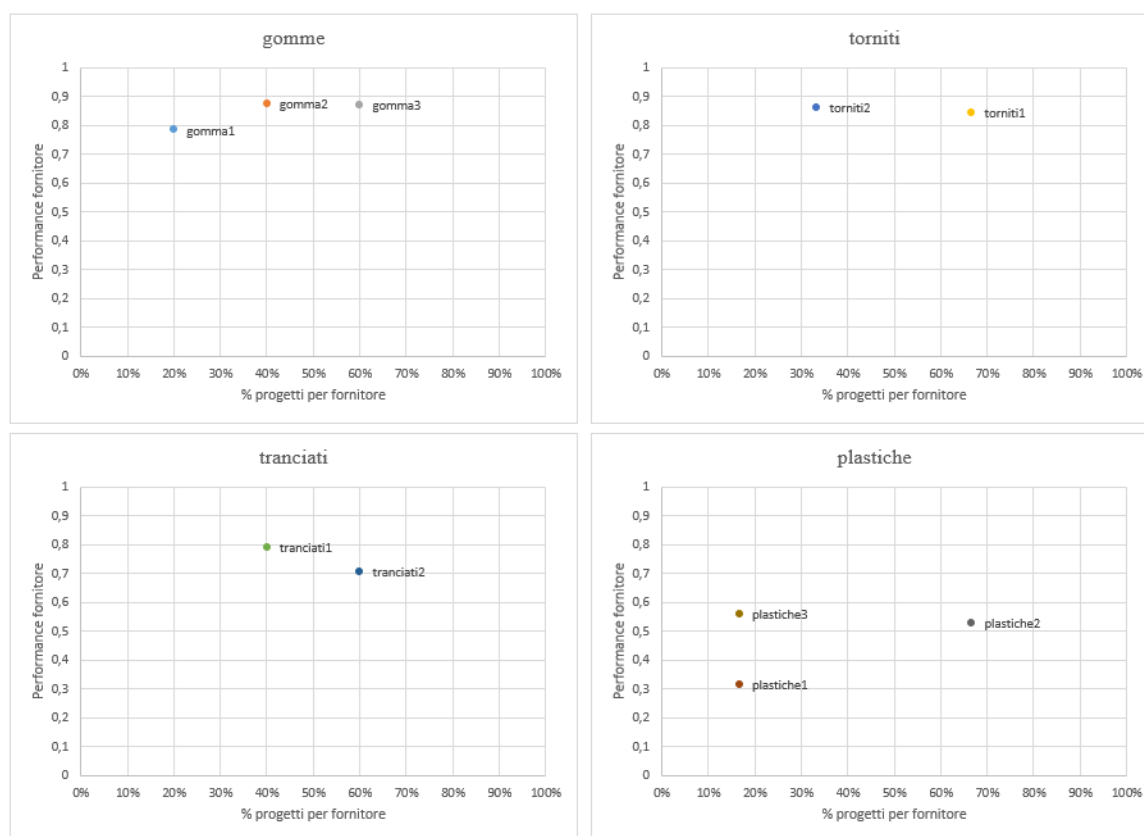


Fig 4.7 risultati fornitori

Si è deciso di confrontare in maniera separata i fornitori di classi merceologiche diverse in quanto ogni classe presenta delle peculiarità tali che non può essere confrontata con un'altra:

- Ogni classe ha diversi tempi di produzione e consegna per i propri prodotti, dunque, il Lead Time può variare di molto;

- Ci è una complessità diversa nel produrre prodotti conformi per un PPAP e nell'adeguamento degli stampi a fronte di una modifica.
- La documentazione richiesta è variabile di classe in classe

In Figura 4.7 si nota che:

- Per i fornitori di gomme, quelli con performance più alte (2 e 3) hanno rispettivamente il 40% ed il 60% dei progetti assegnabili mentre l'altro fornitore (1) ha il restante 20%;
- I fornitori della categoria torniti hanno entrambi performance molto alte ma sono caricati in maniera differente;
- I fornitori della categoria tranciati hanno entrambi performance medio/alte ma quello con la performance più alta (tranciati1) è caricato in maniera molto minore;
- Nella categoria plastiche:
 - Un fornitore con performance medie è caricato al 66,6%;
 - Un altro con performance simili è caricato invece al 16,7%;
 - Il fornitore con performance peggiori è anch'esso caricato al 16,7%.

Queste osservazioni sono interessanti per capire eventualmente le motivazioni delle performance di un fornitore, oppure possono risultare utili per capire a quale fornitore assegnare un dato progetto.

4.4 Risultati analisi di sensitività

Verranno esposti di seguito i risultati dell'analisi di sensitività per tutti e tre i modelli, per i pesi utilizzati nell'analisi si faccia riferimento all'[Appendice D.1], mentre per i risultati numerici si veda [Appendice D.2].

4.4.1 Modello sulla complessità dei progetti

Il primo modello analizzato è quello per valutare la complessità dei progetti.

Si possono trovare i pesi utilizzati in [Appendice D.1 - Tab D1.1] ed i risultati numerici in [Appendice D.2 - Tab D.2.1], mentre si vede in Figura 4.8 e Figura 4.9 i risultati in forma grafica.

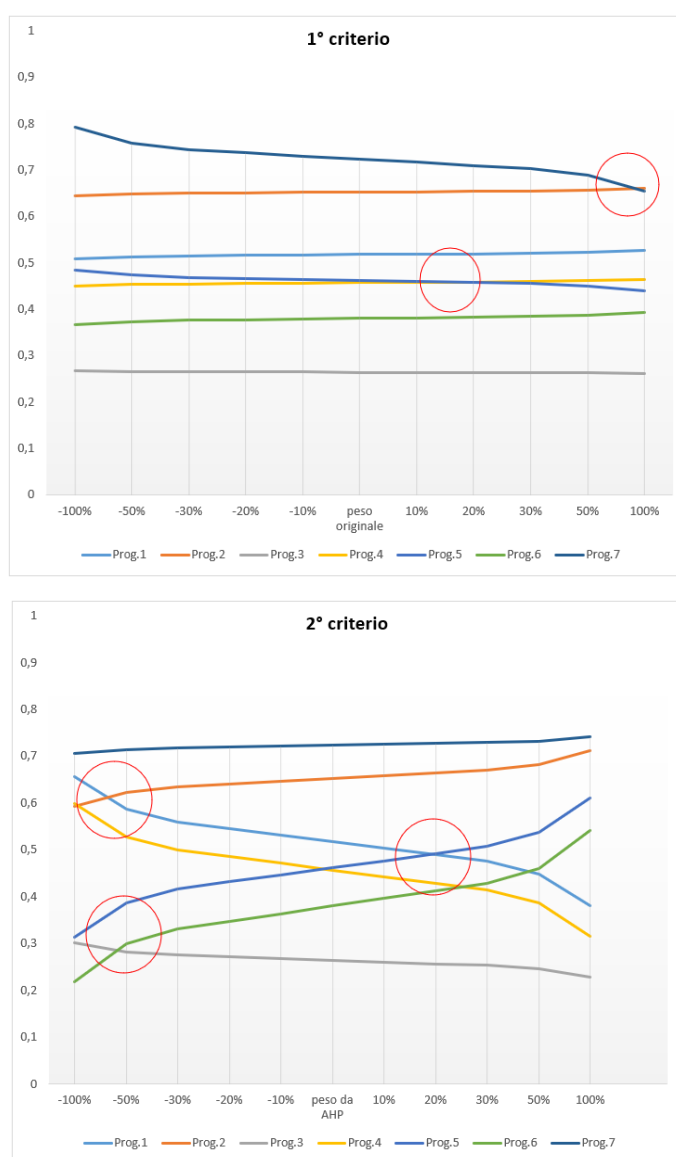


Fig 4.8 risultati 1° analisi sensitività complessità crit 1-2

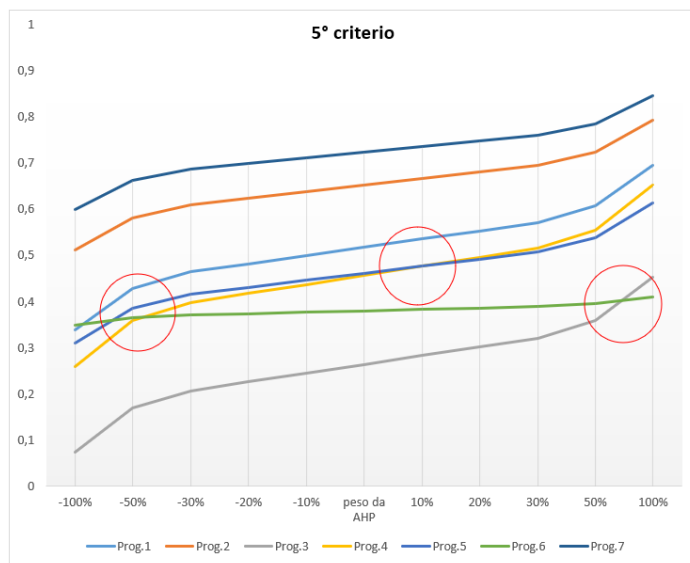
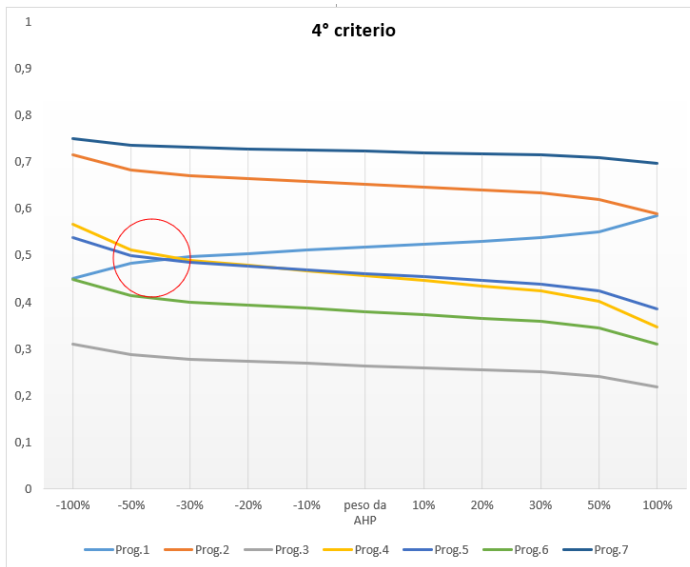
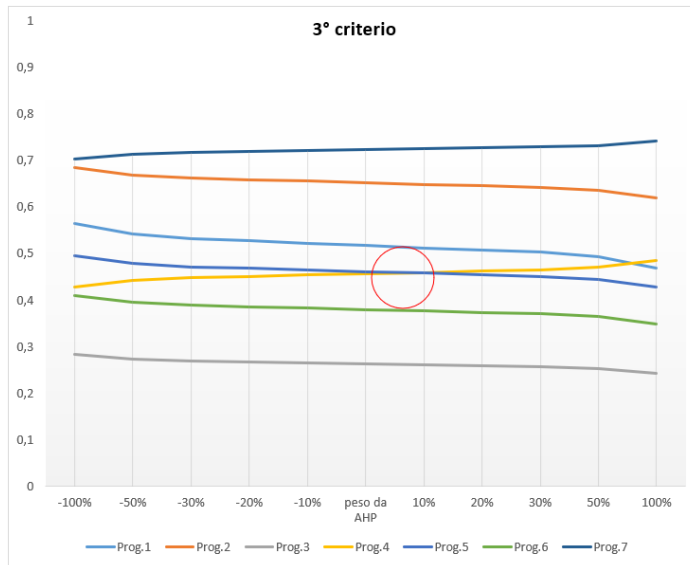


Fig 4.9 risultati 1° analisi sensitività complessità crit 3-5

Dalla prima analisi effettuata si può notare che:

- Il criterio 1 presenta un primo punto di inversione con una modifica tra il 10% ed il 20%. Questo si verifica però tra progetti che sono molto vicini come risultati ed inoltre si assestano a metà della classifica; il secondo punto di inversione si verifica oltre il 50% di variazione e questa volta accade tra i progetti che sono a più alta valutazione;
- Il criterio 2 presenta 3 diversi punti di inversione, quello con la minor modifica si trova tra il 10% ed il 20% tra progetti che si attestano a metà classifica, il secondo ed il terzo punto di inversione accadono oltre il -50% di modifica, questa volta però tra il secondo ed il terzo progetto in classifica e tra l'ultimo ed il penultimo progetto in classifica;
- Il criterio 3 presenta un'inversione entro il 10% di modifica ma tra progetti che risultano essere molto simili ed a metà classifica. Le prime posizioni in classifica invece si mantengono costanti;
- Il criterio 4 presenta una inversione tra il -30% ed il -50% tra progetti che si attestano a metà classifica;
- Il criterio 5 presenta 3 punti di inversione; il primo tra il 10% ed il 20% tra due progetti di metà classifica, il secondo tra il -30% ed il -50% tra progetti sempre a metà classifica; l'ultimo invece con una modifica tra il 50% ed il 100% questa volta tra progetti ultimi in classifica.

Tramite la prima analisi si può notare come il primo progetto rimanga sempre in prima posizione in classifica nonostante elevate variazioni nei criteri, vi sono variazioni di classifica con piccole variazioni nei pesi dei criteri 2 e 3 ma accadono per progetti di metà classifica, questo ci permette di dire che il modello sembra sufficientemente robusto.

In seguito, è stata effettuata una seconda analisi andando a dettagliare meglio le zone dove sono presenti i punti critici, si possono trovare i pesi utilizzati in [Appendice D.1- Tab D.1.2] ed i risultati numerici in [Appendice D.2 - Tab D.2.2], mentre i risultati in forma grafica sono in Figura 4.10 e Figura 4.11.

