



**POLITECNICO DI MILANO**

Facoltà di Ingegneria Edile – Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi

## Sviluppo di un Metodo di Controllo dei Progetti Infrastrutturali

Tecniche e Metodologie di Controllo della Progettazione e dei Rischi di  
Commessa

Relatore: Prof. Dott. Bruno Daniotti

Co-Relatori: Prof. Ing. Fulvio Re Cecconi

Dott. Roberto Galbusera (Saipem S.p.A.)

Dott. Ing. Riccardo Taglioli (Saipem S.p.A.)

Tesi di Laurea di :  
Michela ZAMBONI matr. 750454

Anno Accademico 2011-2012



*Chi la dura, la vince.*

*(P. Z.)*





## I.- INDICE

---

<b>I.- INDICE</b> .....	<b>I</b>
<b>II.- ABSTRACT (Italiano)</b> .....	<b>V</b>
<b>III.- ABSTRACT (English)</b> .....	<b>VII</b>
<b>IV.- INTRODUZIONE</b> .....	<b>IX</b>
<b>1.- PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DI PROGETTO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1.- Perché il Controllo di Progetto</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.- Il Progetto</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3.- Il Project Management</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4.- L'Organizzazione del Progetto</b> .....	<b>20</b>
<b>1.5.- La Pianificazione del Progetto</b> .....	<b>25</b>
1.5.1.- Definizione e Scopo .....	25
1.5.2.- Il Flusso di Pianificazione del Progetto .....	27
1.5.3.- La WBS di Progetto .....	30
1.5.4.- La determinazione delle Risorse .....	33
1.5.5.- La stima delle Durate .....	35
1.5.6.- I reticoli logici delle attività .....	37
<b>1.6.- La Programmazione del Progetto</b> .....	<b>38</b>
1.6.1.- Definizione e Scopo .....	38
1.6.2.- I differenti livelli di Programmazione .....	40
1.6.3.- Le fasi della Programmazione .....	42
1.6.4.- Le tecniche di Programmazione .....	43
<b>1.7.- Il Controllo del Progetto</b> .....	<b>47</b>
1.7.1.- Definizione e Scopo .....	47
1.7.2.- Il metodo dell'Earned Value .....	48
1.7.3.- Il metodo Plan Do Check Act .....	50
1.7.4.- Accenni di metodi di controllo avanzati .....	54
<b>1.8.- Il Controllo dei Rischi</b> .....	<b>55</b>
1.8.1.- Terminologia .....	55
1.8.2.- Modelli di Gestione del Rischio .....	56
1.8.3.- Identificazione dei Rischi .....	65
1.8.4.- Analisi dei Rischi .....	72
1.8.4.1.- Metodi di analisi qualitativa .....	72
1.8.4.1.- Metodi di analisi quantitativa .....	83
1.8.5.- Pianificazione dei Rischi .....	89
1.8.6.- Controllo dei Rischi .....	91



<b>2.- ANALISI DI UN MODELLO DI CONTROLLO DEL PROGETTO .....</b>	<b>97</b>
<b>2.1.- Saipem &amp; Business Unit.....</b>	<b>97</b>
<b>2.2.- Engineering &amp; Construction .....</b>	<b>97</b>
2.2.1.- Scopo Work Oil & Gas .....	98
2.2.2.- Scopo Work Infrastrutture .....	99
<b>2.3.- Analisi dello Standard di Controllo dei Progetti Oil &amp; Gas .....</b>	<b>101</b>
2.3.1.- Il Progetto .....	101
2.3.1.1.- L'Organizzazione di Progetto.....	101
2.3.1.2.- L'Organizzazione di Controllo di Progetto.....	104
2.3.2.- La Pianificazione del Progetto.....	107
2.3.2.1.- Definizioni .....	107
2.3.2.2.- La WBS del Progetto .....	108
2.3.2.3.- Home Office .....	114
2.3.2.4.- Material.....	123
2.3.2.5.- Construction e Pre-Commissioning .....	124
2.3.2.6.- Commissioning e Testing.....	127
2.3.3.- La Programmazione del Progetto .....	128
2.3.3.1.- I differenti Livelli di Programmazione .....	128
2.3.3.2.- La Programmazione delle Fasi .....	129
2.3.4.- Il Controllo.....	130
2.3.4.1.- Home Office .....	133
2.3.4.2.- Material.....	139
2.3.4.3.- Construction e Pre-Commissioning .....	142
2.3.4.4.- Commissioning e Testing.....	147
2.3.4.5.- Document Control.....	147
2.3.4.6.- Il Report.....	149
2.3.5.- Project Risk & Opportunity Management .....	151
2.3.5.1.- Scopo.....	151
2.3.5.2.- Definizioni .....	151
2.3.5.3.- L'Organizzazione del Risk Management.....	152
2.3.5.4.- Flow Chart Operativo .....	155
2.3.5.5.- Approccio e Metodo .....	157
<b>3 - CRITICITA' NELLA GESTIONE DEI PROGETTI INFRASTRUTTURALI .....</b>	<b>185</b>
<b>3.1.- Analisi delle Procedure di Controllo Esistenti nelle Infrastrutture.....</b>	<b>185</b>
3.1.1.- Scopo.....	185
3.1.2.- L'Organizzazione di Progetto .....	185
3.1.3.- La Pianificazione del Progetto.....	193
3.1.3.1.- La WBS.....	193
3.1.3.2.- Ingegneria.....	203
3.1.3.3.- Costruzione.....	203
3.1.3.4.- Approvvigionamenti.....	204
3.1.4.- La Programmazione del Progetto .....	205



3.1.4.1.- Ingegneria.....	205
3.1.4.2.- Costruzione.....	205
3.1.4.3.- Approvvigionamenti.....	211
3.1.5.- Il Controllo del Progetto .....	212
3.1.5.1.- Ingegneria.....	212
3.1.5.2.- Costruzione.....	214
3.1.5.3.- Approvvigionamenti.....	220
<b>3.2.- Analisi delle Specificità del Business dei Progetti Infrastrutturali e Compatibilità con il Modello Saipem .....</b>	<b>223</b>
<b>3.3.- Identificazione delle Carenze Documentali, Procedure e Istruzioni di Lavoro nello Standard Infrastrutture.....</b>	<b>225</b>
<b>4.- SVILUPPO E APPLICAZIONE DI UN METODO DI CONTROLLO DEI PROGETTI INFRASTRUTTURALI.....</b>	<b>229</b>
<b>4.1.- Lo Scopo .....</b>	<b>229</b>
<b>4.2.- La Pianificazione del Progetto.....</b>	<b>231</b>
4.2.1.- Scopo.....	231
4.2.2.- Individuazione del Processo.....	231
4.2.3.- Individuazione delle attività – la WBS.....	233
<b>4.3.- La Programmazione del Progetto.....</b>	<b>238</b>
4.3.1.- Scopo.....	238
4.3.2.- Banca Dati delle attività della Fase di Ingegneria .....	238
4.3.3.- Applicazione del Metodo .....	288
<b>4.4.- Il Controllo .....</b>	<b>310</b>
4.4.1.- Scopo.....	310
4.4.1.- Metodo .....	310
4.4.2.- Individuazione della struttura gerarchica .....	311
4.4.3.- Confronto a coppie e calcolo dei criteri di pesatura .....	312
4.4.4.- Calcolo dei pesi.....	314
4.4.4.- Misurazione della consistenza .....	315
4.4.5.- Applicazione del Metodo .....	316
4.4.6.- Conclusioni.....	347
<b>4.5.- Il Controllo dei Rischi di Commessa .....</b>	<b>351</b>
4.5.1.- Scopo.....	351
4.5.2.- Metodo .....	351
4.5.3.- Identificazione di un linguaggio comune.....	352
4.5.4.- Classificazione e Identificazione dei Rischi .....	354
4.5.5.- Valutazione Qualitativa dei Rischi.....	356
4.5.6.- Risultati dell'Analisi Qualitativa .....	372
4.5.7.- Valutazione Quantitativa del Rischio .....	377
4.5.8.- Analisi di Scenario.....	395



4.5.9.- Conclusioni.....	408
<b>5.- CONCLUSIONI.....</b>	<b>415</b>
<b>V.- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>421</b>
Capitolo 1.....	421
Capitolo 2.....	425
Capitolo 3.....	426
Capitolo 4.....	427
<b>VI.- INDICE delle Figure.....</b>	<b>429</b>
<b>VII.- RINGRAZIAMENTI.....</b>	<b>437</b>
<b>VIII.- ALLEGATI .....</b>	<b>441</b>
<b>VIII.a.- Programma lavori delle attività della Fase di Ingegneria [formato A1] ..</b>	<b>441</b>
<b>VIII.b.- Diagramma reticolare (PERT) delle attività della Fase di Ingegneria [formato A0].....</b>	<b>441</b>
<b>VIII.c.- Controllo: Elenco delle attività della Fase di Ingegneria, assegnazione dei pesi mensili in relazione alle ore previste per ogni attività sul reticolo di programmazione [formato A3] .....</b>	<b>441</b>





## II.- ABSTRACT (Italiano)

---

Scopo della presente tesi è quello di proporre **metodi e strumenti di gestione della fase decisionale** di progetti infrastrutturali, con particolare riferimento ai progetti ferroviari oggetto del caso di studio.

Tali metodi sono stati sviluppati partendo dallo **studio delle tecniche e delle metodologie di pianificazione, programmazione e controllo di progetto internazionali** e dalle procedure specifiche dei progetti **Oil & Gas di Saipem**, la cui conoscenza è maturata grazie ad uno **stage** della durata di 4 mesi presso l'Azienda **Saipem S.p.A.**

L'analisi delle procedure interne Saipem di gestione dei Progetti Infrastrutturali e il confronto con lo Standard Oil & Gas hanno evidenziato l'**esigenza di sviluppare metodi di pianificazione, programmazione e controllo dei progetti infrastrutturali.**

Si propongono **tre metodi** per controllare la fase decisionale di progetto, chiamata in Saipem "fase di Ingegneria". Il primo prevede la **Pianificazione, la Programmazione e il Controllo delle attività di Ingegneria.** Il secondo permette di **valutare qualitativamente la rischiosità** della Commessa. Il terzo invece è un metodo su **base statistica** per la **misura dei rischi.** Tali metodi vengono applicati al caso reale della **Tratta ferroviaria Milano-Bologna.**

Data la complessità e le dimensioni di tali Progetti, i metodi proposti non comprendono tutte le Fasi del Progetto, ma **approfondiscono la Fase di Ingegneria;** essi rappresentano **un punto di partenza** dal quale Saipem S.p.A. potrà partire per migliorare e sviluppare i metodi ai fini di una loro applicazione ai progetti futuri.

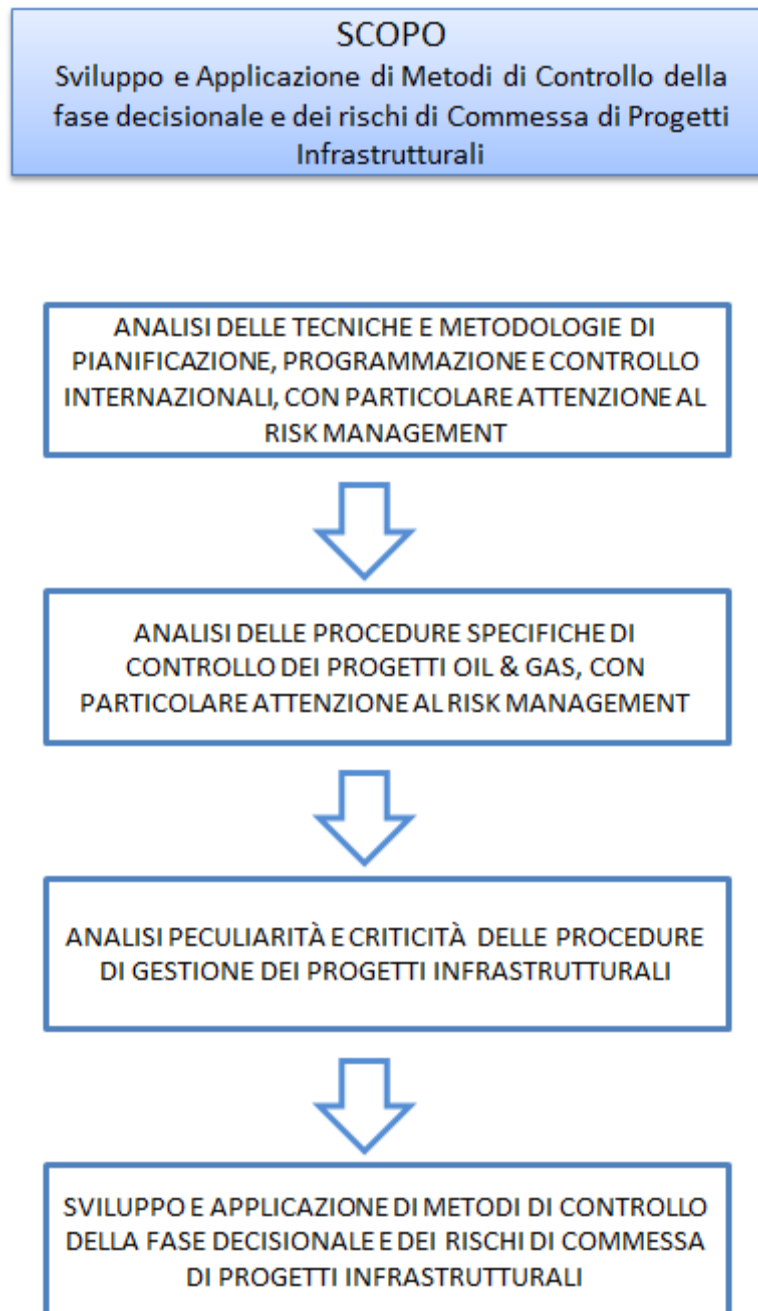


Figura 1 – Struttura di Sviluppo della Tesi



### III.- ABSTRACT (English)

---

The goal of this thesis is to propose **methods and tools for the management of the decision making phase** of the Infrastructure Projects, in particular of the rail projects that are the case study.

These methods have been developed from the study of **international techniques and methodologies for planning, scheduling and project control** and from the specific procedures of the **Oil & Gas projects** of Saipem, whose knowledge is gained through an **internship** of 4 months at the Company **Saipem S.p.A.**

The analysis of the internal procedures Saipem for the management of the Infrastructure Projects and the comparison with the Standard Oil & Gas have highlighted **the need to develop a method for planning, scheduling and control of the infrastructural projects.**

**Three methods** are proposed to control the decision making phase of project, called in Saipem "Engineering Phase". The first provides for the **Planning, Scheduling and Control of the engineering activities**. The second allows to **evaluate qualitatively the riskiness** of the projects. The third one is a method on a **statistical basis** for the **measurement of the risks of the projects**. These methods are applied to the real case of the **railway Milano-Bologna**.

Because of the complexity and size of these Projects, the proposed Methods are **not exhaustive** of all Phase of the Project, but **focus on the engineering phase**; they represent a **starting point** from which Saipem S.p.A. will move towards improvements and an extension for its application to future projects.

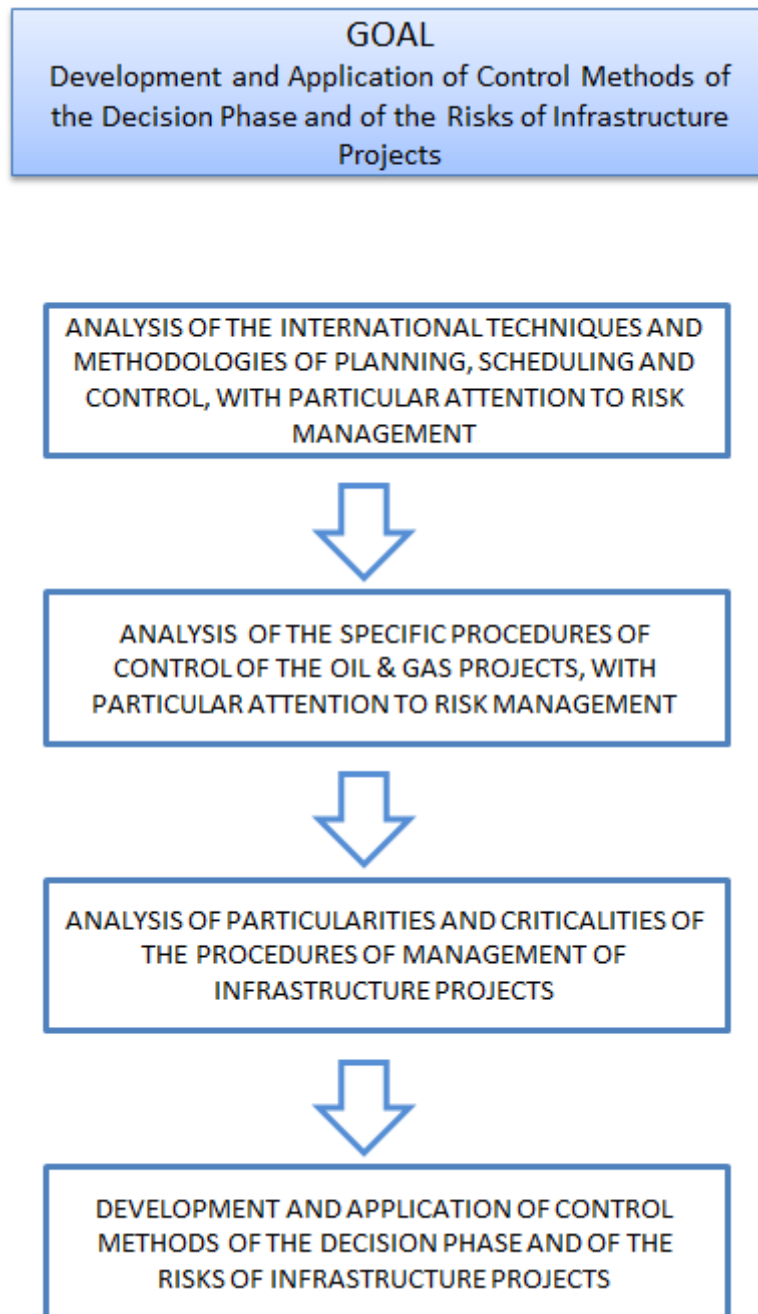


Figura 2 – Development Structure of the Thesis



## IV.- INTRODUZIONE

---

### OBIETTIVO

L'obiettivo del presente lavoro è quello di proporre **metodi e strumenti di gestione della fase decisionale** di progetti infrastrutturali, con particolare riferimento ai progetti ferroviari oggetto del caso di studio.

### CAMPO D'INDAGINE

La presente Tesi nasce e si sviluppa in parallelo a uno **stage** svolto **presso Saipem S.p.A.** e l'obiettivo del lavoro si colloca in un contesto più ampio, ovvero la volontà di Saipem S.p.A. di creare un metodo di gestione delle fasi di progettazione e costruzione di infrastrutture, che significa non solo ferrovie e viabilità ma anche edifici per il terziario. Dato il forte **interesse di Saipem per i progetti infrastrutturali ferroviari**, il caso di studio è stato sviluppato in questo ambito.

La complessità di processo che porta alla realizzazione di un'infrastruttura ferroviaria, così come molte opere edili, è tale da richiedere una scomposizione in fasi per poter essere gestito. Nello specifico in Saipem il processo è suddiviso in: Ingegneria, Approvvigionamento, Costruzione e Collaudo.

Il ridotto tempo a disposizione, sia per lo stage sia per la Tesi, e la volontà di proporre un lavoro esaustivo ha consigliato la riduzione dell'**analisi a una sola fase del processo**, quella **decisionale**, chiamata in Saipem "fase di ingegneria", durante la quale vengono fatte le principali scelte, lasciando a futuri sviluppi il completamento del modello stesso.

### COME NASCONO I METODI

L'analisi delle procedure interne Saipem di gestione dei Progetti Infrastrutturali e il confronto con lo Standard Oil & Gas hanno evidenziato l'**esigenza di sviluppare metodi di pianificazione, programmazione e controllo dei progetti infrastrutturali**.

Tali metodi sono stati sviluppati partendo dallo **studio delle tecniche e delle metodologie di pianificazione, programmazione e controllo di progetto internazionali** e dalle procedure specifiche dei progetti **Oil & Gas di Saipem**, consolidate da anni di esperienza nel settore.



## I METODI

Il primo metodo proposto, quello di controllo, prevede tre parti: Pianificazione, Programmazione e Controllo della fase di Ingegneria.

Nella fase di **pianificazione** si individua la **WBS** (Work Breakdown Structure) **di progetto**, strutturata su tre livelli. Per ogni attività viene associata:

- la relativa codifica;
- una descrizione;
- la classe merceologica, utilizzata nelle successive fasi dell'attività di gestione del progetto non prese in considerazione nel presente lavoro;
- predecessori e successori;
- documentazione da produrre.

È stata dunque creata una **Banca Dati delle attività della fase di Ingegneria, principale contributo di questo lavoro di tesi**. Il metodo di **programmazione** sviluppato, sulla base delle attività individuate nella fase di pianificazione, è basato su un **reticolo** che rappresenta il tipico flusso di lavoro che lega tra loro tutte le attività della fase di Ingegneria, nel quale le durate sono specifiche di ogni progetto ferroviario. In questa fase si sono individuati i **prodotti di ciascuna attività** e per ciascuno è stata misurata, relativamente agli altri della stessa fase, la **quantità di lavoro** necessaria basandosi sull'esperienza di Saipem in progetti simili. Questa informazione, oltre ad essere utilizzabile nella fase di programmazione di uno specifico progetto per l'individuazione della durata di ogni attività, è stata utilizzata nella successiva fase di controllo.

Il metodo di **controllo** dell'avanzamento delle attività della fase di ingegneria è stato sviluppato tramite delle tecniche matematiche molto comuni nelle analisi **AHP (Analytic Hierarchy Process)** che hanno permesso di individuare in modo univoco i **pesi percentuali dei documenti delle fasi** individuate. Su questi è basato il controllo dell'avanzamento del flusso di lavoro.

Infine, si propongono **due metodi**, uno **qualitativo** e l'altro su **base statistica, per la misura dei rischi di Commessa**. Tale misura viene valutata in maniera quantitativa con la tecnica dell'**Expected Monetary Value (EMV)**.



## APPLICAZIONE

I metodi di Pianificazione, Programmazione e Controllo e quello per la misura dei rischi di Commessa sono stati applicati alla **Tratta ferroviaria di Alta Capacità Milano-Bologna**, grazie all'utilizzo dei dati storici dell'Azienda Saipem.

## CONCLUSIONI

Gli **obiettivi raggiunti** di questo lavoro di tesi sono stati sviluppare metodi di pianificazione, programmazione e controllo delle attività della Fase di Ingegneria e proporre metodi di valutazione dei rischi di Commessa, sia qualitativi sia quantitativi. L'efficacia di questi metodi è stata verificata su un Progetto reale, del quale erano presenti i dati storici.

Lo sviluppo di un metodo di gestione dei progetti infrastrutturali, in sinergia con Saipem S.p.A., ha presentato grandi difficoltà poiché si tratta di una **prima sperimentazione**. Il modello potrà, ovviamente, essere **affinato grazie alla sua applicazione a progetti futuri** ma rappresenta un **ulteriore passo**, anche per Saipem **nell'ambito Infrastrutture**, all'interno del complesso mondo della gestione dei processi di costruzione.

L'esperienza maturata durante la stesura della presente Tesi porta a suggerire **future collaborazioni** che possano portare a completamento il lavoro iniziato andando a sviluppare i metodi di controllo anche per le altre fasi di progetto.



POLITECNICO di MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile/Architettura  
Corso di Studi in Ingegneria dei Sistemi Edilizi  
A.A. 2011-2012





## CAPITOLO 1 – PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DI PROGETTO



POLITECNICO di MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile/Architettura  
Corso di Studi in Ingegneria dei Sistemi Edilizi  
A.A. 2011-2012



## 1.- PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DI PROGETTO

### 1.1.- Perché il Controllo di Progetto

---

Per capire l'esigenza del Controllo di Progetto è necessario definire cosa si intende per qualità. **Qualità<sup>1</sup>** di un'opera è il grado di soddisfacimento nel tempo del sistema delle esigenze che sono risultate dall'analisi e dalla trasposizione tecnica dei bisogni della Committenza.

Il **Controllo di Progetto** ha la stessa funzione di quello che un qualunque soggetto che riceve una fornitura di un prodotto o di un servizio effettua per garantirsi la qualità del prodotto o del servizio e la sua rispondenza alle proprie esigenze.