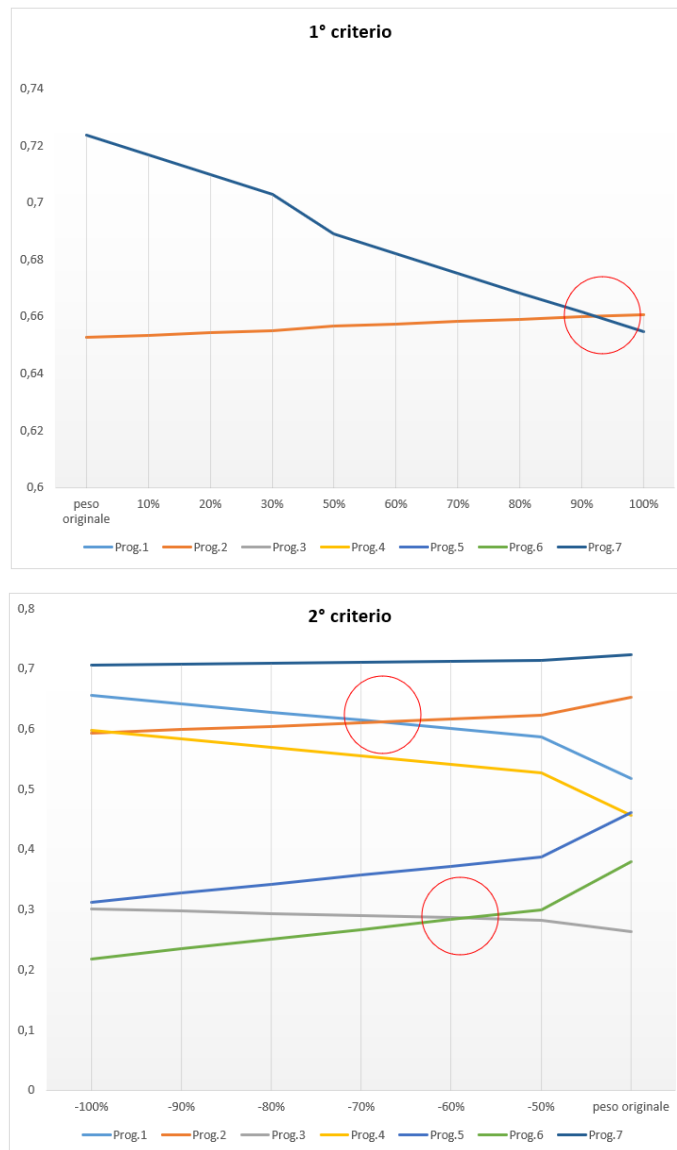


Fig 4.10 risultati 2° analisi sensitività complessità crit 1-2

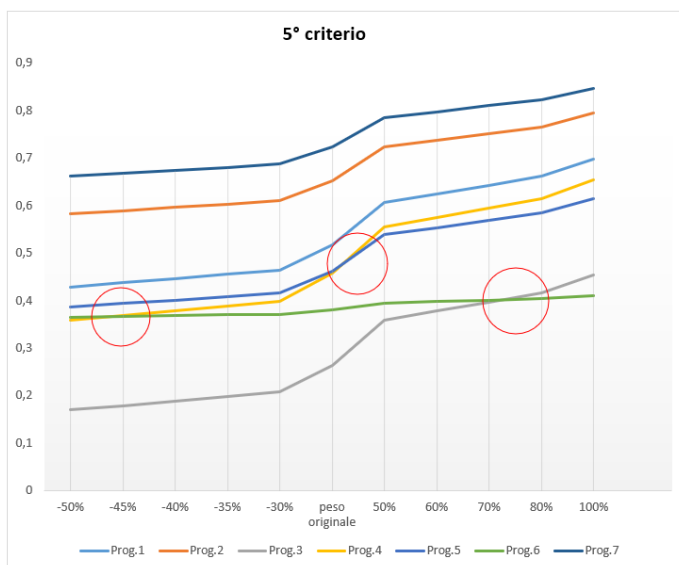
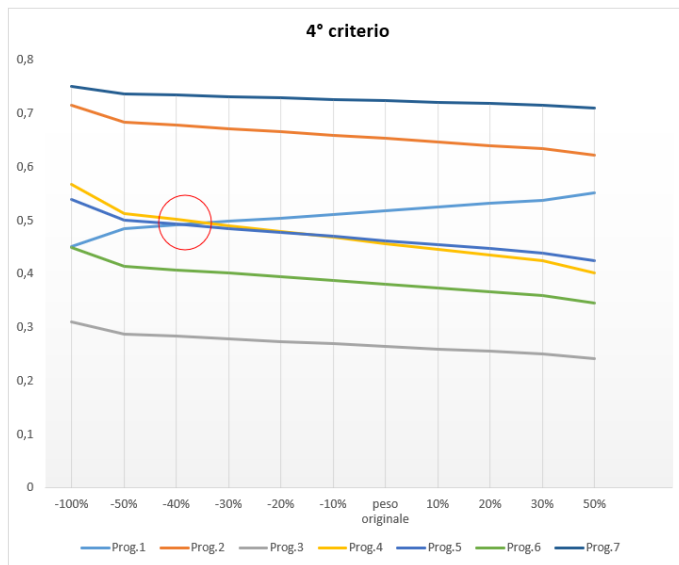
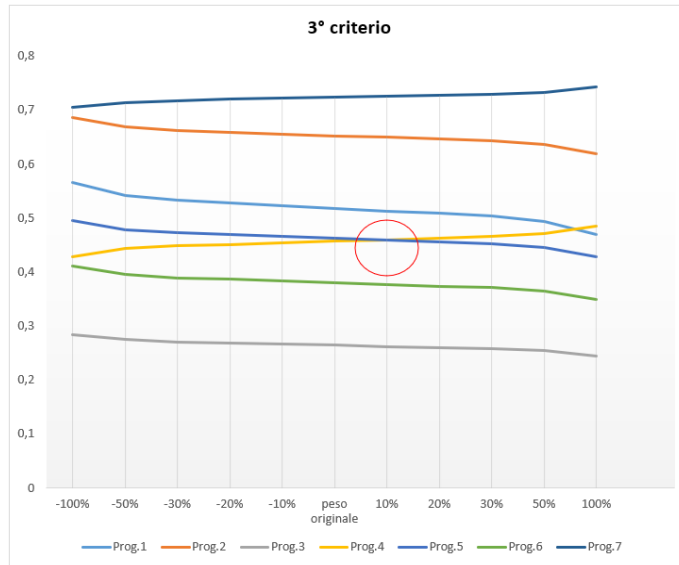


Fig 4.11 risultati 2° analisi sensitività complessità crit 3-5

Da queste immagini si nota che:

- La criticità del criterio 1 si trova oltre al 90% di modifica del peso;
- La criticità più grave del criterio 2 si trova tra il -60% ed il -70%;
- La criticità del criterio 3 si trova poco prima del 10% di modifica del peso;
- La criticità del criterio 4 si trova tra il -30% ed il -40%;
- La criticità più grave del criterio 5 si trova tra il 70% e l'80%;

Si confermano dunque la robustezza del modello e le osservazioni fatte in precedenza.

4.4.2 Modello sulle performance dei progetti

Per questa prima analisi sul modello delle performance dei progetti si possono trovare i pesi utilizzati in [Appendice D.1- Tab D.1.3] ed i risultati numerici in [Appendice D.2 - Tab D.2.3], mentre i risultati in forma grafica sono in Figura 4.12 e Figura 4.13.

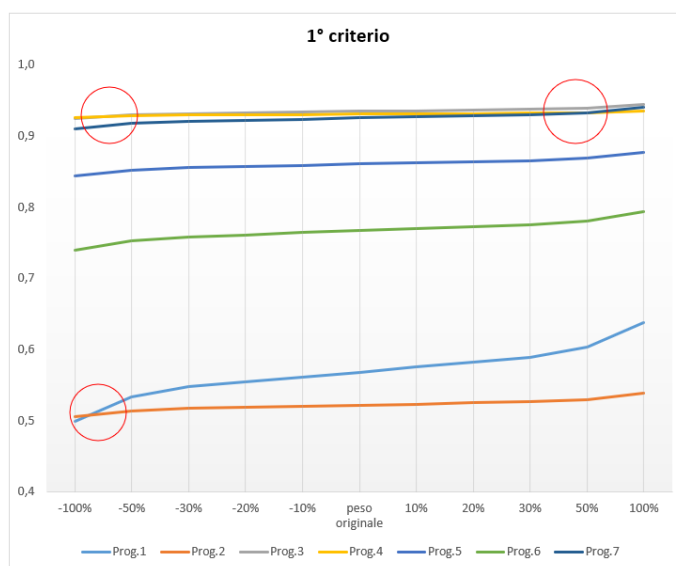


Fig 4.12 risultati 1° analisi sensitività performance progetti crit 1

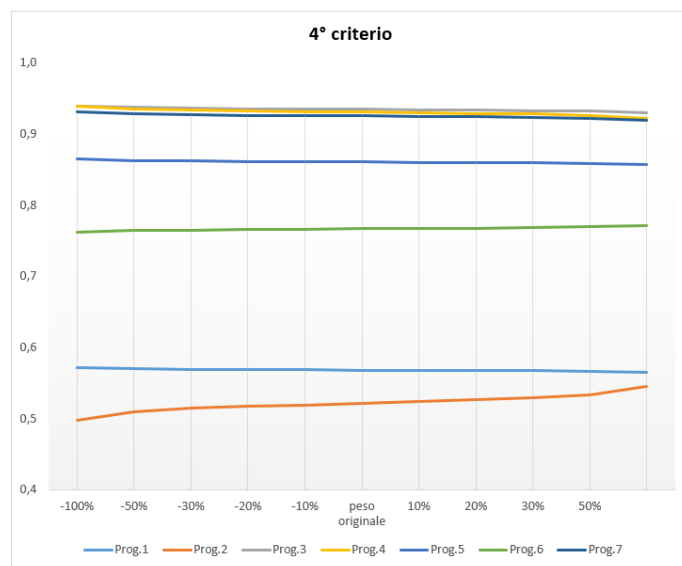
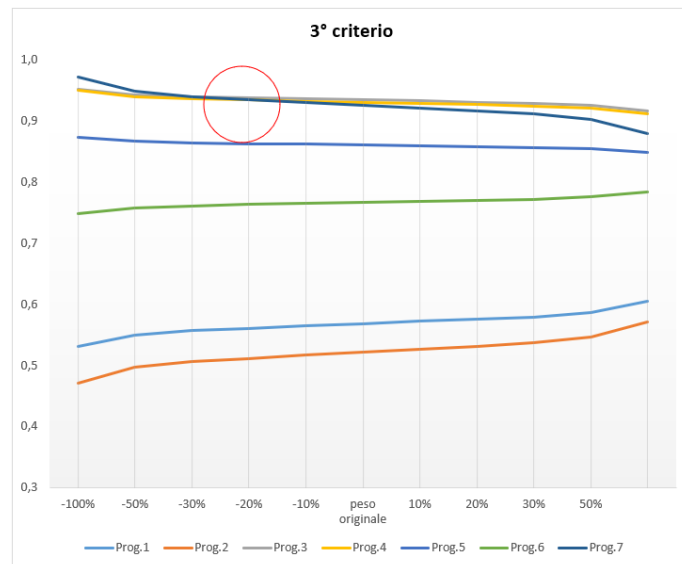
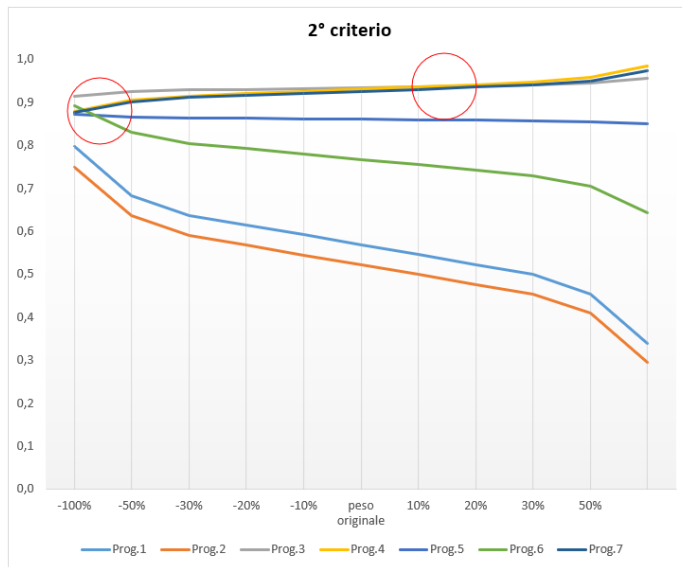


Fig 4.13 risultati 1° analisi sensitività performance progetti crit 2-4

Da questa prima analisi si può notare che:

- Il criterio 1 presenta punti di inversione sui primi in classifica ma con modifiche oltre il -50% ed il 50%;
- Il criterio 2 presenta 2 punti critici, il primo tra il 10% ed il 20% mentre il secondo oltre il -50%, entrambi tra i primi progetti classificati ed il più stringente è dunque il primo;
- Il criterio 3 presenta criticità tra il -20% ed il -30% di modifica tra i primi progetti classificati;
- Il criterio 4 non presenta criticità.

Il modello risulta quindi essere meno robusto rispetto al precedente, con criterio più critico il n°2 seguito poi dal criterio n°3.

Andando più nel dettaglio si esegue una seconda analisi; si possono trovare i pesi utilizzati in [Appendice D.1- Tab D.1.4] ed i risultati numerici in [Appendice D.2 - Tab D.2.4], mentre i risultati in forma grafica sono in Figura 4.14 e Figura 4.15

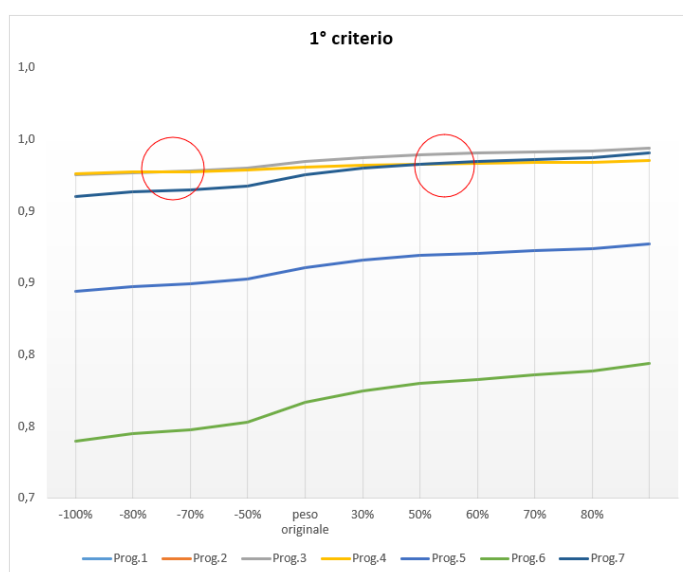


Fig 4.14 risultati 2° analisi sensitività performance progetti crit 1

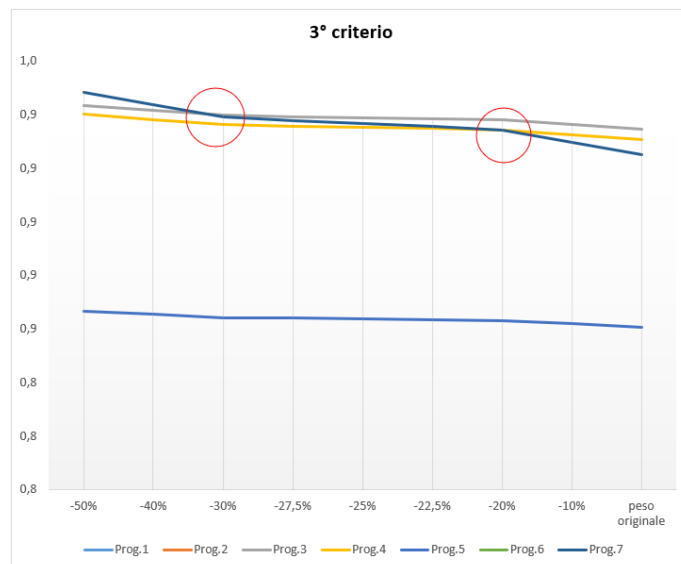
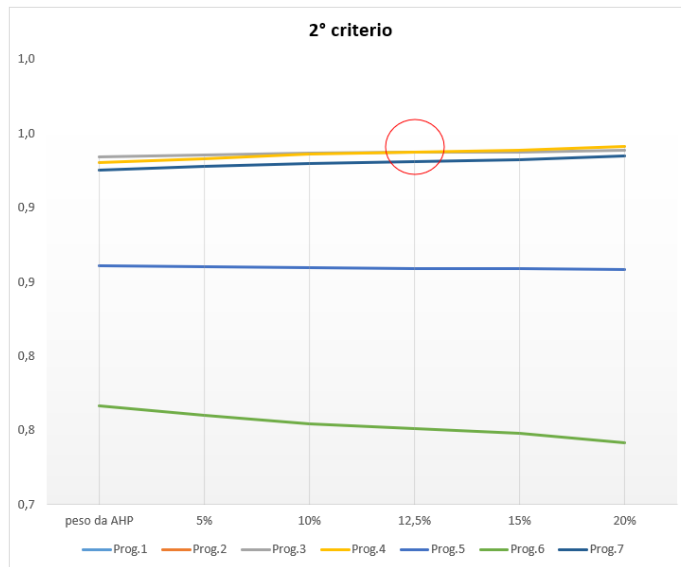


Fig 4.15 risultati 2° analisi sensitività performance progetti crit 2-3

Da questi risultati si nota che:

- La criticità più stringente del criterio 1 si trova tra il 50% ed il 60% di modifica;
- Il punto di inversione del criterio 2, considerato il più critico si trova al 12,5% di modifica;
- La criticità più stringente del criterio 3 si trova al -20% di modifica del peso.

Si può quindi notare come il sistema risulti meno robusto rispetto al precedente, si notano alcune inversioni tra i progetti primi in classifica per il criterio n°2 ed il criterio n°3. Andando ad analizzare più nel dettaglio si conferma come più critico il criterio n° 2.

4.4.3 Modello sulle performance dei fornitori

In questo modello le performance dei fornitori di classi merceologiche diverse sono state valutate in maniera separata, questo per confrontare il mantenersi della classifica tra fornitori della stessa tipologia. Si possono trovare i pesi utilizzati in [Appendice D.1- Tab D.1.5] ed i risultati numerici in [Appendice D.2 - Tab D.2.5], mentre in questo testo sono riportati i grafici contenenti i punti critici in Figura 4.16 e 4.17.