Per le opere pubbliche, la Committenza non ha la capacità o le risorse per controllare i contenuti progettuali e riconoscerne le difformità dalle proprie esigenze: anche se l'avesse, la **verifica del Progetto** non potrebbe prescindere dalla rispondenza alle normative vigenti e a quelle che prevedibilmente entreranno in vigore, dalla coerenza con lo stato dei luoghi e con i vincoli presenti sul sito, dall'effettiva possibilità di formulare attendibilmente un prezzo per l'esecuzione dei lavori, dalla correttezza delle soluzioni proposte, dal rapporto tra efficacia e efficienza nella formulazione delle soluzioni tecnologiche e ambientali. Tutto questo supera la portata delle normali conoscenze della Committenza ed è affidato alla fiducia che la Committenza ripone nel Contrattista.

Alla base del processo di qualificazione del processo vi sono controlli che ciascun operatore esegue su ciascun prodotto o servizio ricevuto allo scopo di verificare se esso corrisponde alle prescrizioni stabilite all'interno dei contratti che legano tra di loro i diversi operatori del processo. Tra questi appaiono strategici i controlli svolti dal promotore della Commessa sul Progetto, perché tesi ad assicurare coerenza ed efficienza nelle fasi successive<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> UNI 10722-1, *Qualificazione e verifica del progetto edilizio di nuove costruzioni – Principi, criteri generali e terminologia*, Ottobre 2007 [43]

<sup>2</sup> Cit. op. A. Gottfried, G.M. Di Giuda, *Ergotecnica edile*, Esculapio Editore, Bologna 2011 [1]

## 1.2.- Il Progetto

---

Prima di analizzare le tecniche e metodologie di Pianificazione e Controllo, è fondamentale definire chiaramente cosa si intende per **Progetto**. Si riportano diverse interpretazioni di studiosi delle tecniche di Project Management.

**Bernardo Nicoletti** (1994)<sup>3</sup> nel Libro *Management per l'Edilizia* definisce il **Progetto** “un'intrapresa complessa, singola (cioè non di serie), limitata nel tempo, indirizzata al raggiungimento di un obiettivo, che richiede l'impegno programmato e coordinato di varie capacità e risorse: denaro, uomini, mezzi, materiali e tempo. Precisa inoltre che, associato al concetto di Progetto, esiste sia il Prodotto, cioè il risultato del Progetto stesso, che il Processo generale che lo determina. Quindi per Progetto si può intendere sia ciò che è stato progettato che il suo conseguimento. I Progetti sono sforzi complessi caratterizzati da un obiettivo che deve essere raggiunto entro un certo tempo ed entro un dato budget.

Gli autori **R. Amato e R. Chiappi** (2001)<sup>4</sup>, nel libro *Tecniche di Project Management*, intendono con il termine Progetto non la sola attività di progettazione, ma tutte quelle attività che nel loro insieme costituiscono la realizzazione dell'opera stessa. Attività che vanno dalla sua concezione originaria allo studio di fattibilità tecnico-economico, alla progettazione, sino alla costruzione vera e propria, per giungere, in alcuni casi, anche alla messa in funzione (chiavi in mano) e persino alla gestione dell'opera (prodotto in mano).

Il **Project Management Institute**<sup>5</sup> definisce il **Progetto** come “uno sforzo temporaneo per creare un prodotto o servizio unico”. Temporaneo significa che un Progetto ha un inizio e una fine definita. Unico definisce il prodotto o servizio differente da altri prodotti o servizi.

---

<sup>3</sup> Bernardo Nicoletti, *Management per l'Edilizia: Qualità della Progettazione, Sistemi Qualità, Gestione del Cantiere, Gestione dei Costi, Marketing e Mercato, Manutenzione*, Dei Editore, 1994 [10]

<sup>4</sup> Rocco Amato, Roberto Chiappi, *Tecniche di Project Management. Pianificazione e Controllo dei Progetti*, Franco Angeli Editore, Milano 2001 [13]

<sup>5</sup> [www.pmi.org](http://www.pmi.org) Organizzazione internazionale che si occupa di dare un supporto alla Gestione dei Progetti attraverso lo sviluppo di standard, di programmi di ricerca e di opportunità di sviluppo professionale. [54]



Le Aziende svolgono del lavoro per raggiungere una serie di obiettivi; il Lavoro può di solito essere classificato sia come progetti (unico) o come operazioni (ripetibili), sebbene le due talvolta si sovrappongono<sup>6</sup>.

**Operazioni e Progetti** condividono le seguenti caratteristiche:

- Sono eseguite da persone;
- Sono vincolate da risorse limitate;
- Sono pianificate, eseguite e controllate.

Ma fondamentalmente sono tra di loro molto diversi:

- Le operazioni raggiungono l'obiettivo e poi adottando una nuova serie di obiettivi;
- I Progetti raggiungono l'obiettivo e poi finiscono.

Le **caratteristiche del Progetto** sono:

- Il procedere per fasi, continuando costantemente per miglioramenti;
- Elaborato con cura e dettaglio; sviluppato a fondo;
- Definizione dettagliata nelle prime fasi del Progetto;
- Reso più esplicito e dettagliato quando il Team di Progetto sviluppa una migliore e più completa comprensione del prodotto;
- Deve essere coordinato secondo la definizione dello scopo del Progetto;
- Definito lo scopo del Progetto deve rimanere costante;
- Le caratteristiche del prodotto sono elaborate progressivamente.

### 1.3.- Il Project Management

---

Per approfondire il concetto di Project Management si presentano alcune definizioni date da studiosi ed Enti che si occupano di metodi e strumenti di Gestione del Progetto.

Il **Project Management** può essere definito come<sup>7</sup> "la Gestione sistematica di un'impresa complessa, unica e di durata limitata, rivolta al raggiungimento di un obiettivo predefinito

---

<sup>6</sup> Questa distinzione è stata estrapolata dalle Slide "Project Control in Saipem" del Seminario presso l'Auditorium della Casa dello Studente del Politecnico di Milano tenuto dall'ing. Prestigiaco del'Area Project Control di Saipem, Milano 31 Maggio 2011 [41]

mediante un processo continuo di pianificazione e controllo di risorse differenziate e limitate, con vincoli interdipendenti di tempo, costo e qualità”.

Il **Project Management Institute** definisce il **Project Management** come “l’applicazione di metodologie e tecniche organizzative e gestionali per ottenere il controllo di tutto ciò che concorre al completamento del Progetto durante tutte le fasi della sua elaborazione, ossia durante l’intero processo di realizzazione, dall’ideazione alla costruzione, sotto gli aspetti di tempi, costi, qualità e ottimizzazione delle risorse”. Il Project Management è a servizio del business e si realizza attraverso l’applicazione e l’integrazione dei processi di avvio, pianificazione, esecuzione, monitoraggio e controllo, e la chiusura del Progetto.

#### Perché il Project Management?

- I cambiamenti sono veloci e le soluzioni ai problemi sono necessarie in tempi ristretti
- L’approccio del Project Management riduce il rischio identificando le richieste ponendo l’attenzione sul PERCHÉ, stabilendo obiettivi chiari e raggiungibili, su COSA, QUANDO, QUANTO, adattando le specifiche, i piani e l’approccio a differenti preoccupazioni e aspettative dei vari stakeholder.<sup>8</sup>
- Raggiungimento dello scopo di tempo, costo e qualità<sup>9</sup>

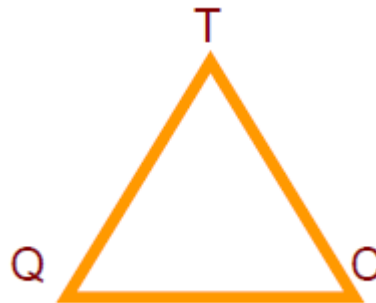


Figura 3 – Trinomio degli Scopi di un Progetto

- Soddisfacimento delle differenti necessità e aspettative degli stakeholder

Il Project Management **comprende la Pianificazione**, ovvero definizione di requisiti di lavoro, di quantità e qualità del lavoro, delle risorse necessarie, **e il Controllo**, che consiste nel

<sup>7</sup> Rocco Amato, Roberto Chiappi, *Tecniche di Project Management. Pianificazione e Controllo dei Progetti*, Franco Angeli Editore, Milano 2001 [13]

<sup>8</sup> Gli Stakeholders sono tutti coloro che hanno interesse all’attività dell’Azienda

<sup>9</sup> Cit. op. A. Gottfried, G.M. Di Giuda, *Ergotecnica edile*, Esculapio Editore, Bologna 2011 [1]



rilevamento dello sviluppo, confronto dei risultati reali con quelli previsti, analisi dell'impatto e adattamenti da effettuare.

Un Project Management di successo consente il **raggiungimento degli obiettivi del Progetto**:

- Entro i tempi
- Entro i costi
- A livello qualitativo richiesto
- Utilizzando le risorse assegnate in modo efficace ed efficiente
- Con l'accettazione del Cliente

I **benefici** del Project Management sono i seguenti:

- Migliora i processi decisionali aziendali
- Migliora lo svolgimento delle attività lavorative
- Facilita il raggiungimento della qualità globale in termini di tempi, costi, qualità e risorse
- Facilita la divulgazione delle conoscenze e delle professionalità
- Migliora la comunicazione nel team di Progetto e con gli altri soggetti esterni coinvolti (Committente, Partner)
- Dà trasparenza al progetto durante il suo sviluppo
- Aumenta l'efficienza produttiva
- Riduce i rischi di Progetto

L'**Azienda**<sup>10</sup> è definita come il corpo umano, in cui le diverse parti devono essere collegate ad un sistema nervoso centrale che passa input e riceve impulsi per correggere gli input stessi. Il sistema nervoso è il sistema procedurale che garantisce il flusso di informazioni per la gestione e controllo ai diversi livelli.

L'efficienza del sistema dipende dalla correttezza, puntualità e tempestività delle informazioni.

La **Procedura**<sup>11</sup> deve individuare:

- Gli aspetti da gestire (risorse umane e non, interne ed esterne, tempi, costi, qualità, sicurezza, sostenibilità, ecc.)

---

<sup>10</sup> Cit. op. H. Herzner, *Project Management. A Systems Approach to planning, scheduling and controlling*, Hoepli Editore [6]

<sup>11</sup> Cit. op. H. Herzner, *Project Management. A Systems Approach to planning, scheduling and controlling*, Hoepli Editore [6]

- Le fasi gestionali (briefing, verifica preventiva, definizione obiettivi, piani e programmi, attuazione, acquisizione dati progressivi e consuntivi, analisi e aggiornamento dei dati e dei piani, azioni correttive, riesame)
- Definizione delle attività di analisi, attuazione e verifica per ciascuna fase

La procedura elimina la casualità attraverso la definizione delle modalità di lavoro da attuare sistematicamente, è un momento di dialogo e incontro interno, è un momento di potenziale efficacia ed efficienza, è un documento dinamico in continua e incessante evoluzione.

Le **Fasi**<sup>12</sup> del Progetto sono: la Pianificazione, l'Implementazione e il Controllo/Monitoraggio.

Pianificazione e controllo non possono essere separati: i piani servono per poter verificare l'andamento del lavoro; se non esiste un piano non posso svolgere alcun controllo.

Il Controllo consiste nel verificare dove ci troviamo rispetto a dove avremmo dovuto essere; quindi intraprendere azioni correttive, se esiste discrepanza.

Necessaria per procedere alla Programmazione è la scomposizione del Progetto, attraverso la **PBS**, ovvero la Project Breakdown Structure, ove per Project si intende l'intervento nella sua interezza e non sono le fasi esecutive.

## 1.4.- L'Organizzazione del Progetto

---

**Federico Butera**, uno degli studiosi più attenti e più profondi delle teorie organizzative, ripreso da **Dioguardi** nell'*Impresa come laboratorio*, **definisce** le Organizzazioni produttive delle invenzioni sociali che riflettono obiettivi, interessi, rapporti dei soggetti che li promuovono. Il cambiamento dell'Organizzazione finisce con il dipendere da leggi che riguardano l'idoneità dell'impresa come sistema aperto a convertire input in output in modo economico rispetto ai parametri, cioè agli obiettivi posti dai suoi partecipanti, ossia da rapporti realistici con il mondo esterno in termini di efficienza ed efficacia.

Le **strutture organizzative più usuali** consistono nel raggruppare insieme attività e ruoli che riguardano una stessa caratteristica aziendale, quale:

- Una funzione aziendale, amministrativa, tecnica, produttiva;
- Un tipo di prodotto;

---

<sup>12</sup> Cit. op. D. Grigoriadis, *Project Management e progettazione architettonica. Il Controllo del Progetto dalla ideazione alla costruzione con tecniche di Project Management*, DEI Editore, 2003 [7]





- Un'area geografica;
- Una classe di clienti.