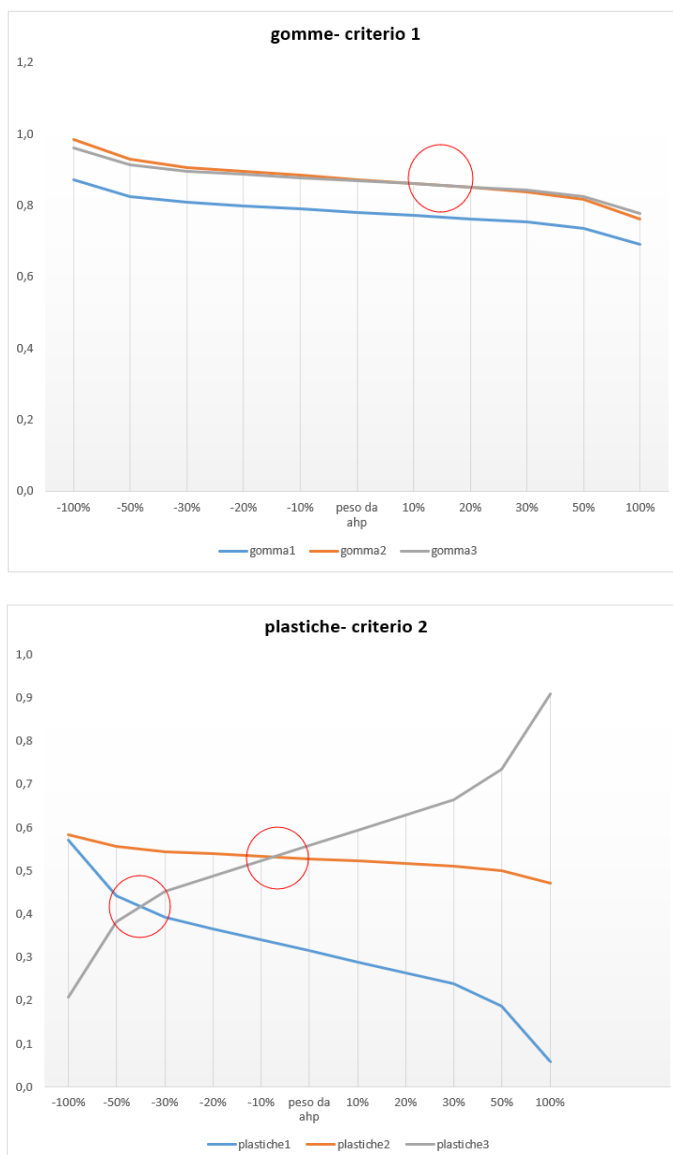


Fig 4.16 risultati 1° analisi sensitività fornitori parte 1

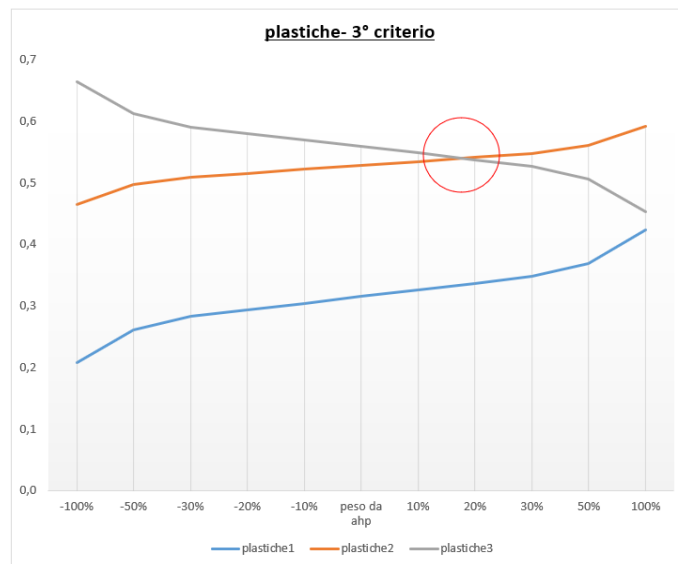
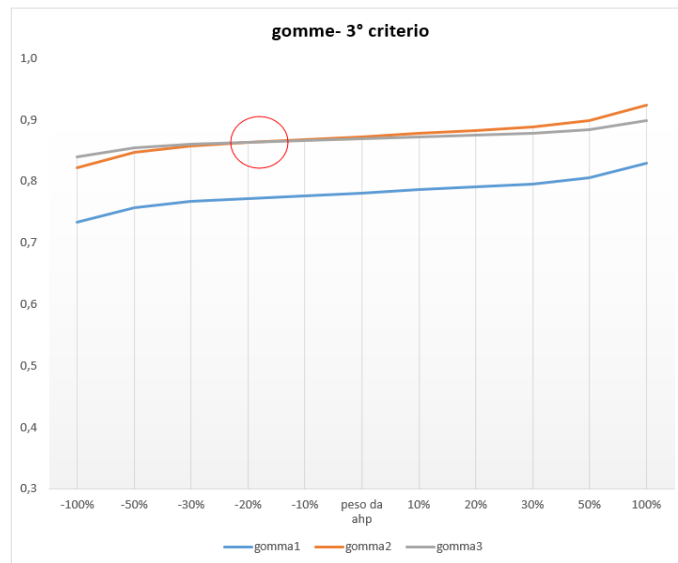


Fig 4.17 risultati 1° analisi sensitività fornitori parte 2

Da questi risultati si nota che:

- Il criterio 1 presenta un punto critico per i fornitori di gomme tra il 10% ed il 20% di modifica;
- Il criterio 2 ha un punto di inversione molto stringente per i fornitori di plastiche entro il -10% di modifica;
- Il criterio 3 ha un primo punto critico per i fornitori di gomme tra il -10% ed il -20% di modifica mentre un secondo punto critico lo si trova per i fornitori di plastiche tra il 10% ed il 20% di modifica.

Da una prima analisi risultano essere molto critici tutti e 3 i criteri ed il più critico è il criterio n°2.

Andando ad analizzare più nel dettaglio si esegue una seconda analisi. Si possono trovare i pesi utilizzati in [Appendice D.1- Tab D.1.6] ed i risultati numerici in [Appendice D.2 - Tab D.2.6], mentre in questo testo sono riportati i grafici contenenti i punti critici in Figura 4.18 e 4.19.

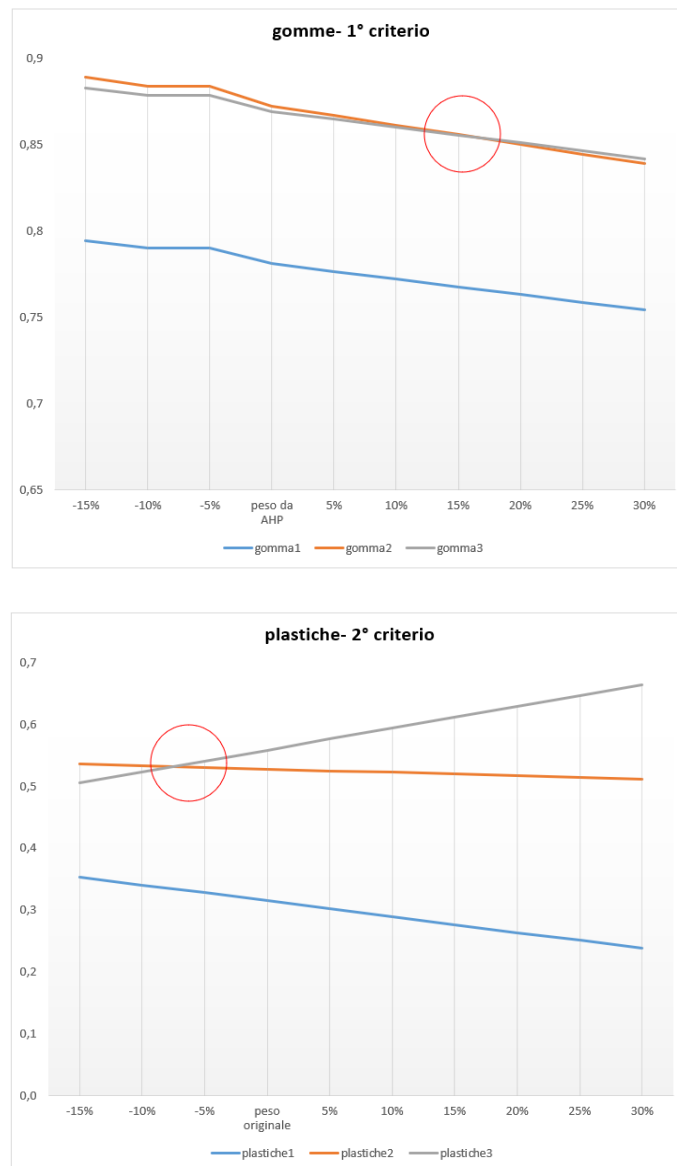


Fig 4.18 risultati 2° analisi sensitività fornitori

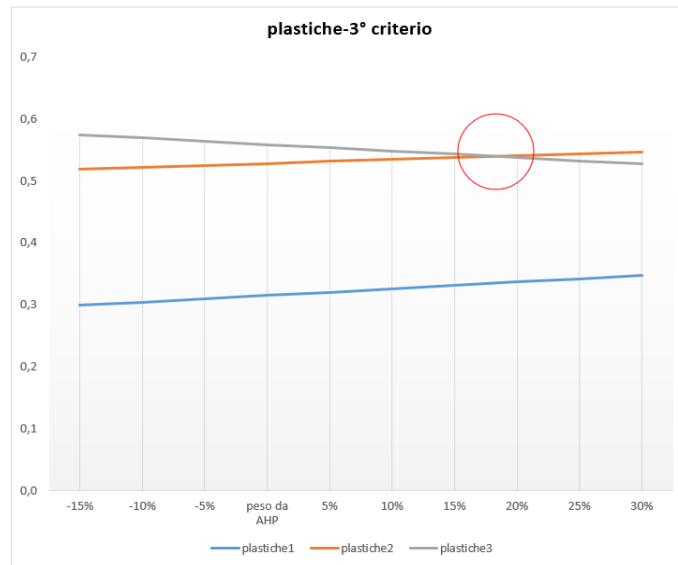


Fig 4.19 risultati 2° analisi sensitività fornitori – parte 2

Da questi grafici si deduce che:

- Il criterio 1 presenta il punto critico subito oltre il 15% di modifica;
- Il criterio 2 presenta il punto critico subito oltre il -5% di modifica;
- Il criterio 3 presenta il punto critico subito oltre il 15% di modifica.

Da questa analisi di sensitività risulta che il sistema non è robusto e presenta criticità con piccole modifiche nei pesi dei criteri.

In conclusione, l'analisi dei tre modelli evidenzia una netta superiorità del primo in termini di robustezza, dimostrando una maggiore resistenza alle variazioni dei pesi dei criteri rispetto agli altri due. Il secondo modello, pur trovandosi in una posizione intermedia, mostra una certa sensibilità alle variazioni dei pesi, mentre il terzo risulta essere il più vulnerabile in questo senso.

Queste analisi ci dicono che, per poter utilizzare il secondo ed il terzo modello è necessario assicurarsi che l'assegnazione dei pesi, effettuata in questo caso tramite il metodo del confronto a coppie, venga effettuata in maniera molto accurata in quanto una variazione minima nell'assegnazione dei pesi potrebbe causare una inversione di classifica per i progetti con valutazione più alta.

Per quanto riguarda il secondo modello è importante tenere sotto controllo la variazione di peso per i criteri n° 2 e n° 3, con particolare attenzione al peso del criterio n° 2 poiché una variazione maggiore del 12,5% rispetto a quella considerata provoca il modificarsi della classifica per quanto riguarda i progetti primi in classifica; invece per il criterio n° 3 la

massima variazione che si può accettare è del -20% quindi meno stringente. È anche vero che la priorità dei criteri come livello di stock e costo del progetto è molto difficile che venga messa in discussione, dunque il modello risulta utilizzabile.

Nel terzo modello invece si trovano criticità molto stringenti per tutti e 3 i criteri con la minima variazione accettabile per il criterio 2 del -5% mentre per gli altri 2 criteri si assesta al 15%. In questo caso potrebbe essere opportuno suddividere i criteri in modo da effettuare una valutazione più accurata.

È importante sottolineare che l'analisi di sensitività non mette in discussione l'affidabilità dei modelli, ma fornisce piuttosto indicazioni preziose su dove concentrare maggiormente l'attenzione durante la valutazione dei pesi. Inoltre, suggerisce la necessità di suddividere in modo più dettagliato i criteri di valutazione al fine di rendere i modelli più robusti e affidabili nelle decisioni future.

Capitolo 5

Conclusioni e sviluppi futuri

Nell'ambito di questa tesi è stata inizialmente condotta una ricerca approfondita sulla supply chain e sul metodo di gestione della stessa, dalla quale è emerso come la supply chain non sia più semplicemente un processo lineare di trasferimento fisico di beni e servizi, ma piuttosto un sistema complesso che coinvolge una serie di attori e flussi di informazioni lungo tutta la catena del valore. La supply chain si configura inoltre come un elemento strategico per le aziende, e necessita dunque di una gestione attenta e mirata per garantire il successo a lungo termine; si può quindi desumere come le capacità di coordinare e ottimizzare le operazioni lungo l'intera catena del valore diventino quindi un fattore determinante per mantenere un vantaggio rispetto ad altre aziende.

Si è inoltre capito che la misurazione delle performance sia necessaria per valutare il raggiungimento degli obiettivi prefissati e identificare eventuali aree di miglioramento.

Si è passati poi a condurre una ricerca nell'ambito dello sviluppo prodotto, per capire quali siano i fattori determinanti il successo in questo ambito e le logiche utilizzate per una corretta gestione delle varie fasi di creazione di un prodotto.

Da qui è emerso come, per il successo aziendale siano fondamentali la qualità del prodotto e la sua aderenza alle esigenze dei clienti, la rapidità di risposta alle richieste del mercato ed il controllo dei costi per garantire un profitto sostenibile; mentre l'innovazione, la differenziazione e i servizi contribuiscono al successo complessivo del prodotto. Al fine di ottenere le massime performance in questo contesto è indispensabile utilizzare approcci strutturati come il modello Stage&Gate che permettono di proseguire, in maniera organizzata ed attinente alle richieste aziendali o del cliente, nello sviluppo di nuovi prodotti.

Analizzando sinergicamente i contesti di Supply Chain e sviluppo prodotto è emerso come sia essenziale coinvolgere gli attori interessati alla gestione della supply chain nel processo di sviluppo prodotto e si è notato come un altro fattore importante da tenere in considerazione sia la complessità dei progetti.

Dalla revisione della letteratura emerge l'ampio utilizzo del metodo AHP e delle tecniche decisionali multicriterio nella Supply Chain, soprattutto nell'ambito dell'era digitale e sostenibile. Questi approcci si sono dimostrati efficaci in diversi contesti, tra cui la valutazione delle prestazioni, la selezione dei fornitori e la gestione dei rischi. Tuttavia, è stato identificato un vuoto significativo riguardo all'implementazione di sistemi di monitoraggio e gestione delle performance della Supply Chain nell'ambito dello sviluppo di nuovi prodotti. Questa lacuna rappresenta un'opportunità di ricerca per integrare efficacemente queste metodologie.

Nel secondo capitolo di questa tesi è stata condotta un'analisi dettagliata dell'azienda in esame al fine di approfondirne le strategie, dinamiche di mercato e logiche operative. Particolare attenzione è stata rivolta alla funzione New Product Supply Chain, la cui analisi costituisce il fulcro principale della ricerca.

Attraverso questo approfondimento è emersa l'esigenza di istituire un sistema di monitoraggio degli indicatori chiave al fine di acquisire una comprensione completa degli aspetti più critici e influenti della suddetta funzione.

Di conseguenza, sono stati sviluppati modelli appositi:

- Un modello per la valutazione della complessità dei progetti, al fine di comprendere meglio le dinamiche operative e gli elementi che incidono sulla realizzazione dei nuovi prodotti;
- Un secondo modello finalizzato alla misurazione delle performance dei progetti stessi, consentendo così di valutare l'efficacia e l'efficienza delle attività svolte nell'ambito dello sviluppo dei prodotti;
- Un terzo modello mirato alla valutazione delle performance dei fornitori coinvolti nel processo di sviluppo prodotto, al fine di poter fare ulteriori valutazioni per una scelta oculata nell'ottica di assegnazione di nuovi progetti.

Tali strumenti analitici e valutativi si pongono come fondamentali per una gestione oculata e orientata ai risultati della New Product Supply Chain, fornendo una base solida e informazioni dettagliate per prendere decisioni strategiche mirate e informate.