Le Organizzazioni strutturate per Prodotto o per Progetto facilitano il coordinamento tra le varie specializzazioni in vista del rispetto dei termini di consegna dei Prodotti o dei Progetti e del raggiungimento degli obiettivi fissati; consentono inoltre un migliore coordinamento tra le funzioni impegnate nella produzione ed un più pronto intervento sui problemi che nascono all'interno di una funzione, riducendo in tal modo l'impatto sulle altre funzioni.

Le **soluzioni organizzative** che possono garantire il coordinamento per la realizzazione di un Progetto sono molteplici<sup>13</sup>.

Tra le strutture più diffuse si possono elencare la task-force, l'Organizzazione per Progetto e l'Organizzazione per matrice.

La **task-force** rappresenta una struttura organizzativa temporanea costituita da specialisti con differenti competenze ed è attivata in presenza di un Progetto o Obiettivo ben determinato.

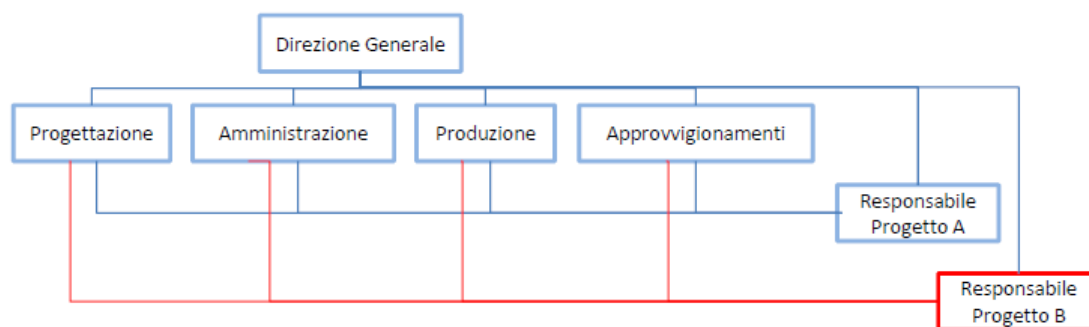


Figura 4 – Struttura organizzativa funzionale con task-force per progetto

L'**Organizzazione per Progetto** si attiva nei casi in cui l'Azienda opera su Progetti di dimensione economica e temporale notevole. In tali casi è infatti opportuno individuare per ciascuno Progetto il responsabile e lo staff di specialisti che, al completamento del Progetto, riassumono nuovi compiti.

Una Struttura per Progetto ha migliori risultati per quanto riguarda i costi e il rispetto delle scadenze, ma possono manifestarsi debolezze connesse ad una indisponibilità di adeguati livelli di specializzazione e di know-how<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Fabris A., *L'Organizzazione dell'Impresa*, ETAS Libri, Milano, 1983 [11]

<sup>14</sup> Il termine inglese *know-how*, letteralmente "sapere come", identifica le conoscenze e le abilità operative necessarie per svolgere una determinata attività lavorativa.

Le imprese di costruzione operano tipicamente per Progetti. Tale produzione richiede l'apporto di differenti funzioni aziendali, quali tecnico-progettuale, produttiva, amministrativa, di approvvigionamento, con un intenso sforzo di coordinamento, di programmazione e di controllo delle risorse al fine di garantire il rispetto degli obiettivi associati ai Progetti.

Tale tipo di Organizzazione convive con altre strutture gerarchico funzionali e si rende operativa per affrontare problemi che richiedono la collaborazione tra specialisti con competenze funzionali diverse e che risultano critici in termini di rispetto dei tempi di realizzazione.

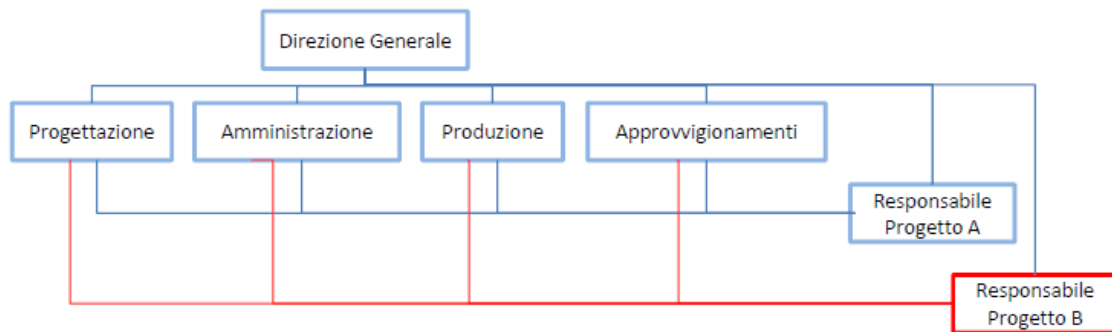


Figura 5 – Struttura organizzativa per progetto

Un'Organizzazione può operare permanentemente attraverso strutture organizzative finalizzate alla realizzazione di Progetti. In tal caso l'Organizzazione assume una tipica **struttura a matrice**. Ogni rettangolo denota un gruppo o un individuo che appartiene contemporaneamente al gruppo di specialisti di funzione individuato dalla colonna di appartenenza ed al gruppo di Progetto individuato dalla riga di appartenenza.. Gli specialisti funzionali assegnati ad un Progetto, al termine dello stesso, ritornano nei dipartimenti di provenienza per essere riassegnati a nuovi Progetti.

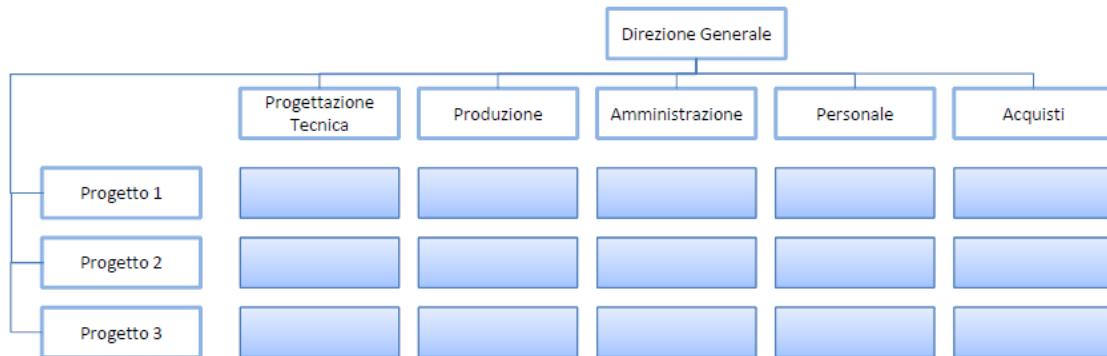


Figura 6 – Struttura organizzativa per progetto a matrice



Da un punto di **vista organizzativo**, il **Project Management** si basa su due principi fondamentali<sup>15</sup>:

- L'esistenza di un centro unico di responsabilità (individuo o unità organizzativa equivalente) che integri tutte o le principali responsabilità del Progetto<sup>16</sup>;
- L'integrazione delle attività di Pianificazione e Controllo.

Non esistono criteri generali per definire univocamente la migliore soluzione organizzativa per il Project Management. Esistono invece criteri generali per ricercare una configurazione organizzativa appropriata alla gestione dei Progetti per una data impresa. Tali criteri mirano ad individuare il **ruolo del Project Manager**, cioè del responsabile di un Progetto, ad allocare le risorse per ciascun Progetto e a definire le relazioni tra il Project Manager e i responsabili di funzione. In una struttura per Progetto, il Project Manager ha, per la durata del Progetto, l'autorità e la responsabilità per le risorse assegnategli. Al Project Manager è inoltre richiesto di gestire i rapporti con il committente e di negoziare i conflitti che possono insorgere tra i vari attori del processo realizzativo con l'obiettivo di evitare ripercussioni negative sull'Azienda e sul Progetto.

Le principali **funzioni aziendali**<sup>17</sup> che si possono individuare in un'impresa di costruzioni sono:

- La funzione amministrazione e finanza. Svolge un ruolo determinante per il controllo della gestione aziendale, attività relative all'amministrazione, quali la contabilità generale ed industriale e gli adempimenti fiscali e societari, attività relative alla finanza, quali la programmazione finanziaria, la gestione della cassa e dei rapporti di natura finanziaria con i clienti, i fornitori e le banche, e attività legate alla gestione del budget e del sistema di controllo.

---

<sup>15</sup> Gottardi G., Mariotto A., Il Controllo integrato tempi e costi nella gestione dei progetti, CLEUP, Padova, 1988 [12]

<sup>16</sup> L'importanza del centro unico di responsabilità è stata sottolineata anche da Riccardo Borlenghi, nelle Slide Project Management del Corso di Procedure per la Gestione della Progettazione, Politecnico di Milano a.a. 2009/2010 [8]

<sup>17</sup> Bernardo Nicoletti, Management per l'Edilizia: Qualità della Progettazione, Sistemi Qualità, Gestione del Cantiere, Gestione dei Costi, Marketing e Mercato, Manutenzione, Dei Editore, 1994 [10]

- La funzione personale. Si occupa di numerose attività rilevanti per la gestione aziendale, quali l'assunzione e la gestione amministrativa di opera ed impiegati, il loro trasferimento tra filiali e cantieri, la definizione delle mansioni, la programmazione delle carriere e la formazione.
- La funzione approvvigionamenti. Controlla le prestazioni sia tecnico-qualitative sia economiche della produzione. Si occupa altresì dell'acquisizione di servizi e subappalti che intervengono direttamente o indirettamente nel processo produttivo. Tale funzione interagisce fortemente con la funzione tecnica dovendo garantire che i processi costruttivi siano continuamente alimentati nel rispetto dei requisiti tecnico-qualitativi richiesti e con la funzione finanziaria, dovendo provvedere all'acquisizione dei mezzi di produzione per i cantieri.
- La funzione tecnica e produttiva si occupa delle attività connesse con la gestione delle commesse, dalla loro acquisizione al loro completamento. Essa deve garantire, attraverso la partecipazione alle gare, l'acquisizione di nuovi lavori e la formazione di un portafoglio di commesse. Nella preparazione delle offerte, gli aspetti tecnici si fondono con quelli economici e la formazione di un'offerta è un momento di integrazione di competenze differenti.
- La funzione qualità aziendale<sup>18</sup>. Nasce come richiesta esterna del mercato ma soprattutto come ricerca interna di una maggiore competizione e controllo sui processi produttivi.

**Quattro** sono i **temi da gestire** quando si parla di Progetto:

- Tempi
- Costi
- Qualità
- Risorse

Le imprese tradizionalmente hanno gestito nella **commessa** questi temi secondo **logiche funzionali separate**, assegnando la responsabilità di ogni singolo aspetto a una funzione aziendale ben definita ed altrettanto ben confinata dalle altre, e più precisamente:

- Funzione Amministrazione e Finanza: i Costi

---

<sup>18</sup> G. Rigamonti, La gestione dei processi di intervento *edilizio*, Utet Editore, 2001 [5]



- Funzione Tecnico-Operativa: i Tempi e le Risorse Interne
- Funzione Approvvigionamenti: le Risorse Esterne
- Funzione Qualità Aziendale: la Qualità.

## 1.5.- La Pianificazione del Progetto

---

### 1.5.1.- Definizione e Scopo

---

**Zhen Yu Zhao, Ph. D., Wei Yang You, Jian Zuo, Ph.D.** (2010), in un articolo pubblicato nel *Journal of Construction Engineering and Management*<sup>19</sup>, sostengono che, poichè la competizione nel mercato della costruzione sta crescendo, ai team di Progetto è costantemente richiesto di consegnare i progetti in tempo, all'interno del budget e con un'alta qualità. Incertezza e restrizione di risorse portano i Project Manager ad aver bisogno di tecniche di pianificazione e controllo del Progetto.

Per poter analizzare i metodi e gli strumenti di Pianificazione di un Progetto, si definisce il concetto di Pianificazione.

Per **Pianificazione**<sup>20</sup> si intende la definizione del contenuto del lavoro, la creazione del modello di gestione del Progetto per poterlo realizzare in modo congruente con gli obiettivi stabiliti.

Pianificare significa:

- Identificare il lavoro da compiere
- Decidere le modalità per eseguirlo
- Assegnare le risorse per eseguirlo
- Stimare i tempi e i costi

**Pietro D. Patrone e Virgilio Piras**, invece, nel Libro *Construction Management*, definiscono la Pianificazione come "l'attività volta alla creazione del modello di Gestione del Progetto, cioè

---

<sup>19</sup> Zhen Yu Zhao, Ph. D., Wei Yang You, Jian Zuo, Ph.D., *Application of Innovative Critical Chain Method for Project Planning and Control under Resources Constraints and Uncertainty*, *Journal of Construction Engineering and Management*, Settembre 2010 [33]

<sup>20</sup> H. Herzner, *Project Management. A Systems Approach to planning, scheduling and controlling*, Hoepli Editore [6]



alla creazione di una struttura che consenta di programmare e controllare in modo congruente con gli obiettivi del Progetto.