Sono stati quindi analizzati i materiali ed i metodi utili al fine di costruire i modelli definendo le fasi richieste dalle metodologie decisionali multicriterio e di effettuare una analisi di sensitività al fine di individuare le criticità all'interno dei modelli.

Sono stati inizialmente inseriti all'interno dei modelli dei dati di progetti conclusi, e le valutazioni date dai decisori sono risultate attinenti ai risultati ottenuti; si è poi proseguito inserendo i dati dei progetti in corso in modo da valutare la situazione presente.

Si è notato come l'utilizzo di tali modelli consenta di valutare le cause delle performance nei progetti, identificando rapidamente le aree che richiedono interventi correttivi; inoltre, permette di confrontare le analisi ottenute in seguito all'applicazione di tali misure correttive in modo da valutarne l'efficacia. Questo approccio abilita gli operatori sul campo e il management a prendere decisioni più rapide e informate, migliorando complessivamente l'efficienza e la qualità delle operazioni.

Il modello per l'analisi delle performance dei fornitori, se associato ad un calcolo della % di progetti assegnati a tal fornitore ci permette di capire la motivazione della valutazione sulle performance o di effettuare delle valutazioni per quanto riguarda l'assegnazione di nuovi progetti.

L'analisi di sensitività condotta ha poi posto in luce l'importanza di assegnare i pesi in maniera molto precisa al fine di evitare errori di valutazione:

le analisi indicano che per l'utilizzo del secondo e del terzo modello è fondamentale garantire un'assegnazione precisa dei pesi, perché anche una minima variazione nell'assegnazione dei pesi potrebbe causare un'inversione di classifica per i progetti con valutazioni più alte. Nel secondo modello è importante controllare le variazioni di peso per i criteri 2 e 3, specialmente per il criterio 2, dove una variazione superiore al 12,5% potrebbe alterare la classifica dei progetti in testa. Tuttavia, la priorità dei criteri come il livello di stock e il costo del progetto è generalmente stabile, rendendo il modello utilizzabile. Nel terzo modello, le criticità sono più severe per tutti e tre i criteri, con variazioni minime accettabili del -5% per il criterio 2 e del 15% per gli altri due criteri; in questo caso, dunque, potrebbe essere opportuno suddividere i criteri per una valutazione più precisa.

Alla luce dei risultati ottenuti e delle sfide ancora da affrontare, il progetto di tesi offre molteplici opportunità di sviluppo futuro che potrebbero arricchire ulteriormente la ricerca ed ampliare il suo impatto pratico nell'ambito aziendale. Di seguito, vengono esposte alcune possibili direzioni per i futuri sviluppi del progetto:

- Aumento dei criteri e rivalutazione del questionario per altri progetti:

per migliorare la completezza e la precisione dell'analisi sarebbe vantaggioso espandere i criteri utilizzati e rivalutare il questionario in modo da renderlo più adattabile ad altri progetti. Integrare nuove variabili e indicatori potrebbe fornire una visione ancora più approfondita delle dinamiche operative e delle performance complessive;

- Generalizzazione dei criteri per applicazioni in altre aziende:

l'esperienza acquisita potrebbe essere utilizzata per sviluppare un set di criteri generalizzati che possano essere applicati in altre aziende simili. Questa generalizzazione consentirebbe di estendere l'applicabilità del modello e di confrontare le performance tra diverse realtà aziendali, contribuendo così alla creazione di best practice nel settore;

- Monitoraggio continuo dei progetti:

è fondamentale mantenere un monitoraggio costante dei progetti per valutare l'efficacia delle azioni intraprese e identificare eventuali aree di miglioramento. Attraverso un approccio basato sui dati e sull'analisi delle performance nel tempo, sarà possibile adattare le strategie operative in modo dinamico per massimizzare i risultati;

- Utilizzo del modello dei fornitori:

il modello sviluppato per valutare le performance dei fornitori potrebbe essere impiegato anche per l'assegnazione di nuovi progetti, consentendo una selezione più razionale e mirata dei partner di fornitura. Utilizzando i criteri definiti e i dati raccolti, sarà possibile identificare i fornitori più idonei per specifiche iniziative aziendali, ottimizzando così il processo decisionale.

In conclusione, i futuri sviluppi del progetto di tesi offrono diverse prospettive per ampliare la sua portata e l'impatto nell'ambito aziendale. Attraverso una continua ricerca ed innovazione, sarà possibile affrontare le sfide emergenti e contribuire al miglioramento continuo delle pratiche gestionali e delle performance aziendali.

Appendice

A- Flowchart

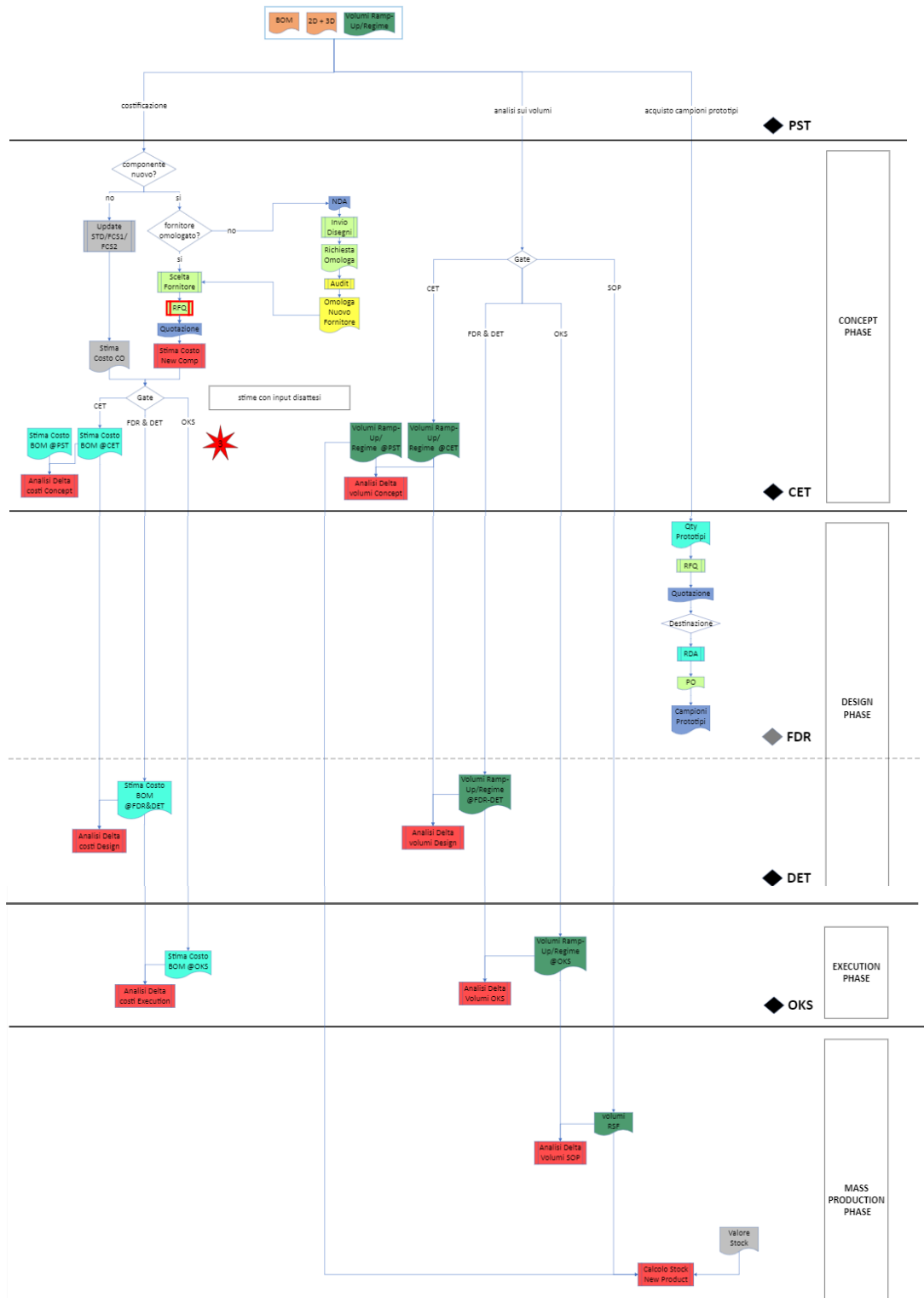


Fig A.1 Flowchart 1° parte

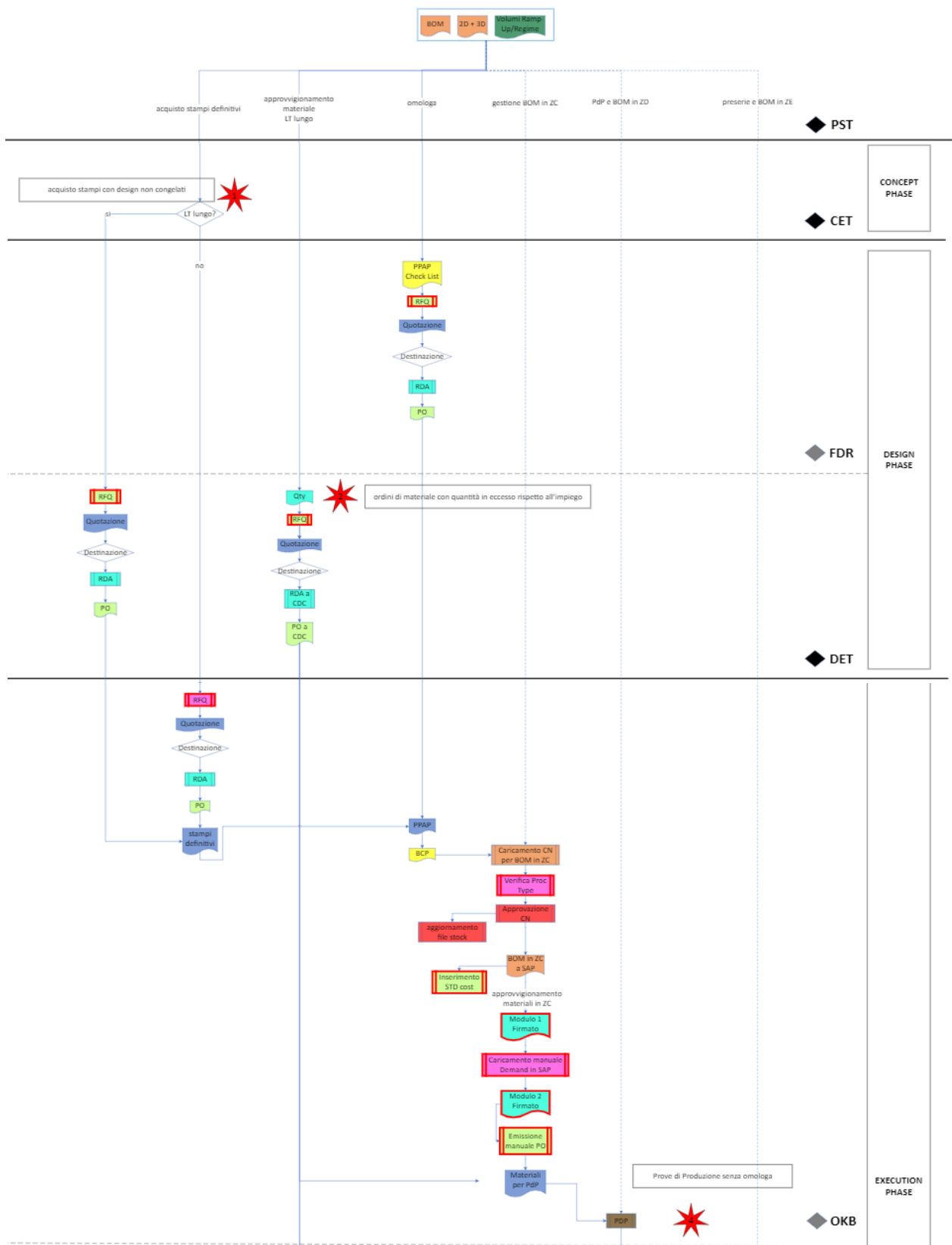
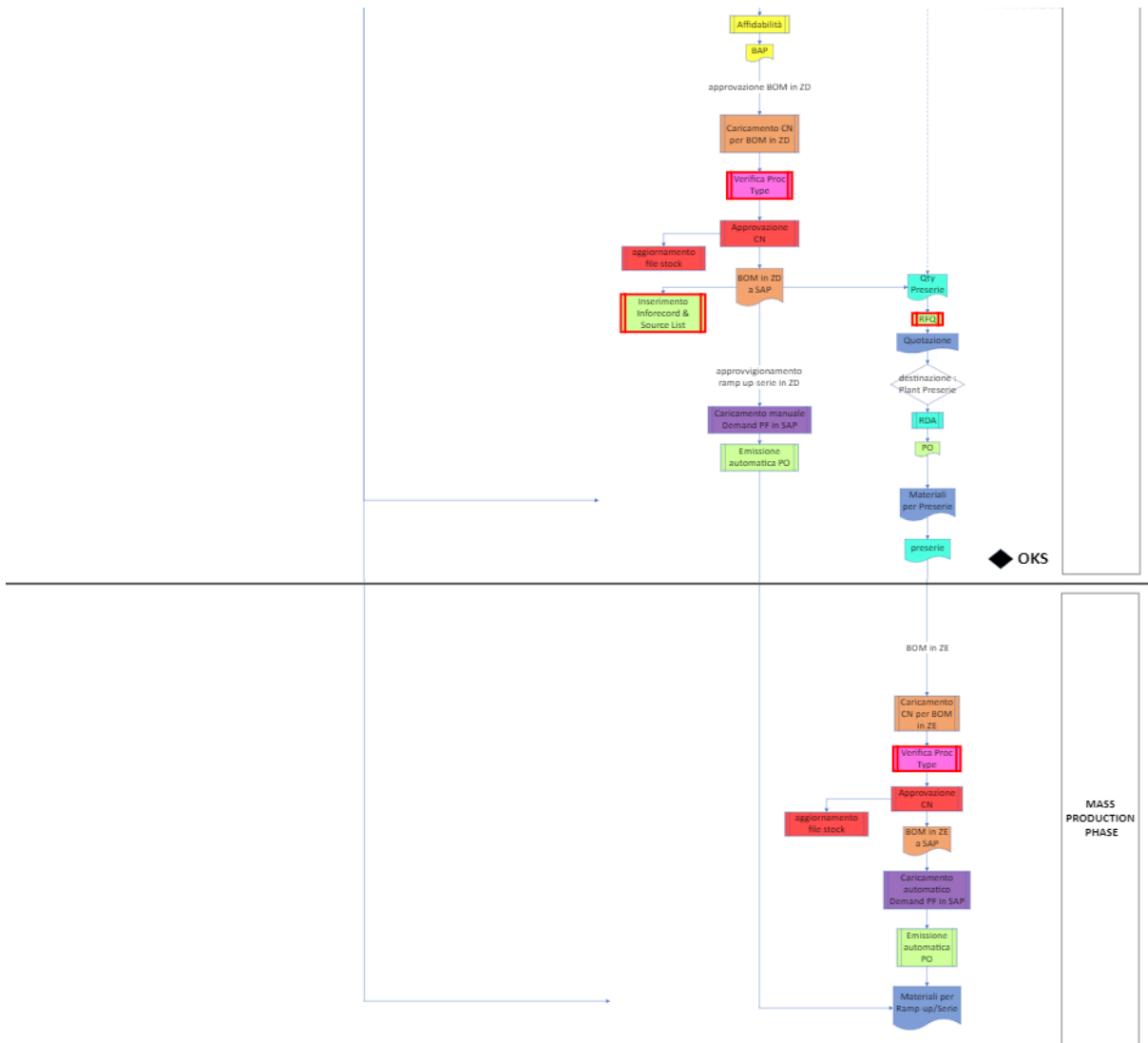


Fig A.2 Flowchart 2° parte -1



- attivata da NPSC
- NPSC
- Project Leader
- Marketing
- R&D
- Planning
- Supplier
- Procurement
- Controlling
- Quality
- Engineering
- Sales

Fig A.3 Flowchart 2° parte - 2

B – Template per estrazione pesi e verifica consistenza AHP

AHP Analytic Hierarchy Process (EVM multiple inputs)

K. D. Goepel Version 07.07.2022 | Free web based AHP software on: <https://bpmsg.com>

Only input data in the light green fields and worksheets!