**Pianificare**<sup>21</sup> non è un evento, ma un processo costante di rivalutazione e correzione di rotta attraverso il ciclo di vita del Progetto. La pianificazione è essenziale per controllare il carico di lavoro, riducendo la fatica della programmazione, aumentando la produttività e mantenendo i Progetti sotto controllo.

**Perché pianificare?** Per assicurare di fare la cosa più importante, per coordinarsi in modo efficace con altre persone e per rispondere velocemente a eventi inaspettati.

**Cosa è necessario nella pianificazione?** Al fine di realizzare il coordinamento, è fondamentale avere un quadro accurato di quanto lontano nel tempo si voglia pianificare. Ogni tecnica di pianificazione deve cercare di creare visibilità, così che ognuno coinvolto nel Progetto possa vedere a che punto è il Progetto. Sono necessarie delle ben definite milestone, obiettivi fissati che rappresentano chiaramente l'avanzamento. I piani devono essere semplici da costruire e semplici da aggiornare.

**Pianificare** serve per dimostrare il **controllo** degli eventi. Controllare eventi è un ossimoro: non si può controllare gli eventi; si possono solo controllare le loro reazioni.

Le **quattro variabili**, secondo le quali tenere sotto controllo un Progetto, sono: costo, qualità, tempo e scopo. Aggiungere persone a un Progetto può portarlo ad un maggiore ritardo.

I principali **obiettivi** della Pianificazione sono:

- L'individuazione delle attività elementari necessarie a realizzare il Progetto
- La loro organizzazione su differenti livelli di dettaglio
- La definizione di una struttura di Programmazione, Preventivazione e Controllo in linea con le caratteristiche specifiche del singolo Progetto in esame
- La definizione di una corretta metodica di reporting.

---

<sup>21</sup> Kent Beck, Martin Fowler, *Planning Extreme Programming*, Addison Wesley Editore [15]



## 1.5.2.- Il Flusso di Pianificazione del Progetto

Il flusso di Pianificazione<sup>22</sup> di un Progetto è di seguito illustrato.

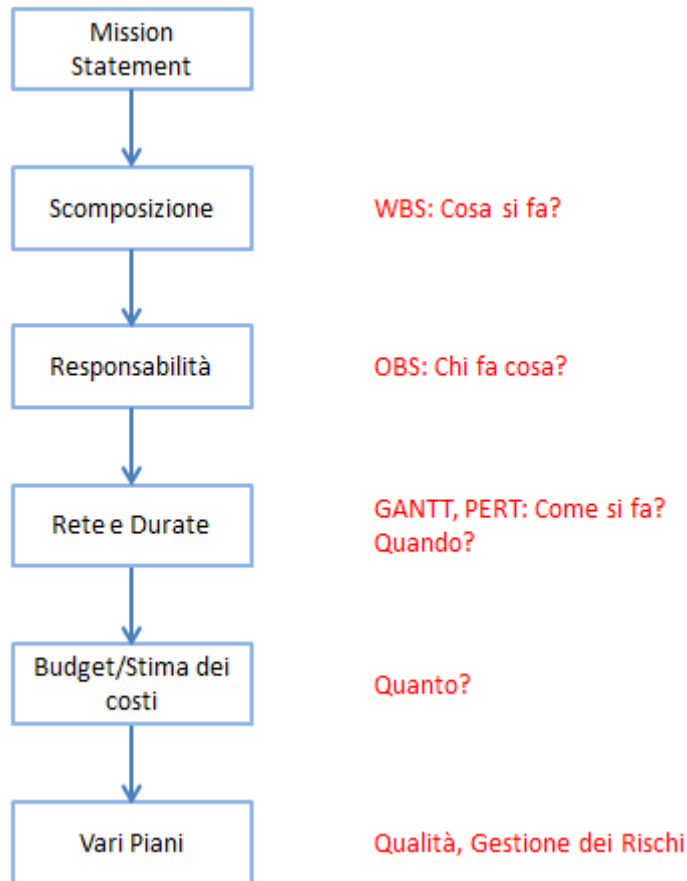


Figura 7 – Flusso di Pianificazione di un Progetto

**Mission Statement:** descrive lo scopo e gli obiettivi per l'intera vita del Progetto, porta alla definizione di precisi accordi contrattuali.

**Scomposizione:** la **WBS**, Work Breakdown Structure, rappresenta una struttura logica che dovrebbe identificare tutte quante le attività rilevanti da compiere nell'ambito di un Progetto.

La WBS permette di:

- Vedere tutte le singole attività del progetto (scomposizione per livelli successivi)
- Suddividere le attività in piccoli gruppo controllabili

<sup>22</sup> Il flusso di pianificazione è stato estrapolato dalle Slide *Project Management* del Prof. R. Borlenghi del Corso di Procedure per la Gestione della Progettazione, Politecnico di Milano a.a. 2009/2010 [8]



- Definire il flusso di comunicazioni
- Assegnare le responsabilità
- Assegnare le risorse per ogni singola attività
- Gestire e monitorare il processo attuativo
- Controllare tempi, costi e programma

Il processo di destrutturazione continua finché è possibile trovare delle attività componenti di cui è possibile determinare tempi e costi. Non ha importanza ordinare le attività in una sequenza ma solo catturarle tutte.

**Responsabilità:** l'**OBS**, Organization Breakdown Structure, è l'albero gerarchico delle funzioni esecutive, descrive i ruoli e le responsabilità di chi collabora al Progetto.

**Rete e durate:** Per **Programmazione** s'intende lo sviluppo temporale delle attività secondo quanto pianificato in modo da ottimizzare le fasi di realizzazione attraverso il Controllo dei tempi, dei costi e della qualità. Per stabilire una tempistica bisogna individuare i rapporti di successione temporale logica e di interdipendenza tra le attività e poi determinare il tempo necessario per completare ogni singola attività.

Le tecniche di Programmazione si distinguono in **lineari**, ovvero Gantt, e **reticolari**, Pert e CPM. Nei diagrammi di **GANTT** ogni attività si rappresenta mediante un segmento di lunghezza proporzionale alla sua durata. Il Gantt è semplice, tiene conto del tempo non produttivo, fa vedere gli scostamenti. Gli svantaggi di questa tecnica, invece, sono che non mostra interdipendenze fra le attività, l'impatto di uno scostamento sull'intero progetto, le attività critiche e la percentuale del lavoro per ogni attività.

Le tecniche reticolari, invece, si prestano ad ottimizzare il tempo e il costo della realizzazione di progetti complessi. La tecnica **PERT**, Program Evaluation and Review Technique, è di tipo probabilistico, mentre **CPM**, Critical Path Method, prevede durate stimate. Le tecniche reticolari permettono una visione completa del Progetto, di stabilire il sentiero critico e di far vedere le interdipendenze. Gli svantaggi sono invece legati al fatto che non mostrano il consumo di risorse delle singole attività, non registrano il progresso dei lavori e non esiste una scala temporale per misurare il tempo in modo facile.





La stima delle **durate** delle attività è fatta a monte della Programmazione Operativa, nella fase di Progettazione Operativa. L'approccio **deterministico** della valutazione delle durate prevede di intervistare operatori esperti a cui viene chiesto di effettuare una previsione sulla durata di certe attività, date condizioni stabilite di risorse. Gli esperti faranno la loro previsione sulla base della propria esperienza. Secondo l'approccio **probabilistico**, la durata di ogni attività del reticolo viene stimata con approccio statico, con cui si rielaborano tre valori di durata possibili in date condizioni di risorse:

- Valore ottimistico "a" è il tempo necessario per l'espletamento dell'attività in condizioni particolarmente favorevoli, condizioni metereologiche, corretta progettazione, corretta programmazione, capacità squadra operativa.
- Valore normale "n" è il tempo necessario per l'espletamento delle attività in condizioni consuete, ossia con le circostanze negative che compensano quelle positive.
- Valore pessimistico "b" è il tempo necessario in condizioni sfavorevoli.

È dunque possibile calcolare la durata mediana  $D_{me}$  che è data dalla seguente formula:

$$D_{me} = \frac{a + 4n + b}{6}$$

Tale valore ha il 50% di probabilità di verificarsi e il 50% di essere maggiorato o diminuito.

Altra tecnica di Programmazione e Controllo sono le **Curve ad S**, strumento di sintesi per avere una visione globale dei tempi e dei costi di una commessa ad un confronto con i programmi e preventivi di budget. La curva si costruisce dal diagramma dei carichi di lavoro programmati e realizzati.

**Budget e Stima dei Costi:** il Budget può essere stimato a più livelli. Il livello strategico corrisponde al budget aziendale, il livello di massima è a servizio della preparazione di gare e proposte, il livello di dettaglio è utile per la preparazione del budget dettagliato e l'assegnazione del budget ai responsabili sulle attività di reticolo.

### 1.5.3.- La WBS di Progetto

Identificato lo scopo del lavoro e verificata la fattibilità tecnica della commessa, inizia la vera e propria fase di pianificazione delle attività in cui vengono individuate le attività oggetto della programmazione operativa ed economica.

In questa fase vengono eseguite due operazioni di scelta, ovvero:

- Scelta Operativa con la definizione delle risorse. L'impresa decide se operare con proprie risorse o con risorse esterne.
- Scelta Organizzativa che definisce quando ogni attività o aggregazione di attività verrà realizzata e quando rispetto alle altre attività. L'Azienda ha piena libertà di scelta sulle modalità e tipologie organizzative, ma nel rispetto dei vincoli temporali imposti dal Contratto, ovvero le milestone.

Individuate tutte le opere da eseguire, è indispensabile ordinarle in uno schema logico in modo da individuare vari livelli di attività.

A questo scopo si utilizza la tecnica di pianificazione WBS, ovvero Work Breakdown Structure: si ordinano le attività ad "albero" rovesciato, partendo dalle attività riassuntive fino a quelle più particolareggiate.

Di seguito si presenta una WBS di costruzione, estrapolata dall'articolo di Kyuman Cho, Taehoon A.M.ASCE, Changtaek Hyun, *Integrated Schedule and Cost Model for Repetitive Construction Process*, Journal of Management in Engineering, April 2010.

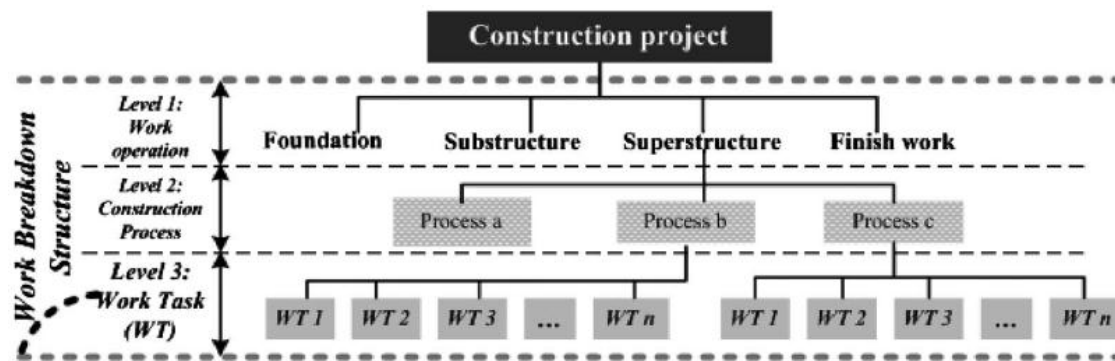


Figura 8 – Esempio di WBS, Work Breakdown Structure, della Fase di Costruzione dei Progetti<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Kyuman Cho, Taehoon Hong, Changtaek Hyun, *Integrated Schedule and Cost Model for Repetitive Construction Process*, Journal of Management in Engineering, April 2010 [38]



Le attività devono avere un grado di scompartazione tale da arrivare ad attività particolareggiate sulle quali sia possibile compiere analisi operative delle risorse unitarie.