n= Number of criteria (2 to 10) Scale: AHP 1-9

N= Number of Participants (1 to 20) α: Consensus:

p= selected Participant (0=consol.) 2 7 Consolidated

Objective

Author

Date

Thresh: Iterations: EVM check:

Table	Criterion	Comment	Weights	+/-
1	n° plant produzione		12,5%	3,7%
2	n° fornitori nuovi		30,4%	8,9%
3	delta volume produttivo		8,3%	2,1%
4	n° codici nuovi		18,7%	4,2%
5	tecnologie produttive		30,0%	5,9%
6			0,0%	0,0%
7			0,0%	0,0%
8			0,0%	0,0%
9		for 9&10 unprotect the input sheets and expand the	0,0%	0,0%
#		question section ("+" in row 66)	0,0%	0,0%

Result	Eigenvalue		Lambda: <input type="text" value="5,131"/>	MRE: <input type="text" value="25,5%"/>
	Consistency Ratio	0,37	GCI: <input type="text" value="0,11"/>	Psi: <input type="text" value="16,7%"/> CR: <input type="text" value="2,9%"/>

Matrix	n° plant produzione	n° fornitori nuovi	delta volume produttivo	n° codici nuovi	tecnologie produttive	0	0	0	0	0	normalized principal Eigenvector
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
n° plant produzione	1	1/2	1	1/2	4/7	-	-	-	-	-	12,51%
n° fornitori nuovi	1 6/7	1	4	2 4/9	4/5	-	-	-	-	-	30,43%
delta volume produttivo	1	1/4	1	3/8	1/4	-	-	-	-	-	8,33%
n° codici nuovi	1 8/9	2/5	2 5/8	1	2/3	-	-	-	-	-	18,69%
tecnologie produttive	1 7/9	1 1/4	4 1/7	1 4/7	1	-	-	-	-	-	30,05%
0	6	-	-	-	-	1	-	-	-	-	0,00%
0	7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	0,00%
0	8	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0,00%
0	9	-	-	-	-	-	-	-	1	-	0,00%
0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,00%

Fig B.1 Template AHP

C – Dati in input per i modelli

- Analisi complessità sui progetti conclusi

	Prog. 1	Prog. 2	Prog. 3	Prog. 4	Prog. 5	Prog. 6	Prog. 7
Pressocolata	1	1	0	1	0	1	0
Stampaggio plastiche/gomme	1	1	1	1	1	0	1
Sinterizzazione polveri	0	0	0	0	0	0	0
Tranciatura&piegatura	0	1	0	0	0	0	1
Coating	0	0	0	0	0	0	0
Tornitura	0	0	0	0	0	0	0
Saldatura	0	0	1	0	1	0	0
N° nuovi fornitori	1	2	0	5	0	0	5
N° fornitori	19	16	23	20	27	3	15
% nuovi fornitori	5,3%	12,5%	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	33,3%
N° plant produttivi	1	2	1	1	2	2	2
Volumi produttivi a consuntivo [pz/anno]	0	0	2600	26800	37288	32346	19000
Volumi produttivi preventivati [pz/anno]	1000	4250	4850	6004	25000	25000	1000
Rapporto tra delta e preventivo	100%	100%	46%	346%	49%	29%	1800%
N° nuovi codici	22	9	7	6	6	4	22
Totale codici	35	24	73	36	48	20	45
% codici nuovi	62,9%	37,5%	9,6%	16,7%	12,5%	20,0%	48,9%

Tab C.1 input complessità progetti conclusi

- Analisi performance sui progetti conclusi

	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7
N° reloop affidabilità	0	2	0	1	1	0	0
N° reloop preserie	0	1	1	0	0	1	0
N° reloop PdP	0	1	0	1	0	1	0
N° reloop PPAP	5	8	19	24	30	0	33
N° codici che necessitano di PPAP	30	10	35	34	35	0	30
rapporto	0,17	0,80	0,54	0,71	0,86	0,00	1,10
Livello stock PF [pz]	168	194	176	1	0	51	19
Livello stock COMP [pz]	5.300	8.560	0	17.651	455.544	141.000	0
Livello stock HALB [pz]	0	0	0	1.125	120	20.000	0
volumi di vendita previsti [pz/mese]	50	50	217	2233	3107	2696	1583
N° sottoassiemi	1	2	1	2	2	1	1
N° codici a BOM	35	24	73	36	48	5	62
Costo progetto a preventivo [EUR]	1262000	414000	78000	115000	150000	84000	250000
Costo progetto a consuntivo [EUR]	1805460	600000	90000	165000	230000	94500	400000
Rapporto tra delta e preventivo	0,43	0,45	0,15	0,43	0,53	0,13	0,60
Tempo progetto a preventivo [mesi]	19	38	21	25	28	24	18
Tempo progetto a consuntivo [mesi]	32	48	22	30	34	27	20
Rapporto tra delta e preventivo	0,68	0,26	0,05	0,20	0,21	0,13	0,11

Tab C.2 input performance progetti conclusi

- Analisi complessità sui progetti in corso

	Prg.1	Prg.2	Prg.3	Prg.4	Prg.5	Prg.6	Prg.7	Prg.8	Prg.9
Pressocolata	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Stampaggio plastiche/gomme	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sinterizzazione polveri	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tranciatura&piegatura	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Coating	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tornitura	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Saldatura	1	1	1	1	1	1	1	1	1

N° nuovi fornitori	4	7	6	7	5	17	3	10	3
N° fornitori	22	22	24	24	13	17	4	28	10
% nuovi fornitori	18,2	31,8	25,0	29,2	38,5	100	75,0	35,7	30,0

N° plant produttivi	4	4	4	4	3	4	2	2	2
----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Volumi produttivi a consuntivo [kpz/anno]	5	2,5	5	2	90	4	4	1,5	1,5
Volumi produttivi preventivati [kpz/anno]	25	15	15	5	90	4	4	50	55
Rapporto tra delta e preventivo [%]	80,0	83,3	66,7	60,0	0	0	0	97	97,3

N° nuovi codici	25	27	20	23	17	27	10	45	6
Totale codici	50	50	50	53	17	27	136	67	20
% nuovi codici	50,0	54,0	40,0	43,4	100,0	100,0	7,4	67,2	30,0

Tab C.3 input complessità progetti in corso

- Analisi performance progetti in corso

	Prg.1	Prg.2	Prg.3	Prg.4	Prg.5	Prg.6	Prg.7	Prg.8	Prg.9
N° reloop affidabilità	3	3	1	1	0	0	0	0	0
N° reloop preserie	1	0	0	0	0	0	0	0	0
N° reloop PdP	1	0	0	0	0	0	0	0	0

N° reloop PPAP	25	5	4	4	2	0	0	6	3
N° codici che necessitano di PPAP	20	10	10	10	17	10	0	30	15
rapporto	1,25	0,50	0,40	0,40	0,12	0,00	0,00	0,20	0,20

Livello stock PF [pz]	194	5	8	10	3	3	1	5	15
Livello stock COMP [pz]	15.325	8.530	8.460	9.600	10	8	10	356.915	20
Livello stock HALB [pz]	450	201	201	201	1	1	1	153.000	1

Volumi di vendita previsti [pz/mese]	150	10	10	10	10	1	1	10200	10
N° sottoassiemi	2	2	2	2	1	3	1	2	4
N° codici a BOM	50	50	50	53	17	20	20	67	20

Costo progetto a preventivo [kEUR]	1252,5	1252,5	1252,5	1252,5	1812	130	70	2846	1170
Costo progetto a consuntivo [kEUR]	2500	1750	1750	1750	1812	130	70	2846	1170
Rapporto tra delta e preventivo	1,00	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tempo progetto a preventivo [mesi]	24	24	24	24	30	40	30	31	35
Tempo progetto a consuntivo [mesi]	29	29	29	29	30	40	30	47	35
Rapporto tra delta e preventivo	0,21	0,21	0,21	0,21	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00

Tab C.4 input performance progetti in corso

- Analisi performance fornitori

	gomma			torniti		tranciati		plastiche		
	gomme1	gomme2	gomme3	torniti1	torniti2	tranciati1	tranciati2	plastiche1	plastiche2	plastiche3
Tempo di risposta [gg]	3	1	1	2	1	4	8	5	7	10
Tempo per PPAP [sett]	16	14,5	15	8	8	20	17	18	20	22
Tempo produzione documenti [gg lav]	5	3	4	4	3	3	4	3	2	3
LT di consegna [gg]	50	60	50	45	40	30	40	60	50	60
% scostamento da prezzo medio	0	-5	-5	0	0	-10	0	10	5	0
Reloop per prodotto conforme	1	0	1	0	0	2	2	1,5	1,5	3
Reloop per documentazione adeguata	1	1	0	1	0	2	1	1	1	3
Progetti assegnati	1	2	3	4	2	2	3	1	4	1
Progetti assegnabili	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6

Tab C.5 input performance fornitori

D – Pesi utilizzati e risultati numerici analisi sensitività

D.1 Pesi utilizzati

- Prima analisi complessità progetti

	pesi per sensitività 1° criterio									
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
tecnologie produttive	0,000000	0,062529	0,087541	0,100046	0,112552	0,137564	0,150070	0,162575	0,187587	0,250116
n° plant produttivi	0,335590	0,319958	0,313705	0,310579	0,307452	0,301199	0,298073	0,294947	0,288694	0,273061
%fornitori nuovi	0,114520	0,098888	0,092635	0,089508	0,086382	0,080129	0,077003	0,073876	0,067623	0,051991
% codici new	0,218175	0,202543	0,196290	0,193163	0,190037	0,183784	0,180657	0,177531	0,171278	0,155646
scostamento volumi	0,331715	0,316082	0,309830	0,306703	0,303577	0,297324	0,294197	0,291071	0,284818	0,269186

	pesi per sensitività 2° criterio									
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
tecnologie produttive	0,201139	0,163099	0,147882	0,140274	0,132666	0,117450	0,109842	0,102234	0,087017	0,048977
n° plant produttivi	0,000000	0,152163	0,213028	0,243461	0,273893	0,334758	0,365191	0,395624	0,456489	0,608652
%fornitori nuovi	0,159337	0,121296	0,106080	0,098472	0,090864	0,075647	0,068039	0,060431	0,045215	0,007174
% codici new	0,262992	0,224951	0,209735	0,202127	0,194519	0,179302	0,171694	0,164086	0,148870	0,110829
scostamento volumi	0,376532	0,338491	0,323275	0,315666	0,308058	0,292842	0,285234	0,277626	0,262409	0,224369

	pesi per sensitività 3° criterio									
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
tecnologie produttive	0,145872	0,135465	0,131302	0,129221	0,127139	0,122977	0,120895	0,118814	0,114651	0,104244
n° plant produttivi	0,325140	0,314733	0,310570	0,308489	0,306407	0,302244	0,300163	0,298082	0,293919	0,283512
%fornitori nuovi	0,000000	0,041628	0,058279	0,066604	0,074930	0,091581	0,099907	0,108232	0,124883	0,166511
% codici new	0,207724	0,197317	0,193155	0,191073	0,188992	0,184829	0,182748	0,180666	0,176503	0,166096
scostamento volumi	0,321264	0,310857	0,306694	0,304613	0,302532	0,298369	0,296287	0,294206	0,290043	0,279636

	pesi per sensitività 4° criterio									
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
tecnologie produttive	0,171786	0,148422	0,139076	0,134404	0,129731	0,120385	0,115712	0,111040	0,101694	0,078330
n° plant produttivi	0,351053	0,327690	0,318344	0,313671	0,308999	0,299653	0,294980	0,290308	0,280962	0,257598
%fornitori nuovi	0,129983	0,106619	0,097274	0,092601	0,087928	0,078583	0,073910	0,069237	0,059892	0,036528
% codici new	0,000000	0,093455	0,130837	0,149528	0,168219	0,205601	0,224292	0,242983	0,280366	0,373821
scostamento volumi	0,347178	0,323814	0,314468	0,309796	0,305123	0,295777	0,291105	0,286432	0,277086	0,253723

	pesi per sensitività 5° criterio									
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
tecnologie produttive	0,200171	0,162614	0,147592	0,140081	0,132569	0,117547	0,110035	0,102524	0,087502	0,049945
n° plant produttivi	0,379438	0,341882	0,326860	0,319348	0,311837	0,296815	0,289303	0,281792	0,266770	0,229213
%fornitori nuovi	0,158368	0,120812	0,105789	0,098278	0,090767	0,075744	0,068233	0,060722	0,045699	0,008143
% codici new	0,262023	0,224467	0,209444	0,201933	0,194422	0,179399	0,171888	0,164377	0,149354	0,111798
scostamento volumi	0,000000	0,150225	0,210315	0,240360	0,270405	0,330495	0,360540	0,390585	0,450675	0,600900

Tab D.1.1 pesi 1° analisi sensitività complessità progetti

- Seconda analisi complessità progetti

pesi per sensitività 1° criterio									
	10%	20%	30%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
tecnologie produttive	0,137564	0,150070	0,162575	0,187587	0,200093	0,212599	0,225104	0,237610	0,250116
n° plant produttivi	0,301199	0,298073	0,294947	0,288694	0,285567	0,282441	0,279314	0,276188	0,273061
%fornitori nuovi	0,080129	0,077003	0,073876	0,067623	0,064497	0,061370	0,058244	0,055118	0,051991
% codici new	0,183784	0,180657	0,177531	0,171278	0,168152	0,165025	0,161899	0,158772	0,155646
scostamento volumi	0,297324	0,294197	0,291071	0,284818	0,281691	0,278565	0,275439	0,272312	0,269186

pesi per sensitività 2° criterio						
	-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%
tecnologie produttive	0,201139	0,193531	0,185923	0,178315	0,170707	0,163099
n° plant produttivi	0,000000	0,030433	0,060865	0,091298	0,121730	0,152163
%fornitori nuovi	0,159337	0,151729	0,144121	0,136513	0,128904	0,121296
% codici new	0,262992	0,255384	0,247776	0,240167	0,232559	0,224951
scostamento volumi	0,376532	0,368924	0,361315	0,353707	0,346099	0,338491

pesi per sensitività 4° criterio						
	-100%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%
tecnologie produttive	0,171786	0,148422	0,143749	0,139076	0,134404	0,129731
n° plant produttivi	0,351053	0,327690	0,323017	0,318344	0,313671	0,308999
%fornitori nuovi	0,129983	0,106619	0,101947	0,097274	0,092601	0,087928
% codici new	0,000000	0,093455	0,112146	0,130837	0,149528	0,168219
scostamento volumi	0,347178	0,323814	0,319141	0,314468	0,309796	0,305123

pesi per sensitività 5° criterio										
	-50%	-45%	-40%	-35%	-30%	50%	60%	70%	80%	100%
tecnologie produttive	0,162614	0,158859	0,155103	0,151347	0,147592	0,087502	0,079990	0,072479	0,064968	0,049945
n° plant produttivi	0,341882	0,338127	0,334371	0,330615	0,326860	0,266770	0,259258	0,251747	0,244236	0,229213
%fornitori nuovi	0,120812	0,117056	0,113301	0,109545	0,105789	0,045699	0,038188	0,030677	0,023166	0,008143
% codici new	0,224467	0,220711	0,216955	0,213200	0,209444	0,149354	0,141843	0,134332	0,126820	0,111798
scostamento volumi	0,150225	0,165248	0,180270	0,195293	0,210315	0,450675	0,480720	0,510765	0,540810	0,600900

Tab D.1.2 pesi 2° analisi sensitività complessità progetti

- Prima analisi performance progetti

pesi per sensitività 1° criterio										
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
reloop	0,000000	0,077080	0,107912	0,123329	0,138745	0,169577	0,184993	0,200409	0,231241	0,308321
stock	0,486439	0,460746	0,450469	0,445330	0,440191	0,429914	0,424775	0,419636	0,409359	0,383666
costo	0,368776	0,343082	0,332805	0,327666	0,322528	0,312250	0,307111	0,301973	0,291695	0,266002
tempo	0,144785	0,119091	0,108814	0,103675	0,098537	0,088259	0,083121	0,077982	0,067705	0,042011

pesi per sensitività 2° criterio										
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
reloop	0,299178	0,226669	0,197666	0,183164	0,168662	0,139659	0,125157	0,110655	0,081652	0,009143
stock	0,000000	0,217526	0,304537	0,348042	0,391547	0,478558	0,522063	0,565568	0,652579	0,870105
costo	0,462406	0,389898	0,360894	0,346392	0,331891	0,302887	0,288385	0,273884	0,244880	0,172371
tempo	0,238415	0,165907	0,136903	0,122401	0,107900	0,078896	0,064394	0,049893	0,020889	-0,051620

pesi per sensitività 3° criterio										
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
reloop	0,259957	0,207059	0,185900	0,175320	0,164740	0,143581	0,133001	0,122422	0,101263	0,048364
stock	0,540849	0,487951	0,466791	0,456212	0,445632	0,424473	0,413893	0,403314	0,382154	0,329256
costo	0,000000	0,158694	0,222172	0,253911	0,285650	0,349128	0,380867	0,412606	0,476083	0,634778
tempo	0,199194	0,146296	0,125137	0,114557	0,103978	0,082818	0,072239	0,061659	0,040500	-0,012398

pesi per sensitività 4° criterio										
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%
reloop	0,185293	0,169727	0,163500	0,160387	0,157274	0,151047	0,147934	0,144821	0,138594	0,123028
stock	0,466185	0,450619	0,444392	0,441279	0,438166	0,431939	0,428826	0,425713	0,419486	0,403920
costo	0,348522	0,332955	0,326729	0,323615	0,320502	0,314276	0,311162	0,308049	0,301823	0,286256
tempo	0,000000	0,046699	0,065379	0,074718	0,084058	0,102738	0,112078	0,121417	0,140097	0,186796

Tab D.1.3 pesi 1° analisi sensitività performance progetti

- Seconda analisi performance progetti

pesi per sensitività 1° criterio										
	-100%	-80%	-70%	-50%	30%	50%	60%	70%	80%	100%
reloop	0,000	0,031	0,046	0,077	0,200	0,231	0,247	0,262	0,277	0,308
stock	0,486	0,476	0,471	0,461	0,420	0,409	0,404	0,399	0,394	0,384
costo	0,369	0,358	0,353	0,343	0,302	0,292	0,287	0,281	0,276	0,266
tempo	0,145	0,135	0,129	0,119	0,078	0,068	0,063	0,057	0,052	0,042

pesi per sensitività 2° criterio					
	5%	10%	12,5%	15%	20%
reloop	0,147	0,140	0,136	0,132	0,125
stock	0,457	0,479	0,489	0,500	0,522
costo	0,310	0,303	0,299	0,296	0,288
tempo	0,086	0,079	0,075	0,072	0,064

pesi per sensitività 3° criterio								
	-50%	-40%	-30%	-27,5%	-25%	-22,5%	-20%	-10%
reloop	0,207	0,196	0,186	0,183	0,181	0,178	0,175	0,165
stock	0,488	0,477	0,467	0,464	0,462	0,459	0,456	0,446
costo	0,159	0,190	0,222	0,230	0,238	0,246	0,254	0,286
tempo	0,146	0,136	0,125	0,122	0,120	0,117	0,115	0,104

Tab D.1.4 pesi 2° analisi sensitività performance progetti

- Prima analisi performance fornitori

pesi da usare per sensitività 1° criterio												
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%		
tempo	0	0,121317	0,169844	0,194107	0,218370	0,266897	0,291160	0,315424	0,363951	0,485267	0,242634	0,242634
costo	0,660183	0,599525	0,575262	0,563130	0,550998	0,526735	0,514603	0,502472	0,478208	0,417550	0,538867	0,538867
qualità	0,339817	0,279158	0,254895	0,242763	0,230631	0,206368	0,194236	0,182105	0,157841	0,097183	0,218500	0,218500

pesi da usare per sensitività 2° criterio												
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%		
tempo	0,512067	0,377350	0,323464	0,296520	0,269577	0,215690	0,188747	0,161804	0,107917	-0,026800	0,242634	0,242634
costo	0	0,269433	0,377207	0,431093	0,484980	0,592753	0,646640	0,700527	0,808300	1,077733	0,538867	0,538867
qualità	0,487933	0,353216	0,299330	0,272386	0,245443	0,191556	0,164613	0,137670	0,083783	-0,050934	0,218500	0,218500

pesi da usare per sensitività 3° criterio												
	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%	50%	100%		
tempo	0,351884	0,297259	0,275409	0,264484	0,253559	0,231709	0,220784	0,209859	0,188009	0,133384	0,242634	0,242634
costo	0,648116	0,593492	0,571642	0,560717	0,549792	0,527942	0,517017	0,506092	0,484242	0,429617	0,538867	0,538867
qualità	0	0,109250	0,152950	0,174800	0,196650	0,240350	0,262200	0,284050	0,327750	0,436999	0,218500	0,218500

Tab D.1.5 pesi 1° analisi sensitività performance fornitori

- Seconda analisi performance fornitori

pesi da usare per sensitività 1° criterio										
	-15%	-10%	-5%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	
tempo	0,206238622	0,218370306	0,23050199	0,254765357	0,266897041	0,279028724	0,291160408	0,303292092	0,315423775	
costo	0,557064144	0,550998302	0,54493246	0,532800777	0,526734935	0,520669093	0,514603251	0,508537409	0,502471567	
qualità	0,236697234	0,230631392	0,22456555	0,212433866	0,206368024	0,200302183	0,194236341	0,188170499	0,182104657	

pesi da usare per sensitività 2° criterio										
	-15%	-10%	-5%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	
tempo	0,28304867	0,269577004	0,256105339	0,229162008	0,215690342	0,202218677	0,188747011	0,175275346	0,161803681	
costo	0,458036626	0,484979957	0,511923287	0,565809949	0,59275328	0,619696611	0,646639942	0,673583273	0,700526604	
qualità	0,258914705	0,245443039	0,231971374	0,205028043	0,191556377	0,178084712	0,164613046	0,151141381	0,137669715	

pesi da usare per sensitività 3° criterio										
	-15%	-10%	-5%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	
tempo	0,259021151	0,253558659	0,248096166	0,237171181	0,231708688	0,226246195	0,220783702	0,21532121	0,209858717	
costo	0,555254097	0,549791604	0,544329111	0,533404126	0,527941633	0,52247914	0,517016648	0,511554155	0,506091662	
qualità	0,185724752	0,196649737	0,207574723	0,229424694	0,240349679	0,251274664	0,26219965	0,273124635	0,284049621	

Tab D.1.6 pesi 2° analisi sensitività performance fornitori

D.2 risultati

- Prima analisi complessità progetti

1° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,508153	0,512978	0,514908	0,515873	0,516838	0,517803	0,518768	0,519733	0,520698	0,522628	0,527453
Prog.2	0,644566	0,648582	0,650188	0,650991	0,651794	0,652598	0,653401	0,654204	0,655007	0,656613	0,660629
Prog.3	0,266343	0,265213	0,264761	0,264535	0,264309	0,264083	0,263857	0,263631	0,263405	0,262953	0,261823
Prog.4	0,448793	0,452841	0,45446	0,45527	0,456079	0,456889	0,457698	0,458508	0,459318	0,460937	0,464985
Prog.5	0,484478	0,473181	0,468663	0,466403	0,464144	0,461885	0,459625	0,457366	0,455107	0,450588	0,439291
Prog.6	0,366402	0,373173	0,375881	0,377235	0,378589	0,379943	0,381297	0,382652	0,384006	0,386714	0,393484
Prog.7	0,792596	0,758088	0,744285	0,737383	0,730481	0,72358	0,716678	0,709776	0,702875	0,689071	0,654563

2° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,655603	0,586703	0,559143	0,545363	0,531583	0,517803	0,504023	0,490243	0,476463	0,448903	0,380003
Prog.2	0,592535	0,622566	0,634579	0,640585	0,646591	0,652598	0,658604	0,66461	0,670617	0,682629	0,71266
Prog.3	0,300916	0,2825	0,275133	0,27145	0,267766	0,264083	0,2604	0,256716	0,253033	0,245666	0,22725
Prog.4	0,59847	0,527679	0,499363	0,485205	0,471047	0,456889	0,442731	0,428573	0,414414	0,386098	0,315308
Prog.5	0,312453	0,387169	0,417055	0,431998	0,446941	0,461885	0,476828	0,491771	0,506714	0,5366	0,611316
Prog.6	0,218667	0,299305	0,331561	0,347688	0,363816	0,379943	0,396071	0,412199	0,428326	0,460581	0,541219
Prog.7	0,705551	0,714566	0,718171	0,719974	0,721777	0,72358	0,725382	0,727185	0,728988	0,732594	0,741608

3° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,565901	0,541852	0,532232	0,527422	0,522613	0,517803	0,512993	0,508183	0,503373	0,493754	0,469704
Prog.2	0,685442	0,66902	0,662451	0,659167	0,655882	0,652598	0,649313	0,646029	0,642744	0,636175	0,619753
Prog.3	0,284567	0,274325	0,270228	0,26818	0,266131	0,264083	0,262035	0,259986	0,257938	0,253841	0,243599
Prog.4	0,428917	0,442903	0,448497	0,451294	0,454092	0,456889	0,459686	0,462483	0,46528	0,470875	0,484861
Prog.5	0,495905	0,478895	0,472091	0,468689	0,465287	0,461885	0,458483	0,455081	0,451679	0,444875	0,427865
Prog.6	0,410723	0,395333	0,389177	0,386099	0,383021	0,379943	0,376865	0,373787	0,370709	0,364554	0,349164
Prog.7	0,704695	0,714137	0,717914	0,719803	0,721691	0,72358	0,725468	0,727357	0,729245	0,733022	0,742465

4° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,450738	0,48427	0,497683	0,50439	0,511096	0,517803	0,524509	0,531216	0,537922	0,551335	0,584868
Prog.2	0,715616	0,684107	0,671503	0,665201	0,658899	0,652598	0,646296	0,639994	0,633692	0,621089	0,58958
Prog.3	0,310069	0,287076	0,277879	0,27328	0,268682	0,264083	0,259484	0,254886	0,250287	0,24109	0,218097
Prog.4	0,567207	0,512048	0,489984	0,478952	0,467921	0,456889	0,445857	0,434825	0,423793	0,40173	0,34657
Prog.5	0,53826	0,500072	0,484797	0,47716	0,469522	0,461885	0,454247	0,44661	0,438972	0,423697	0,385509
Prog.6	0,448868	0,414406	0,400621	0,393728	0,386836	0,379943	0,373051	0,366158	0,359266	0,345481	0,311019
Prog.7	0,750431	0,737005	0,731635	0,72895	0,726265	0,72358	0,720895	0,718209	0,715524	0,710154	0,696728

5° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,33917	0,428486	0,464213	0,482076	0,499939	0,517803	0,535666	0,553529	0,571393	0,607119	0,696435
Prog.2	0,511364	0,581981	0,610228	0,624351	0,638474	0,652598	0,666721	0,680844	0,694968	0,723214	0,793831
Prog.3	0,074448	0,169266	0,207193	0,226156	0,24512	0,264083	0,283046	0,30201	0,320973	0,3589	0,453718
Prog.4	0,260175	0,358532	0,397875	0,417546	0,437217	0,456889	0,47656	0,496231	0,515903	0,555245	0,653602
Prog.5	0,309593	0,385739	0,416197	0,431426	0,446655	0,461885	0,477114	0,492343	0,507572	0,538031	0,614177
Prog.6	0,349828	0,364886	0,370909	0,37392	0,376932	0,379943	0,382955	0,385966	0,388978	0,395001	0,410059
Prog.7	0,600556	0,662068	0,686672	0,698975	0,711277	0,72358	0,735882	0,748184	0,760487	0,785092	0,846604

Tab D.2.1 risultati 1° analisi sensitività complessità progetti

- Seconda analisi complessità progetti

1° criterio										
progetti	peso originale	10%	20%	30%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Prog.1	0,517803	0,518768	0,519733	0,520698	0,522628	0,523593	0,524558	0,525523	0,526488	0,527453
Prog.2	0,652598	0,653401	0,654204	0,655007	0,656613	0,657417	0,65822	0,659023	0,659826	0,660629
Prog.3	0,264083	0,263857	0,263631	0,263405	0,262953	0,262727	0,262501	0,262275	0,262049	0,261823
Prog.4	0,456889	0,457698	0,458508	0,459318	0,460937	0,461747	0,462556	0,463366	0,464175	0,464985
Prog.5	0,461885	0,459625	0,457366	0,455107	0,450588	0,448329	0,446069	0,44381	0,441551	0,439291
Prog.6	0,379943	0,381297	0,382652	0,384006	0,386714	0,388068	0,389422	0,390776	0,39213	0,393484
Prog.7	0,72358	0,716678	0,709776	0,702875	0,689071	0,68217	0,675268	0,668366	0,661465	0,654563

2° criterio							
progetti	-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	peso originale
Prog.1	0,655603	0,641823	0,628043	0,614263	0,600483	0,586703	0,517803
Prog.2	0,592535	0,598541	0,604547	0,610554	0,61656	0,622566	0,652598
Prog.3	0,300916	0,297233	0,29355	0,289866	0,286183	0,2825	0,264083
Prog.4	0,59847	0,584312	0,570154	0,555996	0,541837	0,527679	0,456889
Prog.5	0,312453	0,327396	0,342339	0,357283	0,372226	0,387169	0,461885
Prog.6	0,218667	0,234795	0,250923	0,26705	0,283178	0,299305	0,379943
Prog.7	0,705551	0,707354	0,709157	0,71096	0,712763	0,714566	0,72358

3° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,565901	0,541852	0,532232	0,527422	0,522613	0,517803	0,512993	0,508183	0,503373	0,493754	0,469704
Prog.2	0,685442	0,66902	0,662451	0,659167	0,655882	0,652598	0,649313	0,646029	0,642744	0,636175	0,619753
Prog.3	0,284567	0,274325	0,270228	0,26818	0,266131	0,264083	0,262035	0,259986	0,257938	0,253841	0,243599
Prog.4	0,428917	0,442903	0,448497	0,451294	0,454092	0,456889	0,459686	0,462483	0,46528	0,470875	0,484861
Prog.5	0,495905	0,478895	0,472091	0,468689	0,465287	0,461885	0,458483	0,455081	0,451679	0,444875	0,427865
Prog.6	0,410723	0,395333	0,389177	0,386099	0,383021	0,379943	0,376865	0,373787	0,370709	0,364554	0,349164
Prog.7	0,704695	0,714137	0,717914	0,719803	0,721691	0,72358	0,725468	0,727357	0,729245	0,733022	0,742465

4° criterio											
progetti	-100%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%
Prog.1	0,450738	0,48427	0,490977	0,497683	0,50439	0,511096	0,517803	0,524509	0,531216	0,537922	0,551335
Prog.2	0,715616	0,684107	0,677805	0,671503	0,665201	0,658899	0,652598	0,646296	0,639994	0,633692	0,621089
Prog.3	0,310069	0,287076	0,282477	0,277879	0,27328	0,268682	0,264083	0,259484	0,254886	0,250287	0,24109
Prog.4	0,567207	0,512048	0,501016	0,489984	0,478952	0,467921	0,456889	0,445857	0,434825	0,423793	0,40173
Prog.5	0,53826	0,500072	0,492435	0,484797	0,47716	0,469522	0,461885	0,454247	0,44661	0,438972	0,423697
Prog.6	0,448868	0,414406	0,407513	0,400621	0,393728	0,386836	0,379943	0,373051	0,366158	0,359266	0,345481
Prog.7	0,750431	0,737005	0,73432	0,731635	0,72895	0,726265	0,72358	0,720895	0,718209	0,715524	0,710154

5° criterio											
progetti	-50%	-45%	-40%	-35%	-30%	peso originale	50%	60%	70%	80%	100%
Prog.1	0,428486	0,437418	0,44635	0,455281	0,464213	0,517803	0,607119	0,624982	0,642846	0,660709	0,696435
Prog.2	0,581981	0,589043	0,596104	0,603166	0,610228	0,652598	0,723214	0,737338	0,751461	0,765584	0,793831
Prog.3	0,169266	0,178747	0,188229	0,197711	0,207193	0,264083	0,3589	0,377864	0,396827	0,415791	0,453718
Prog.4	0,358532	0,368368	0,378203	0,388039	0,397875	0,456889	0,555245	0,574917	0,594588	0,61426	0,653602
Prog.5	0,385739	0,393353	0,400968	0,408582	0,416197	0,461885	0,538031	0,55326	0,568489	0,583718	0,614177
Prog.6	0,364886	0,366391	0,367897	0,369403	0,370909	0,379943	0,395001	0,398013	0,401024	0,404036	0,410059
Prog.7	0,662068	0,668219	0,67437	0,680521	0,686672	0,72358	0,785092	0,797394	0,809696	0,821999	0,846604