G. Rigamonti, nel suo libro *La Gestione dei Processi di Intervento Edilizio*, prevede i seguenti **livelli di disarticolazione** del Progetto:

- Livello I, **Fasi dell'Intervento**: quali Progettazione, Costruzione, Acquisti. È utile per separare concettualmente le fasi dell'intervento di responsabilità di vari soggetti. Questo livello può essere utilizzato come base per la registrazione dei cambiamenti, dei possibili ritardi e di eventuali osservazioni.
- Livello II, **Macrofasie Operative della Commessa**: quali Opere Strutturali, Impianti. È composto dagli insiemi riassuntivi delle fasi operative di uguale tipologia.
- Livello III, **Fasi di Lavoro**: Fondazioni, Solai. È un livello fondamentale poiché sarà il livello di compattazione che avranno le attività del programma lavori, che verrà utilizzato anche in fase di report.
- Livelli IV e V, **Attività**: Calcestruzzo, Casseformi, Armatura. Sono utilizzati per la creazione del computo metrico e dell'analisi delle risorse.

La vera attività della WBS è sempre ed esclusivamente quella all'ultimo livello (**Work Package**) del raggruppamento in cui si trova ed inoltre è l'unica alla quale si andrà ad assegnare delle durate.

La WBS è utilizzata per creare dei pacchetti di lavoro, ovvero **Work Breakdown Element** WBE, in cui poter individuare:

- Tipo/categoria di lavoro
- Scopo del lavoro con obiettivi e vincoli
- Il Processo di Lavoro e le sue interfacce
- Le risorse assegnabili e assegnate
- I limiti di tempo e costo

I singoli pacchetti di lavoro sono assegnati e vengono gestiti da un unico responsabile, per cui risulta facilitata l'**attribuzione delle responsabilità**.

Mantenendo la divisione tra le diverse fasi di vita del Progetto si possono individuare:

- Compiti di Progettazione: vale a dire il singolo documento o l'insieme dei documenti emessi nei diversi stati di revisione

- Compiti di Approvvigionamento: il singolo ordine suddiviso nei suoi eventi caratteristici
- Compiti di Costruzione e Avviamento: sono genericamente un'esplosione delle attività di livello II; essi dipendono sia dalla complessità del lavoro che dalla criticità della zona di riferimento, nonché dalla suddivisione del lavoro fra i vari appaltatori.

La WBS con associato il suo dizionario è un **elemento chiave** per organizzare un Progetto.

Il suo **scopo**<sup>24</sup> è dividere il Progetto in **attività di lavoro gestibili** per facilitare la pianificazione e il controllo dello scopo tecnico, dei tempi e del costo. La WBS è un'organizzazione strutturata di elementi correlati che definisce lo scopo totale del lavoro richiesto per raggiungere gli obiettivi del Progetto. Prende la forma di un quadro gerarchico multi-livello, rappresentando tutto il Progetto fino al più piccolo componente di sistema. Ogni **livello discendente** rappresenta una **definizione più dettagliata** del componente di Progetto. La WBS di Progetto descrive il contesto tecnico del Progetto ed è la base per la gestione del Progetto, stimando costi e tempi, gestione del programma, controllo di costi e tempi e report di performance di costi e tempi. Il livello di dettaglio in una WBS è funzione della dimensione del Progetto ed è un equilibrio tra complessità, rischio e necessità di controllo. Se tuttavia le richieste cambiano, la WBS evolverà con il Progetto (Controllo dei Cambiamenti).

La WBS deve essere vista in funzione:

- Delle dimensioni del Progetto
- Dalla durata del Progetto
- Dal livello di controllo gestionale che si vuole avere durante l'esecuzione dei lavori
- Dal livello di rilievo delle fasi che si intende attuare.

La stesura della WBS è la base per tutte le analisi successive: la divisione in attività su più livelli permette di dare un ordine all'intero Progetto e permette di organizzare i dati di tutti gli elaborati in funzione di un unico schema.

La WBS permette quindi di organizzare il Progetto, in modo che sia possibile redigere sia in fase preventiva e sia durante i momenti produttivi **documenti omogenei e quindi confrontabili**.

---

<sup>24</sup> U.S. Department of Energy, *Project Control System Manual*, Jefferson Lab [17]



Senza la WBS sarebbe impensabile mantenere la medesima logica durante la stesura degli elaborati, e quindi risulterebbero vane tutte le analisi effettuate perché costruite in un ambito non comune. La WBS va vista come la base per la redazione dei computi metrici e delle analisi delle risorse, del programma lavori, delle fasi contrattuali di ordine o di subappalto.

La WBS risulta essere utile a diversi operatori che coinvolti nella commessa potrebbero a loro volta lavorare su attività appartenenti a livelli diversi.

#### 1.5.4.- La determinazione delle Risorse

Le attività per essere realizzate richiedono l'impiego di varie risorse, che vengono classificate da R. Amato e R. Chiappi<sup>25</sup> nel seguente modo:

- Umane (riutilizzabili)
- Mezzi e attrezzature (riutilizzabili)
- Materiali permanenti e di consumo (non riutilizzabili)

Le risorse non riutilizzabili (materiali permanenti e di consumo) si suppongono disponibili secondo le quantità e secondo i tempi richiesti dalle varie attività. Esse saranno considerate nel programma degli approvvigionamenti ed il loro valore nell'aggregazione dei costi.

Tra le risorse riutilizzabili (uomini e mezzi) ve ne sono alcune chiave che possono condizionare, a causa della limitata disponibilità in termini di tempo e quantità, lo svolgimento delle attività, come le risorse umane.

L'operazione di aggregazione consiste nel sommare, giorno per giorno, il fabbisogno delle risorse umane di tutte le attività, ottenendo così l'istogramma di carico giornaliero delle risorse umane ed il profilo cumulato delle stesse.

Il confronto tra il Fabbisogno di risorse e la Disponibilità aziendale permette di evidenziare situazioni di sovraccarico (**overload**) e di non completo sfruttamento delle risorse disponibili (**underload**). Per compensare gli overload con gli underload, è necessario cercare di spostare delle attività dal periodo di punta a periodi meno congestionati: questo è lo scopo della schedulazione delle risorse.

---

<sup>25</sup> Rocco Amato, Roberto Chiappi, *Tecniche di Project Management. Pianificazione e Controllo dei Progetti*, Franco Angeli Editore, Milano 2001 [13]



Eseguita la time analysis del network, alcune attività possono slittare nel tempo senza alterare la data di fine Progetto. È proprio utilizzando gli scorrimenti di queste attività che si tenterà di eliminare gli overload.

Lo spostamento in avanti che le attività subiscono viene chiamato ritardo di schedulazione o programmazione, ovvero Schedule Delay.

La programmazione può essere effettuata in due modi: schedulazione a tempi fissi o schedulazione a risorse fisse.

La schedulazione a tempi fissi, sfruttando i float<sup>26</sup> delle attività, tenta di ridurre e possibilmente eliminare gli overload, senza ritardare la data di fine Progetto che viene considerata un limite invalicabile

La schedulazione a risorse fisse consiste nell'eliminare completamente gli overload (la disponibilità di risorsa, che deve soddisfare la necessità minima delle attività, è considerata limite invalicabile), ritardando il meno possibile la data di fine Progetto.

Questa schedulazione coinvolge le attività non critiche e, se ciò non bastasse, anche quelle critiche. Le attività possono, quindi, essere ritardate anche oltre le date Late Start. In quest'ultimo caso, lo schedule delay di tali attività è superiore al total float. La rete dovrà, perciò, essere nuovamente elaborata per effettuare l'analisi all'indietro e, quindi, il calcolo dei nuovi float, rispetto alla nuova data di fine Progetto, in genere, superiore a quella trovata con l'analisi iniziale.

---

<sup>26</sup> Per float si intende lo scorrimento delle attività che non causa ritardo sul Programma Lavori



Di seguito si riporta un istogramma dell'uso delle risorse richiesto per la durata del progetto<sup>27</sup>.

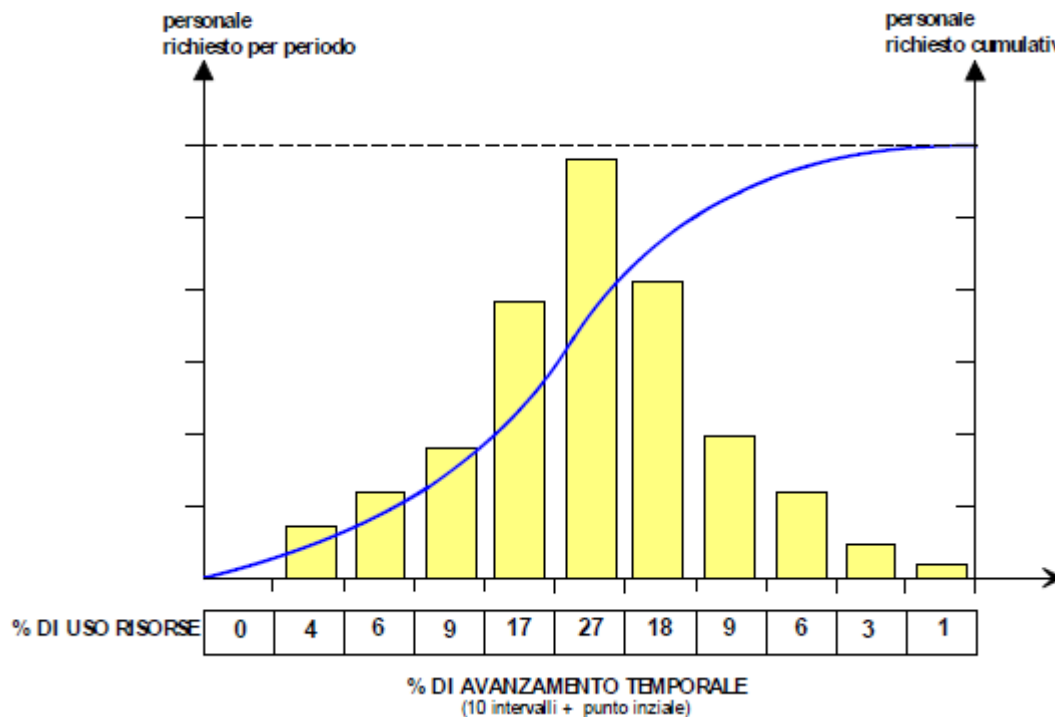


Figura 9 – Percentuale dell'uso delle risorse umane richiesto per la durata del progetto

### 1.5.5.- La stima delle Durate

La durata delle singole attività viene stimata dal personale di Progetto sulla base delle entità di lavoro che ciascuna richiede, utilizzando l'esperienza di progetti passati e conoscendo le risorse che l'Organizzazione mette a disposizione per il lavoro<sup>28</sup>. Questa stima della durata è di tipo **deterministico**.

Dall'altra parte, il primo passo di un'**analisi statistica** delle durate sta nella determinazione della risorsa critica per ogni attività tra tutte le risorse occorrenti al loro svolgimento individuate in precedenza nel calcolo dei fabbisogni.

<sup>27</sup> Il grafico è stato estrapolato dalle slide, che fanno riferimento al libro Giuseppe Rigamonti, *La gestione dei processi di intervento edilizio*, Utet Editore, 2001 [5]

<sup>28</sup> Rocco Amato, Roberto Chiappi, *Tecniche di Project Management. Pianificazione e Controllo dei Progetti*, Franco Angeli Editore, Milano 2001 [13]

**Risorsa critica** è quella risorsa che determina la durata dell'attività: nella maggior parte delle attività di un cantiere tale risorsa è rappresentata dalla manodopera e, in alcuni casi, come per le attività di movimento terra, la risorsa critica diverrà il mezzo con cui si svolge tale attività.

Una volta determinata tale risorsa del calcolo dei fabbisogni si ricava per quanto tempo tale risorsa sarà necessaria per lo svolgimento dell'attività.

Questi dati tempistici si possono considerare come durate medie delle attività, essi però non tengono conto di eventuali fattori, propri del cantiere oggetto della commessa e delle attività stesse, che potrebbero causare variazioni rispetto alla media standard.

È quindi più corretto passare a **tempi probabilistici**. Non essendo disponibili analisi statistiche sulla durata delle attività di cantiere, si può immaginare di lavorare con un'ipotetica curva di densità di probabilità, in cui sulle ascissa si trovano le durate e sulle ordinate le densità di probabilità corrispondenti ad ogni durata.

Il picco della curva rappresenta la durata con maggiore probabilità di venire rilevata (valore modale).

La curva di densità di probabilità, svolgendo numerosi rilevamenti, dovrebbero assumere la tipica forma a campana, simile alla curva che si ottiene dalla nota funzione di Gauss.