Tab D.2.2 risultati 2° analisi sensitività complessità progetti

- Prima analisi performance progetti

1° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,4988	0,5335	0,5474	0,5543	0,5612	0,5682	0,5751	0,5820	0,5890	0,6028	0,6375
Prog.2	0,5053	0,5135	0,5167	0,5183	0,5200	0,5216	0,5232	0,5249	0,5265	0,5298	0,5379
Prog.3	0,9249	0,9296	0,9315	0,9325	0,9334	0,9344	0,9353	0,9363	0,9373	0,9392	0,9439
Prog.4	0,9260	0,9283	0,9292	0,9296	0,9301	0,9305	0,9310	0,9314	0,9319	0,9328	0,9350
Prog.5	0,8440	0,8523	0,8556	0,8573	0,8589	0,8606	0,8622	0,8639	0,8656	0,8689	0,8771
Prog.6	0,7395	0,7530	0,7584	0,7611	0,7639	0,7666	0,7693	0,7720	0,7747	0,7801	0,7936
Prog.7	0,9099	0,9175	0,9205	0,9221	0,9236	0,9251	0,9266	0,9281	0,9296	0,9327	0,9402

2° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,7967	0,6824	0,6367	0,6139	0,5910	0,5682	0,5453	0,5225	0,4996	0,4539	0,3396
Prog.2	0,7484	0,6350	0,5896	0,5670	0,5443	0,5216	0,4989	0,4762	0,4536	0,4082	0,2948
Prog.3	0,9130	0,9237	0,9280	0,9301	0,9323	0,9344	0,9365	0,9387	0,9408	0,9451	0,9558
Prog.4	0,8775	0,9040	0,9146	0,9199	0,9252	0,9305	0,9358	0,9411	0,9464	0,9570	0,9835
Prog.5	0,8714	0,8660	0,8638	0,8628	0,8617	0,8606	0,8595	0,8584	0,8573	0,8552	0,8497
Prog.6	0,8914	0,8290	0,8040	0,7915	0,7790	0,7666	0,7541	0,7416	0,7291	0,7041	0,6417
Prog.7	0,8767	0,9009	0,9106	0,9154	0,9203	0,9251	0,9299	0,9348	0,9396	0,9493	0,9735

3° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,5311	0,5497	0,5571	0,5608	0,5645	0,5682	0,5719	0,5756	0,5793	0,5867	0,6052
Prog.2	0,4716	0,4966	0,5066	0,5116	0,5166	0,5216	0,5266	0,5316	0,5366	0,5466	0,5716
Prog.3	0,9522	0,9433	0,9397	0,9380	0,9362	0,9344	0,9326	0,9308	0,9290	0,9255	0,9166
Prog.4	0,9496	0,9401	0,9363	0,9343	0,9324	0,9305	0,9286	0,9267	0,9248	0,9209	0,9114
Prog.5	0,8726	0,8666	0,8642	0,8630	0,8618	0,8606	0,8594	0,8582	0,8570	0,8546	0,8486
Prog.6	0,7488	0,7577	0,7612	0,7630	0,7648	0,7666	0,7683	0,7701	0,7719	0,7754	0,7843
Prog.7	0,9713	0,9482	0,9390	0,9343	0,9297	0,9251	0,9205	0,9158	0,9112	0,9020	0,8788

4° criterio											
progetti	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
Prog.1	0,5720	0,5701	0,5693	0,5689	0,5686	0,5682	0,5678	0,5674	0,5670	0,5663	0,5643
Prog.2	0,4975	0,5095	0,5144	0,5168	0,5192	0,5216	0,5240	0,5264	0,5288	0,5337	0,5457
Prog.3	0,9395	0,9370	0,9359	0,9354	0,9349	0,9344	0,9339	0,9334	0,9329	0,9318	0,9293
Prog.4	0,9390	0,9348	0,9331	0,9322	0,9314	0,9305	0,9297	0,9288	0,9280	0,9263	0,9220
Prog.5	0,8648	0,8627	0,8618	0,8614	0,8610	0,8606	0,8602	0,8598	0,8593	0,8585	0,8564
Prog.6	0,7613	0,7639	0,7650	0,7655	0,7660	0,7666	0,7671	0,7676	0,7681	0,7692	0,7718
Prog.7	0,9310	0,9281	0,9269	0,9263	0,9257	0,9251	0,9245	0,9239	0,9233	0,9221	0,9191

Tab D.2.3 risultati 1° analisi sensitività performance progetti

- Seconda analisi performance progetti

1° criterio											
progetti	-100%	-80%	-70%	-50%	peso originale	30%	50%	60%	70%	80%	100%
Prog.1	0,4988	0,5127	0,5196	0,5335	0,5682	0,5890	0,6028	0,6098	0,6167	0,6236	0,6375
Prog.2	0,5053	0,5086	0,5102	0,5135	0,5216	0,5265	0,5298	0,5314	0,5330	0,5346	0,5379
Prog.3	0,9249	0,9268	0,9277	0,9296	0,9344	0,9373	0,9392	0,9401	0,9411	0,9420	0,9439
Prog.4	0,9260	0,9269	0,9274	0,9283	0,9305	0,9319	0,9328	0,9332	0,9337	0,9341	0,9350
Prog.5	0,8440	0,8473	0,8490	0,8523	0,8606	0,8656	0,8689	0,8705	0,8722	0,8738	0,8771
Prog.6	0,7395	0,7449	0,7476	0,7530	0,7666	0,7747	0,7801	0,7828	0,7855	0,7882	0,7936
Prog.7	0,9099	0,9130	0,9145	0,9175	0,9251	0,9296	0,9327	0,9342	0,9357	0,9372	0,9402

2° criterio						
progetti	peso originale	5%	10%	12,5%	15%	20%
Prog.1	0,5682	0,5567	0,5453	0,5396	0,5339	0,5225
Prog.2	0,5216	0,5103	0,4989	0,4932	0,4876	0,4762
Prog.3	0,9344	0,9355	0,9365	0,9371	0,9376	0,9387
Prog.4	0,9305	0,9332	0,9358	0,9371	0,9385	0,9411
Prog.5	0,8606	0,8601	0,8595	0,8592	0,8590	0,8584
Prog.6	0,7666	0,7603	0,7541	0,7510	0,7478	0,7416
Prog.7	0,9251	0,9275	0,9299	0,9311	0,9323	0,9348

3° criterio									
progetti	-50%	-40%	-30%	-27,5%	-25%	-22,5%	-20%	-10%	peso originale
Prog.1	0,5497	0,5534	0,5571	0,5580	0,5589	0,5598	0,5608	0,5645	0,5682
Prog.2	0,4966	0,5016	0,5066	0,5078	0,5091	0,5103	0,5116	0,5166	0,5216
Prog.3	0,9433	0,9415	0,9397	0,9393	0,9389	0,9384	0,9380	0,9362	0,9344
Prog.4	0,9401	0,9382	0,9363	0,9358	0,9353	0,9348	0,9343	0,9324	0,9305
Prog.5	0,8666	0,8654	0,8642	0,8639	0,8636	0,8633	0,8630	0,8618	0,8606
Prog.6	0,7577	0,7595	0,7612	0,7617	0,7621	0,7626	0,7630	0,7648	0,7666
Prog.7	0,9482	0,9436	0,9390	0,9378	0,9367	0,9355	0,9343	0,9297	0,9251

Tab D.2.4 risultati 2° analisi sensitività performance progetti

- Prima analisi performance fornitori

1° criterio											
vendor	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
gomma1	0,8712	0,8262	0,8083	0,7993	0,7903	0,7813	0,7723	0,7633	0,7543	0,7363	0,6914
gomma2	0,9847	0,9287	0,9063	0,8952	0,8840	0,8728	0,8616	0,8504	0,8392	0,8168	0,7609
gomma3	0,9608	0,9151	0,8969	0,8877	0,8786	0,8695	0,8603	0,8512	0,8421	0,8238	0,7782
torniti1	0,9001	0,8713	0,8598	0,8540	0,8482	0,8425	0,8367	0,8310	0,8252	0,8137	0,7848
torniti2	0,9052	0,8836	0,8750	0,8707	0,8664	0,8621	0,8578	0,8535	0,8492	0,8406	0,8190
tranciat1	0,8223	0,8068	0,8005	0,7974	0,7943	0,7912	0,7881	0,7849	0,7818	0,7756	0,7600
tranciat2	0,7492	0,7262	0,7171	0,7125	0,7079	0,7033	0,6987	0,6941	0,6896	0,6804	0,6575
plastiche1	0,3197	0,3174	0,3165	0,3161	0,3156	0,3152	0,3147	0,3143	0,3138	0,3129	0,3107
plastiche2	0,5734	0,5507	0,5417	0,5372	0,5326	0,5281	0,5236	0,5190	0,5145	0,5055	0,4828
plastiche3	0,5993	0,5790	0,5709	0,5668	0,5628	0,5587	0,5546	0,5506	0,5465	0,5384	0,5181

2° criterio											
vendor	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
gomma1	0,6991	0,7402	0,7566	0,7648	0,7731	0,7813	0,7895	0,7977	0,8059	0,8224	0,8635
gomma2	0,7488	0,8108	0,8356	0,8480	0,8604	0,8728	0,8852	0,8976	0,9100	0,9347	0,9967
gomma3	0,7400	0,8047	0,8306	0,8436	0,8565	0,8695	0,8824	0,8954	0,9083	0,9342	0,9990
torniti1	0,8305	0,8365	0,8389	0,8401	0,8413	0,8425	0,8437	0,8449	0,8461	0,8485	0,8544
torniti2	0,8723	0,8672	0,8652	0,8642	0,8631	0,8621	0,8611	0,8601	0,8590	0,8570	0,8519
tranciat1	0,5459	0,6686	0,7176	0,7421	0,7667	0,7912	0,8157	0,8402	0,8648	0,9138	1,0364
tranciat2	0,5249	0,6141	0,6498	0,6676	0,6855	0,7033	0,7212	0,7390	0,7568	0,7925	0,8817
plastiche1	0,5715	0,4433	0,3921	0,3664	0,3408	0,3152	0,2896	0,2639	0,2383	0,1870	0,0589
plastiche2	0,5838	0,5560	0,5448	0,5392	0,5337	0,5281	0,5225	0,5170	0,5114	0,5002	0,4724
plastiche3	0,2079	0,3833	0,4535	0,4885	0,5236	0,5587	0,5938	0,6289	0,6639	0,7341	0,9095

3° criterio											
vendor	-100%	-50%	-30%	-20%	-10%	peso originale	10%	20%	30%	50%	100%
gomma1	0,7336	0,7575	0,7670	0,7718	0,7765	0,7813	0,7860	0,7908	0,7956	0,8051	0,8289
gomma2	0,8223	0,8475	0,8576	0,8627	0,8677	0,8688	0,8778	0,8829	0,8879	0,8980	0,9233
gomma3	0,8398	0,8546	0,8606	0,8635	0,8665	0,8718	0,8724	0,8754	0,8784	0,8843	0,8992
torniti1	0,7954	0,8190	0,8284	0,8331	0,8378	0,8425	0,8472	0,8519	0,8566	0,8660	0,8895
torniti2	0,8192	0,8406	0,8492	0,8535	0,8578	0,8621	0,8664	0,8707	0,8750	0,8836	0,9050
tranciati1	0,8626	0,8269	0,8126	0,8055	0,7983	0,7912	0,7840	0,7769	0,7698	0,7555	0,7198
tranciati2	0,7344	0,7188	0,7126	0,7095	0,7064	0,7033	0,7002	0,6971	0,6940	0,6878	0,6723
plastiche1	0,2072	0,2612	0,2828	0,2936	0,3044	0,3152	0,3260	0,3368	0,3476	0,3692	0,4232
plastiche2	0,4647	0,4964	0,5091	0,5154	0,5218	0,5281	0,5344	0,5408	0,5471	0,5598	0,5915
plastiche3	0,6644	0,6115	0,5904	0,5798	0,5693	0,5587	0,5481	0,5376	0,5270	0,5059	0,4530

Tab D.2.5 risultati 1° analisi sensitività performance fornitori

- Seconda analisi performance fornitori

1° criterio										
vendor	-15%	-10%	-5%	peso originale	5%	10%	15%	20%	25%	30%
gomma1	0,794766	0,790271	0,790271	0,781281	0,776786	0,772291	0,767795	0,7633	0,758805	0,75431
gomma2	0,889556	0,883961	0,883961	0,872773	0,867179	0,861584	0,85599	0,850396	0,844801	0,839207
gomma3	0,883172	0,878607	0,878607	0,869478	0,864913	0,860348	0,855784	0,851219	0,846654	0,84209
torniti1	0,851127	0,848245	0,848245	0,842481	0,839599	0,836717	0,833835	0,830953	0,828072	0,82519
torniti2	0,868565	0,866411	0,866411	0,862105	0,859952	0,857799	0,855646	0,853493	0,85134	0,849187
tranciati1	0,795852	0,794294	0,794294	0,791177	0,789619	0,788061	0,786502	0,784944	0,783386	0,781828
tranciati2	0,710192	0,7079	0,7079	0,703316	0,701024	0,698732	0,69644	0,694148	0,691856	0,689564
plastiche1	0,315864	0,315639	0,315639	0,315189	0,314964	0,314739	0,314514	0,314289	0,314064	0,313839
plastiche2	0,53489	0,532627	0,532627	0,528101	0,525838	0,523576	0,521313	0,51905	0,516787	0,514524
plastiche3	0,564794	0,562762	0,562762	0,558699	0,556668	0,554636	0,552604	0,550573	0,548541	0,54651

2° criterio										
vendor	-15%	-10%	-5%	peso originale	5%	10%	15%	20%	25%	30%
gomma1	0,7690	0,7731	0,7772	0,781281	0,7854	0,7895	0,7936	0,7977	0,8018	0,8059
gomma2	0,8542	0,8604	0,8666	0,872773	0,8790	0,8852	0,8914	0,8976	0,9038	0,9100
gomma3	0,8501	0,8565	0,8630	0,869478	0,8760	0,8824	0,8889	0,8954	0,9018	0,9083
torniti1	0,8407	0,8413	0,8419	0,842481	0,8431	0,8437	0,8443	0,8449	0,8455	0,8461
torniti2	0,8636	0,8631	0,8626	0,862105	0,8616	0,8611	0,8606	0,8601	0,8595	0,8590
tranciati1	0,7544	0,7667	0,7789	0,791177	0,8034	0,8157	0,8280	0,8402	0,8525	0,8648
tranciati2	0,6766	0,6855	0,6944	0,703316	0,7122	0,7212	0,7301	0,7390	0,7479	0,7568
plastiche1	0,3536	0,3408	0,3280	0,315189	0,3024	0,2896	0,2767	0,2639	0,2511	0,2383
plastiche2	0,5365	0,5337	0,5309	0,528101	0,5253	0,5225	0,5197	0,5170	0,5142	0,5114
plastiche3	0,5061	0,5236	0,5412	0,558699	0,5762	0,5938	0,6113	0,6289	0,6464	0,6639

3° criterio										
vendor	-15%	-10%	-5%	peso originale	5%	10%	15%	20%	25%	30%
gomma1	0,7741	0,7765	0,7789	0,7813	0,7837	0,7860	0,7884	0,7908	0,7932	0,7956
gomma2	0,8652	0,8677	0,8702	0,8728	0,8753	0,8778	0,8803	0,8829	0,8854	0,8879
gomma3	0,8650	0,8665	0,8680	0,8695	0,8710	0,8724	0,8739	0,8754	0,8769	0,8784
torniti1	0,8354	0,8378	0,8401	0,8425	0,8448	0,8472	0,8495	0,8519	0,8542	0,8566
torniti2	0,8557	0,8578	0,8600	0,8621	0,8643	0,8664	0,8685	0,8707	0,8728	0,8750
tranciati1	0,8019	0,7983	0,7947	0,7912	0,7876	0,7840	0,7805	0,7769	0,7733	0,7698
tranciati2	0,7080	0,7064	0,7049	0,7033	0,7018	0,7002	0,6987	0,6971	0,6956	0,6940
plastiche1	0,2990	0,3044	0,3098	0,3152	0,3206	0,3260	0,3314	0,3368	0,3422	0,3476
plastiche2	0,5186	0,5218	0,5249	0,5281	0,5313	0,5344	0,5376	0,5408	0,5439	0,5471
plastiche3	0,5745	0,5693	0,5640	0,5587	0,5534	0,5481	0,5429	0,5376	0,5323	0,5270

Tab D.2.6 risultati 2° analisi sensitività performance fornitori

Bibliografia

- [1] Council of Logistics Management. Annual Conference, 1986, Anaheim, Calif. Proceedings. Vol. 1. 1986.
- [2] S. Chopra and P. Meindl, 'Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation', in *Das Summa Summarum des Management: Die 25 wichtigsten Werke für Strategie, Führung und Veränderung*, C. Boersch and R. Elschen, Eds., Wiesbaden: Gabler, 2007, pp. 265–275. doi: 10.1007/978-3-8349-9320-5_22.
- [3] M. CHRISTOPHER, 'Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service (Second Edition)'. Accessed: Feb. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13675569908901575>
- [4] H. L. Lee and C. Billington, 'Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities', *MIT Sloan Manag. Rev.*, Apr. 1992, Accessed: Feb. 08, 2024. [Online]. Available: <https://sloanreview.mit.edu/article/managing-supply-chain-inventory-pitfalls-and-opportunities/>
- [5] 'An Introduction to Supply Chain Management | Business Logistics & SCM'. Accessed: Feb. 08, 2024. [Online]. Available: <https://logisticsmanagementandsupplychainmanagement.wordpress.com/2007/05/24/an-introduction-to-supply-chain-management/>
- [6] B. J. La Londe and J. M. Masters, 'Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century', *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 24, no. 7, pp. 35–47, Jan. 1994, doi: 10.1108/09600039410070975.
- [7] A. Rizzi, 'Introduction to the Supply Chain Concept', in *Supply Chain: Fundamentals and Best Practices to Compete by Leveraging the Network*, A. Rizzi, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 1–14. doi: 10.1007/978-3-030-95707-0_1.
- [8] J. T. Mentzer et al., 'Defining Supply Chain Management', *J. Bus. Logist.*, vol. 22, no. 2, pp. 1–25, 2001, doi: 10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x.
- [9] A. Rizzi, *Supply Chain: Fundamentals and Best Practices to Compete by Leveraging the Network*. Cham: Springer International Publishing, 2022. doi: 10.1007/978-3-030-95707-0.

- [10] S. Holmberg, 'A systems perspective on supply chain measurements', *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 30, no. 10, pp. 847–868, Jan. 2000, doi: 10.1108/09600030010351246.
- [11] D. M. Lambert and M. C. Cooper, 'Issues in Supply Chain Management', *Ind. Mark. Manag.*, vol. 29, no. 1, pp. 65–83, Jan. 2000, doi: 10.1016/S0019-8501(99)00113-3.
- [12] S. A. Rehman Khan and Z. Yu, 'Performance measurement and evaluation', *EAI Springer Innov. Commun. Comput.*, pp. 207–232, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-15058-7_9.
- [13] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, and R. Filippini, *Progettazione e sviluppo prodotto*, 2a ed. Milano: McGraw-Hill, 2012.
- [14] R. G. Cooper, 'Winning at new products. The keys to success', presented at the First International Forum on Technology Management, 1990, pp. 212–224.
- [15] R. G. Cooper, 'Perspective: The Stage-Gate® Idea-to-Launch Process—Update, What's New, and NexGen Systems*', *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 25, no. 3, pp. 213–232, 2008, doi: 10.1111/j.1540-5885.2008.00296.x.
- [16] M. Pero, N. Abdelkafi, A. Sianesi, and T. Blecker, 'A framework for the alignment of new product development and supply chains', *Supply Chain Manag. Int. J.*, vol. 15, no. 2, pp. 115–128, Jan. 2010, doi: 10.1108/13598541011028723.
- [17] F. Caniato and A. Größler, 'The moderating effect of product complexity on new product development and supply chain management integration', *Prod. Plan. Control*, vol. 26, no. 16, pp. 1306–1317, Dec. 2015, doi: 10.1080/09537287.2015.1027318.
- [18] R. van Hoek and P. Chapman, 'From tinkering around the edge to enhancing revenue growth: supply chain-new product development', *Supply Chain Manag. Int. J.*, vol. 11, no. 5, pp. 385–389, Jan. 2006, doi: 10.1108/13598540610682390.
- [19] M. Rungtusanatham and C. Forza, 'Coordinating product design, process design, and supply chain design decisions: Part A: Topic motivation, performance implications, and article review process', *J. Oper. Manag.*, vol. 23, no. 3, pp. 257–265, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.jom.2004.10.013.
- [20] S. K. Fixson, 'Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions', *J. Oper. Manag.*, vol. 23, no. 3, pp. 345–369, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.jom.2004.08.006.
- [21] C. H. Fine, 'Clockspeed-Based Strategies for Supply Chain Design1', *Prod. Oper. Manag.*, vol. 9, no. 3, pp. 213–221, 2000, doi: 10.1111/j.1937-5956.2000.tb00134.x.

- [22] L. M. Ellram, W. L. Tate, and C. R. Carter, 'Product-process-supply chain: an integrative approach to three-dimensional concurrent engineering', *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 37, no. 4, pp. 305–330, Jan. 2007, doi: 10.1108/09600030710752523.
- [23] R. van Hoek and P. Chapman, 'How to move supply chain beyond cleaning up after new product development', *Supply Chain Manag. Int. J.*, vol. 12, no. 4, pp. 239–244, Jan. 2007, doi: 10.1108/13598540710759745.
- [24] O. Khan and A. Creazza, 'Managing the product design-supply chain interface: Towards a roadmap to the “design centric business”', *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 39, no. 4, pp. 301–319, Jan. 2009, doi: 10.1108/09600030910962258.
- [25] H. Sharifi, H. S. Ismail, and I. Reid, 'Achieving agility in supply chain through simultaneous “design of” and “design for” supply chain', *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 17, no. 8, pp. 1078–1098, Jan. 2006, doi: 10.1108/17410380610707393.
- [26] H. L. LEE and M. M. SASSER, 'Product universality and design for supply chain management', *Prod. Plan. Control*, May 1995, doi: 10.1080/09537289508930279.
- [27] D. Simchi-Levi, P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi, *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies*, 2nd ed. in The McGraw-Hill/Irwin series in operations and decision sciences. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2003.
- [28] K. J. Petersen, R. B. Handfield, and G. L. Ragatz, 'Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design', *J. Oper. Manag.*, vol. 23, no. 3, pp. 371–388, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.jom.2004.07.009.
- [29] J. Pine, 'Making Mass Customization Work', *Harv Bus Rev*, vol. 71, no. 5, pp. 108–119, 1993.
- [30] Y. Yin, I. Kaku, and C. Liu, 'Product architecture, product development process, system integrator and product global performance', *Prod. Plan. Control*, vol. 25, no. 3, pp. 203–219, Feb. 2014, doi: 10.1080/09537287.2012.660208.
- [31] S. Novak and S. D. Eppinger, 'Sourcing By Design: Product Complexity and the Supply Chain', *Manag. Sci.*, vol. 47, no. 1, pp. 189–204, Jan. 2001, doi: 10.1287/mnsc.47.1.189.10662.
- [32] F. Salvador, C. Forza, and M. Rungtusanatham, 'Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions', *J. Oper. Manag.*, vol. 20, no. 5, pp. 549–575, Sep. 2002, doi: 10.1016/S0272-6963(02)00027-X.

- [33] R. Lamming, T. Johnsen, J. Zheng, and C. Harland, ‘An initial classification of supply networks’, *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 20, no. 6, pp. 675–691, Jan. 2000, doi: 10.1108/01443570010321667.
- [34] H. A. Simon, ‘Theories of Decision-Making in Economics and Behavioural Science’, in *Surveys of Economic Theory: Resource Allocation*, London: Palgrave Macmillan UK, 1966, pp. 1–28. doi: 10.1007/978-1-349-00210-8_1.
- [35] R. W. Saaty, ‘The analytic hierarchy process—what it is and how it is used’, *Math. Model.*, Jan. 1987, doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.
- [36] D. Falcone, F. D. Felice, and T. L. Saaty, *Il decision marketing e i sistemi decisionali multicriterio. Le metodologie AHP e ANP*. HOEPLI EDITORE, 2009.
- [37] A. Latora, N. Trapani, and G. Nicosia, ‘Una Metodologia di Multi Criteria Decision Making a supporto dei processi di Public Management’, *Riv. Ital. Public Manag.*, vol. 1, Jul. 2018, doi: 10.59724/RIPM.2018.2.3.
- [38] T. L. Saaty, *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications.
- [39] E. Triantaphyllou and A. Sánchez, ‘A Sensitivity Analysis Approach for Some Deterministic Multi-Criteria Decision-Making Methods*’, *Decis. Sci.*, vol. 28, pp. 151–194, Jan. 1997, doi: 10.1111/j.1540-5915.1997.tb01306.x.
- [40] R. P. Almeida, N. F. Ayala, G. B. Benitez, F. J. Kliemann Neto, and A. G. Frank, ‘How to assess investments in industry 4.0 technologies? A multiple-criteria framework for economic, financial, and sociotechnical factors’, *Prod. Plan. Control*, vol. 34, no. 16, pp. 1583–1602, Dec. 2023, doi: 10.1080/09537287.2022.2035445.
- [41] A. G. Frank, D. V. S. de Souza, J. L. D. Ribeiro, and M. E. Echeveste, ‘A framework for decision-making in investment alternatives selection’, *Int. J. Prod. Res.*, vol. 51, no. 19, pp. 5866–5883, Oct. 2013, doi: 10.1080/00207543.2013.802393.
- [42] R. P. Rangan, R. Kumanan, K. R. Prasad, and M. Nishal, ‘Performance Metrics in Digital Supply Chain Paradigm’, in *Industry 4.0 Technologies: Sustainable Manufacturing Supply Chains: Volume 1—Theory, Challenges, and Opportunity*, K. E. K. Vimal, S. Rajak, V. Kumar, R. S. Mor, and A. Assayed, Eds., in *Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes.*, Singapore: Springer Nature, 2024, pp. 159–173. doi: 10.1007/978-981-99-4819-2_11.
- [43] L. Maretto, M. Faccio, and D. Battini, ‘A Multi-Criteria Decision-Making Model Based on Fuzzy Logic and AHP for the Selection of Digital Technologies’, presented at the IFAC-PapersOnLine, 2022, pp. 319–324. doi: 10.1016/j.ifacol.2022.04.213.

- [44] P. Samaranayake, T. Laosirihongthong, D. Adebajo, and S. Boon-itt, 'Prioritising enabling factors of Internet of things (IoT) adoption in digital supply chain', *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 72, no. 10, pp. 3095–3118, 2023, doi: 10.1108/IJPPM-12-2021-0698.
- [45] S. M. Saad, D. Ubeywana, and H. Zhang, 'Key Factors Influence the Reconfiguration of Supply Chain Design: A Review Paper', presented at the *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 2023, pp. 132–137. doi: 10.3233/ATDE230913.
- [46] G. Singh and M. Rizwanullah, 'A SUSTAINABLE SUPPLIER SELECTION IN GREEN SUPPLY CHAIN FRAMEWORK USING FUZZY TOPSIS METHOD', *Glob. Stoch. Anal.*, vol. 11, no. 1, pp. 15–25, 2024.
- [47] S. Thanki and J. Thakkar, 'A quantitative framework for lean and green assessment of supply chain performance', *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 67, no. 2, pp. 366–400, 2018, doi: 10.1108/IJPPM-09-2016-0215.
- [48] H. M. Wang Chen, S.-Y. Chou, Q. D. Luu, and T. H.-K. Yu, 'A Fuzzy MCDM Approach for Green Supplier Selection from the Economic and Environmental Aspects', *Math. Probl. Eng.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/8097386.
- [49] A. Patidar, M. Sharma, R. Agrawal, and K. S. Sangwan, 'Supply chain resilience and its key performance indicators: an evaluation under Industry 4.0 and sustainability perspective', *Manag. Environ. Qual. Int. J.*, vol. 34, no. 4, pp. 962–980, Jan. 2022, doi: 10.1108/MEQ-03-2022-0091.
- [50] I. Vinogradova-Zinkevič, 'Comparative Sensitivity Analysis of Some Fuzzy AHP Methods', *Mathematics*, vol. 11, no. 24, 2023, doi: 10.3390/math11244984.
- [51] T. L. Saaty, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With the Analytic Hierarchy Process*. RWS Publications, 2001.
- [52] C.-W. Chang, C.-R. Wu, C.-T. Lin, and H.-C. Chen, 'An application of AHP and sensitivity analysis for selecting the best slicing machine', *Comput. Ind. Eng.*, vol. 52, no. 2, pp. 296–307, Mar. 2007, doi: 10.1016/j.cie.2006.11.006.
- [53] K. D. Goepel, 'Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making in Corporate Enterprises – a New AHP Excel Template with Multiple Inputs', presented at the *The International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Jun. 2013. doi: 10.13033/isahp.y2013.047.
- [54] T. M. Mekonnen, A. B. Mitiku, and A. T. Woldemichael, 'Flood Hazard Zoning of Upper Awash River Basin, Ethiopia, Using the Analytical Hierarchy Process (AHP) as

Compared to Sensitivity Analysis’, *Sci. World J.*, vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/1675634.

[55] D. Maletič, M. Maletič, V. Lovrenčić, B. Al-Najjar, and B. Gomišček, ‘An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Sensitivity Analysis for Maintenance Policy Selection’, *Organizacija*, vol. 47, no. 3, pp. 177–188, Aug. 2014.

[56] O. Bayazit, ‘Use of AHP in decision-making for flexible manufacturing systems’, *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 16, no. 7, pp. 808–819, Jan. 2005, doi: 10.1108/17410380510626204.

[57] D. S. Pamučar, D. Božanić, and A. Ranđelović, ‘Multi-criteria decision making: An example of sensitivity analysis’, *Serbian J. Manag.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–27, 2017, doi: 10.5937/sjm12-9464.

[58] O.-Y. Yu, S. D. Guikema, J.-L. Briaud, and D. Burnett, ‘Sensitivity analysis for multi-attribute system selection problems in onshore Environmentally Friendly Drilling (EFD)’, *Syst. Eng.*, vol. 15, no. 2, pp. 153–171, 2012, doi: 10.1002/sys.20200.

[59] F. H. Kurniawan, B. Surarso, and J. E. Suseno, ‘Supplier selection in rank order using fuzzy ahp and fuzzy molp with sensitivity analysis’, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1524, no. 1, p. 012094, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1524/1/012094.

Ringraziamenti

Prima di concludere, desidero dedicare un momento per esprimere la mia sincera gratitudine a coloro che hanno reso possibile il completamento di questo lavoro; ripensando al momento in cui ho iniziato il mio percorso di studi riconosco che ho ricevuto molto sia in termini di conoscenza che di umanità e mi sembra giusto onorare qui di seguito tutti voi con un sentito ringraziamento:

al Prof. Faccio, per avermi dato fiducia ed avermi accompagnato in questa fase importante del mio percorso accademico;

all'Ing. Maretto, per il supporto e gli indispensabili consigli per la corretta realizzazione di questo progetto;

al mio collega Ing. Roberto per gli insegnamenti ricevuti, per la simpatia e per aver reso di gran lunga migliori le giornate lavorative;

alla mia cara Beatrice, per aver sempre creduto in me anche quando io non ci riuscivo, per aver sempre capito le mie emozioni e per esserti molto spesso fatta carico delle mie sofferenze, a te va il mio amore e riconoscenza;

alla mia famiglia per il vostro costante sostegno durante il mio percorso accademico e per essere sempre pronti ad aiutarmi, grazie di cuore;

a Diego, un amico speciale per cui nutro un profondo affetto, per tutto ciò che abbiamo affrontato assieme e per il tuo supporto, senza di te non sarei arrivato sin qui.

a Lucia e Marco per avermi sempre accolto con gentilezza e fornito un posto tranquillo e sereno dove poter studiare;

ai miei amici di sempre con cui ho condiviso moltissime esperienze, senza il vostro contributo non sarei sicuramente la persona che sono oggi.

Veramente grazie a tutti voi.