Per pervenire al tempo probabilistico di una attività, non avendo alla base analisi statistiche a disposizione, immaginiamo di avere una distribuzione gaussiana, si assegnano a questa tre durate<sup>29</sup>, cercando di simulare l'esistenza di una curva di densità di probabilità dalla quale estrapolare i dati e svolgere le relative analisi:

- Valore ottimistico "a" è il tempo necessario per l'espletamento dell'attività in condizioni particolarmente favorevoli, condizioni metereologiche, corretta progettazione, corretta programmazione, capacità squadra operativa.
- Valore normale "n" è il tempo necessario per l'espletamento delle attività in condizioni consuete, ossia con le circostanze negative che compensano quelle positive.
- Valore pessimistico "b" è il tempo necessario in condizioni sfavorevoli.

È dunque possibile calcolare la durata mediana  $D_{me}$  che è data dalla seguente formula:

$$D_{me} = \frac{a + 4n + b}{6}$$

Tale valore ha il 50% di probabilità di verificarsi e il 50% di essere maggiorato o diminuito.

---

<sup>29</sup> A. Gottfried, G.M. Di Giuda, *Ergotecnica edile*, Esculapio Editore, Bologna 2011 [1].





### 1.5.6.- I reticoli logici delle attività

Individuate le attività che devono essere svolte in un cantiere WBS, analizzate le risorse necessarie al loro svolgimento, calcolate le loro quantità, individuata la Risorsa Critica che determina la durata della singola attività, si deve ora dare una **sequenza logica** allo svolgimento delle attività.

Tale sequenza troverà la sua forma definitiva nel Programma dei Lavori.

Le tecniche di programmazione reticolare, come il **PERT**, ovvero Program Evaluation and Review Techniques, richiedono maggiori tempi di elaborazione nella sua fase iniziale, ma sono strumenti facili nelle fasi di aggiornamento e riprogrammazione.

Di seguito si riporta un esempio generico di rappresentazione del diagramma PERT, con evidenziato in rosso il percorso critico.

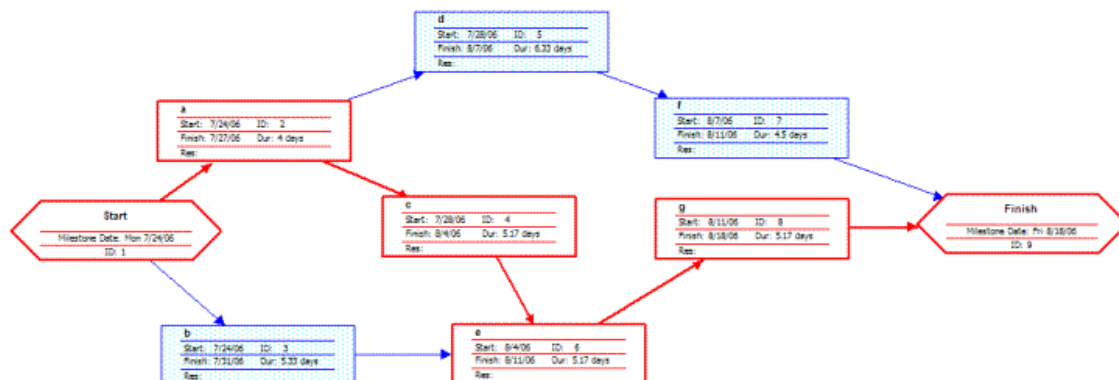


Figura 10 – Pert, Program Evaluation and Review Techniques, con evidenziato il percorso critico

Ottenuti i dati relativi alle durate delle attività della WBS e individuati i reticoli logici delle attività, il passo successivo è il programma dei lavori.

Il primo passo da compiere nella stesura del programma lavori è quello di definire la struttura delle attività in precedenza elaborata.

Per fare ciò si elencano tutti i livelli delle attività della WBS. I livelli delle attività del programma lavori corrispondono a quelli della WBS.

Le uniche voci considerate nel programma lavori come attività sono quelle che non hanno altre voci a livello inferiore; su queste attività vanno quindi inseriti i dati tempistici.

È da notare che ci possono essere attività su tre livelli, corrispondenti ai livelli 3-4-5 della WBS; non ci sono però differenze tra esse: il loro diverso livello è giustificato solamente dalla necessità di creare una struttura di approfondimento di attività diverse.



Per redigere il programma dei lavori è necessario individuare una logica che leghi le varie attività tra loro, in modo da ottenere una sequenza di lavorazioni che abbia senso pratico e possa essere realmente seguita durante il procedere del cantiere.

È importante notare come non esista una sola logica per un programma lavori; sta al programmatore stabilire quale sia la più efficiente e la migliore in funzione dell'organizzazione dell'Azienda, in particolare per quella commessa.

Per giungere a una soluzione è possibile avvalersi degli strumenti informatici, che permettono di modificare velocemente le logiche di successione delle attività e quindi di comparare tra loro diversi programmi dei lavori, arrivando a quello ritenuto più adatto per risolvere il cantiere.

## 1.6.- La Programmazione del Progetto

---

### 1.6.1.- Definizione e Scopo

---

La **Programmazione**<sup>30</sup> del Progetto è l'attività volta ad ottimizzare le fasi di realizzazione allo scopo di raggiungere gli obiettivi temporali del Progetto stesso nel rispetto dei vincoli di costo e di qualità imposti, massimizzando le risorse impegnate attraverso un efficace sistema di coordinamento.

**Scopi**<sup>31</sup> della Programmazione sono: fornire fiducia dal Contrattista della sua adeguata pianificazione, programmazione e report durante l'esecuzione della costruzione e attività legate così che possano essere proseguite in modo ordinato e spedito, all'interno della durata del Contratto e delle milestone stipulate; fornire fiducia del coordinamento del lavoro del Contrattista, Subcontrattista e Fornitori. Assistere il PM nel monitorare l'avanzamento del lavoro, nel valutare le richieste di pagamento del Contrattista secondo l'avanzamento mensile, l'impatto potenziale dei cambiamenti proposti al Contratto; assistere ed essere utilizzato dal Contrattista per il coordinamento delle sue forze, i Subcontrattisti e i Fornitori; assistere nel rilevare i problemi per lo scopo di prendere in tempo azioni correttive e fornire un meccanismo o uno strumento per determinare e monitorare le azioni correttive.

---

<sup>30</sup> Pietro D. Patrone, Virgilio Piras, *Construction Management. La Gestione del Progetto a vita intera: Estimo, Contabilità, Organizzazione, Controllo, Tempi e Costi*, Alinea Editrice, Bologna 1997 [14]

<sup>31</sup> James J. O'Brien, Fredric L. Plotnick, *CPM in Construction Management*, McGraw-Hill Editore [16]



Il lavoro deve avere **milestone** specificate e date di completamento finale all'interno del Tempo contrattuale. Grazie all'esecuzione del Contratto, il Contrattista deve aver analizzato il lavoro, i materiali, i metodi coinvolti, i sistemi della costruzione, la disponibilità di attrezzature qualificate e lavoro, restrizioni del cantiere, vincoli imposti, il proprio carico di lavoro e la capacità di eseguire il Lavoro.

I **tempi** specificati devono essere **ragionevoli** considerando le condizioni esistenti, la località del lavoro, le condizioni del tempo.

La Scheda, come sviluppata, deve mostrare la sequenza e interdipendenza delle attività richieste per completare la performance del lavoro. Il livello di dettaglio della Scheda deve essere funzione della complessità del lavoro.

Ogni attività deve essere identificata con un codice, incluso:

- Responsabile dell'attività
- Se il lavoro è subappaltato, il Subcontrattista responsabile del lavoro
- L'età, la specializzazione e la composizione del gruppo di lavoro che esegue l'attività
- Il totale delle ore-uomo stimate per eseguire il lavoro
- Il numero di ore in un giorno di lavoro per ogni attività, inclusi i turni
- Il numero di contatto e la sezione di specifiche dove il Lavoro è meglio rappresentato
- Edificio, Piano e Locazione del Lavoro

Il Contrattista deve assegnare le **risorse** per ogni attività della Scheda, includendo ma non limitato a manodopera e maggiori attrezzature della costruzione, che devono essere elencate nella Libreria delle Risorse del software **Primavera**.

L'attività di Programmazione è compiuta operando "**per modelli**", cioè elaborando un modello di sviluppo temporale rispetto al quale sia possibile verificare nella realtà lo sviluppo concreto del Progetto.

Le basi di riferimento del sistema di Programmazione sono:

- I termini del Contratto base e delle successive Varianti concordate
- Il risultato dell'analisi di lavoro e le voci di articolazione del Progetto della WBS
- Le quantità fisiche attese alla data di completamento del Progetto quali risultano, prima, dalla documentazione tecnico-economica preparata in fase di preventivazione d'offerta, e, successivamente, dai dettagli del rapporto Costi del Progetto

- I carichi di lavoro delle funzioni operative dell'Impresa e i mezzi operativi disponibili.

L'esposizione del programma iniziale contrattuale, la sua revisione, la valutazione dell'Avanzamento fisico alla data, la riprogrammazione al completamento ed il programma aggiornato sono le fasi che vengono riportate sui documenti di programmazione.

Le risultanze di queste fasi sono poste in confronto reciproco in corrispondenza di ogni voce del Programma, al fine di evidenziare gli scostamenti.

### 1.6.2.- I differenti livelli di Programmazione

A seconda del dettaglio con il quale si sviluppa, l'attività di Programmazione può essere definita<sup>32</sup>:

- **Strategica.** La Programmazione strategica studia le interrelazioni esistenti tra le diverse Fasi in cui la costruzione è articolata, al fine di definire e congelare la logica di svolgimento delle macroattività<sup>33</sup> e di consolidare i principali obiettivi temporali del Progetto, ovvero le milestone.
- **Di coordinamento.** La Programmazione di coordinamento ha lo scopo di tradurre in messaggi operativi per le varie forze coinvolte gli obiettivi individuati in fase di Programmazione strategica. Ha il compito di fornire i riferimenti temporali entro i quali i soggetti coinvolti devono programmare il loro compito. L'analisi spinta ad un maggior grado di dettaglio non deve far perdere di vista il fatto che anche in questa fase il Progetto è sempre analizzato nella sua globalità. Viene emesso un programma per ogni singola fase del Progetto: Programma esecutivo di Progettazione, di Approvvigionamento, di Costruzione, di Collaudo.
- **Di dettaglio.** La Programmazione di dettaglio è un processo continuo volto a creare, sulla base dei riferimenti temporali definiti dalla programmazione di coordinamento, una logica di esecuzione dei compiti. È a questo livello che viene usualmente verificata la congruenza tra i compiti programmati e le risorse assegnate.

---

<sup>32</sup> Pietro D. Patrone, Virgilio Piras, *Construction Management. La Gestione del Progetto a vita intera: Estimo, Contabilità, Organizzazione, Controllo, Tempi e Costi*, Alinea Editrice, Bologna 1997 [14]

<sup>33</sup> Le macroattività devono essere classificate a seconda della fase di progetto considerata; si avranno perciò macroattività di Progettazione, di Costruzione, di Approvvigionamento e di Collaudo.



Quindi la Programmazione viene sviluppata su diversi livelli progressivi di dettaglio:

- **Programma di I livello o Programma Generale:** è di estrema sintesi, ma con particolare attenzione agli eventi di rilevanza contrattuale. Esso è diretto al Management. Il Programma Generale deve fornire la visione d'insieme e del tipo per obiettivi della realizzazione dell'intero Progetto. L'espressione in estrema sintesi di tutte le Fasi del Progetto permette di cogliere gli aspetti più rilevanti, gli obiettivi e le attività critiche, ma allo stesso tempo non può consentire l'analisi dettagliata, di fattibilità, di quegli aspetti che pure sottolinea. La sua rappresentazione schematica parte infatti dalle attività di Progettazione e, attraverso l'esame della fabbricazione e fornitura dei materiali, si spinge, in modo sequenziale, ad esaminare le attività di costruzione e Collaudo. Può essere ottenuto tramite un Processo automatico di riepilogo, tipo bottom-up, a partire dai documenti di dettaglio della Programmazione reticolare, ma, più frequentemente, è progettato in primis e solo successivamente esploso, top-down, nei documenti di dettaglio, e, nel caso, verificato di ritorno con la Programmazione reticolare. Il Programma Generale è diviso in colonne verticali corrispondenti ai mesi interessati dallo sviluppo del Progetto. Orizzontalmente è diviso in 4 comparti, quante sono le fasi del Progetto, comprendenti nell'ordine:
  - Le date degli eventi contrattuali di rilevanza e le curve di Avanzamento fisico
  - Lo sviluppo delle attività di Progettazione distinto nelle principali discipline tecnologiche che la compongono
  - Gli eventi significativi di Approvvigionamento dei materiali, nonché gli eventi di Progettazione (Richieste d'Acquisto), o interessanti la Progettazione (Ordini), a fronte dei materiali
  - Le attività di costruzione e montaggio in cantiere.
- **Programma di Coordinamento di II livello.** Fornisce la visione d'insieme di una fase rilevante del Progetto.
- **Programma Operativo di III livello.** I documenti di questo livello, spinti nel dettaglio del lavoro, sono i seguenti:
  - Programmi di dettaglio della Progettazione, relativi sia alla parte da sviluppare all'interno sia a quella assegnata alle organizzazioni esterne
  - Programmi di dettaglio dei Fornitori relativi ai termini delle principali forniture

- Programmi di dettaglio dei Lavori di breve termine, relativi sia ai Lavori eseguiti direttamente sia a quelli subappaltati.

Le **modalità di impostazione**, valide in generale per i programmi di dettaglio, sono le seguenti:

- Si procede al frazionamento di tali Programmi fra le varie Parti del Progetto in funzione della specifica area di interesse (in sede, fra i Fornitori e per il Cantiere)
- Si elencano tutti i Lavori che si riferiscono ad ogni Work Package e si considerano le diverse fasi di lavoro/cicli di lavorazione per i diversi lavori
- Si fissano le date di inizio delle fasi significative del loro sviluppo in funzione delle date di riferimento, disponibilità di informazioni, di documenti tecnici, di materiali
- Si fissano e verificano le date di interfaccia con le altre discipline e tipologie di Lavori
- Si calcolano infine le durate e le risorse in funzione di quantità fisiche, mezzi operativi e produttività
- Si verificano tutti questi dati con il Programma Generale, il preventivo in ore, i carichi di lavoro totali
- Si procede all'iterazione del confronto fra tutti questi vincoli e quanto programmato in prima istanza, al fine di ottimizzare la Programmazione e verificare l'effetto correttivo di azioni precedentemente intraprese.

### 1.6.3.- Le fasi della Programmazione

La **Programmazione Iniziale** è la formulazione, effettuata in fase iniziale, delle modalità di sviluppo nel tempo di attività ed eventi del Progetto a partire dalle quantità fisiche e/o parametri equivalenti definiti dalla preventivazione di Offerta e ripartite secondo le voci di articolazione del Progetto, ovvero la WBS. Si estrinseca nel Programma Inziale che è sostanzialmente congruente con i corrispondenti termini pattuiti dal Contratto e pertanto è anche detto Programma Contrattuale.

La **Riprogrammazione** è la formulazione, effettuata periodicamente durante tutta la fase di realizzazione, delle modalità di sviluppo nel tempo di attività ed eventi del Progetto in accordo alle quantità fisiche previste.



La Riprogrammazione, da intendersi perciò in chiave dinamica lungo tutta la durata del Progetto, è perciò l'indicazione dei nuovi obiettivi, che permettono di raggiungere la data contrattuale di completamento a partire dalla situazione "alla data".

Obiettivo è dunque la stesura del Programma aggiornato che viene raffrontato al Programma Iniziale per trovare la previsione degli scostamenti e impostare le necessarie azioni correttive.

#### 1.6.4.- Le tecniche di Programmazione

Una corretta attività di Programmazione deve consentire le seguenti funzioni:

- Gestire in maniera integrata i tempi e le risorse disponibili
- Tenere in considerazione le interrelazioni tra le diverse attività del Processo di Costruzione
- Evidenziare le criticità del Processo
- Evidenziare le conseguenze future di determinate scelte decisionali in corso d'opera.

A questi fini sono state sviluppate numerose tecniche di Programmazione<sup>34</sup>, riferite alle tre macro-categorie di obiettivi che, generalmente, si tengono sotto controllo: costo, tempo e qualità. Tra queste le principali sono:

- Le tecniche di programmazione reticolare (PERT, CPM)
- Le tecniche di Controllo Costi (budget, value analysis)
- Le tecniche di misura degli avanzamenti (Avanzamento Fisico, Metodo Earned Value)
- La tecnica Rolling Wave
- I diagrammi di Gantt.

<sup>34</sup> L'approfondimento delle tecniche di programmazione è stato sviluppato grazie allo studio dei seguenti testi:

A. Gottfried, G.M. Di Giuda, *Ergotecnica edile*, Esculapio Editore, Bologna 2011 [1]

Giuseppe Rigamonti, *La gestione dei processi di intervento edilizio*, Utet Editore, 2001 [5]

H. Herzner, *Project Management. A Systems Approach to planning, scheduling and controlling*, Hoepli Editore [6]

Pietro D. Patrone, Virgilio Piras, *Construction Management. La Gestione del Progetto a vita intera: Estimo, Contabilità, Organizzazione, Controllo, Tempi e Costi*, Alinea Editrice, Bologna 1997 [15]

James J. O'Brien, Fredric L. Plotnick, *CPM in Construction Management*, McGraw-Hill Editore [16]

Il **PERT** e il **CPM** sono due metodi sviluppati nella seconda metà degli anni '50, per rispondere alle nuove esigenze di Programmazione di processi produttivi particolarmente complessi, per i quali le tradizionali tecniche di organizzazione del lavoro di Taylor e di Gantt non risultavano più sufficienti.

Il PERT venne utilizzato per la prima volta dalla Marina Militare degli U.S.A. per lo sviluppo del Progetto del sottomarino Polaris ed in particolare per l'efficacia del suo armamento missilistico; negli stessi anni la Du Pont Company introduce il metodo CPM che consente di determinare la durata complessiva del Progetto, e quindi la sequenza di attività che richiede il maggior tempo di realizzazione.

Rispetto ai diagrammi a barre di Gantt, esse hanno il pregio di evidenziare i collegamenti tra le diverse attività e di accelerare in anticipo le conseguenze di determinate decisioni.

Di seguito si riporta lo stralcio di un Programma lavori (CPM), sviluppato durante il Corso di Programmazione, Gestione e Controllo degli Appalti del Prof. G. Rigamonti, sul caso di studio di una villetta monofamiliare.

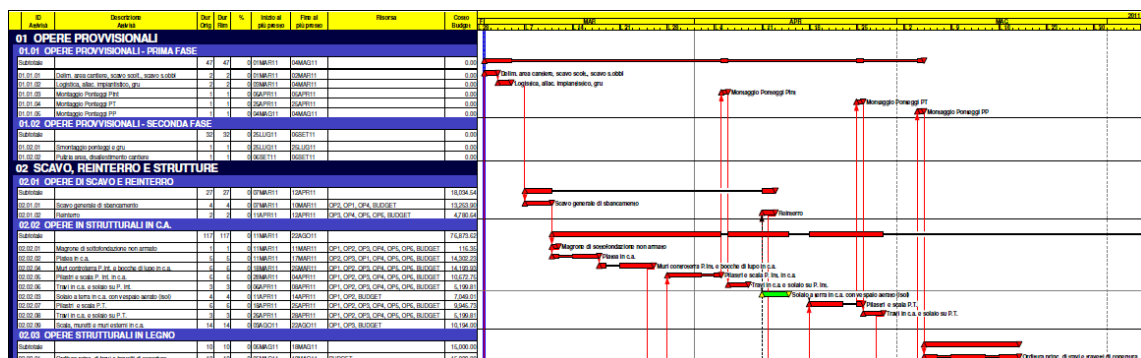


Figura 11 – Programma lavori della realizzazione di una villetta monofamiliare

Le tecniche di Programmazione reticolare derivano il loro nome dal fatto che forniscono una visione delle attività del Processo costruttivo organizzate in un reticolo logico. Tale reticolo rappresenta la sequenza logica delle attività attraverso le quali si svolge il Progetto.

L'inizio e la fine di un'attività costituiscono gli eventi e sono rappresentati dai nodi; ogni attività può essere rappresentata da una freccia orientata tra due nodi.

Tra il nodo iniziale e quello finale è possibile seguire molti cammini, ovvero successioni di attività, la somma delle cui durate rappresenta una possibile durata complessiva del Progetto.





La più alta di tali somme è la durata attesa e il cammino che la determina è detto Critical Path, poiché ognuna delle attività critiche che ne fanno parte, in caso di ritardo, alterano la durata totale del Progetto.

L'individuazione del cammino critico consente così di identificare i processi e i tempi che richiederanno maggiore attenzione.

Oltre al PERT e CPM, esiste la tecnica **GERT**<sup>35</sup>, ovvero Graphical Evaluation and Review Technique. Si tratta di una tecnica reticolare probabilistica di tipo grafico per la valutazione e revisione delle decisioni che si contrappone all'impianto deterministico sovente criticato nelle tecniche PERT e CPM. In queste ultime infatti, l'unico elemento di incertezza esaminato è la durata delle attività, mentre sono praticamente determinate a priori le attività necessarie per raggiungere lo scopo del Progetto che si sta esaminando. Inoltre si dà per scontato che tali attività vengano realizzate positivamente, completando così il Progetto, senza la possibilità di feedback, ovvero di verifica di un'attività precedente.

**Rolling Wave**, invece, è una tecnica che consente di centrare l'attenzione sulla realtà in corso e sul futuro immediato: consiste nell'esplosione con maggior grado di dettaglio una finestra temporale che consente di studiare ad un maggior livello di dettaglio i legami esistenti tra le diverse attività. L'esplosione delle attività deve avvenire sulla base dei livelli di articolazione individuati in precedenza con la Work Breakdown Structure.

Nella metà del secolo XIX, Henry L.Gantt e Frederick W.Taylor<sup>36</sup> pubblicizzano le loro rappresentazioni di lavoro in funzione del tempo. Il loro diagramma a barre è la prima considerazione scientifica del lavoro di programmazione. Tuttavia, un diagramma a barre non può mostrare le relazioni e interdipendenze che controllano l'avanzamento del Progetto.

La tecnica di **GANTT**, ovvero diagramma a barre o bar chart, è stata ideata da H.L. Gantt per la pianificazione e il Controllo della produzione di materiale bellico durante la Prima Guerra Mondiale. È ancora oggi largamente utilizzato per i suoi sempre pregi di immediatezza.

---

<sup>35</sup> Pietro D. Patrone, Virgilio Piras, *Construction Management. La Gestione del Progetto a vita intera: Estimo, Contabilità, Organizzazione, Controllo, Tempi e Costi*, Alinea Editrice, Bologna 1997 [14]

<sup>36</sup> James J. O'Brien, Fredric L. Plotnick, *CPM in Construction Management*, McGraw-Hill Editore [16]

Esso è costituito dalla lista delle attività, elencate verticalmente una sotto l'altra ed eventualmente raggruppate in modo opportuno, a fianco delle quali si dispone una linea o barra di lunghezza proporzionale alla durata prevista.

La tecnica Gantt è utilizzata per la rappresentazione grafica dei programmi: le barre sono corredate da simbologie interne alla barra, ad esempio tratteggi indicanti l'avanzamento delle attività, e da simbologie esterne, frecce, triangoli, cerchi, utilizzate per rappresentare eventi significativi correlati alle diverse attività.

L'utilizzo dei diagrammi a barre consente effettivamente la visione immediata dello svolgimento delle attività: tuttavia, pur dando una rappresentazione grafica significativa della tempificazione di un Progetto, non tiene conto delle interdipendenze tra le varie attività dello stesso e quindi non fornisce informazioni sufficienti sul suo andamento.

Di seguito si riporta il diagramma Gantt, sviluppato nel Corso di Procedure per la gestione della progettazione del Prof. Borlenghi, delle macrofasi di primo livello di progettazione di un intervento di nuova costruzione di un edificio residenziale di dieci appartamenti a Milano.

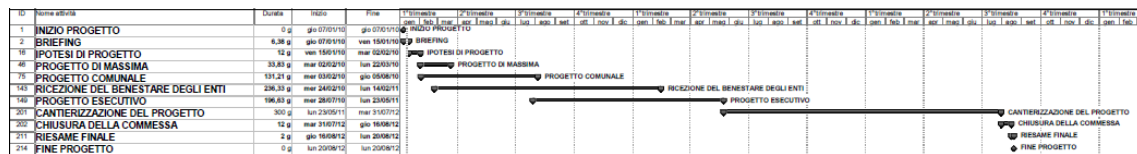


Figura 12 – Diagramma di Gantt al I livello di WBS delle attività di progettazione di un intervento di nuova costruzione di un edificio residenziale



## 1.7.- Il Controllo del Progetto

---

### 1.7.1.-Definizione e Scopo

---

Il **Project Control** è il processo di riduzione delle differenze fra piano e realtà<sup>37</sup>: si raccolgono periodicamente le informazioni sulla performance del sistema e si confrontano con il livello pianificato; se la differenza è significativa, il Project Manager interviene in modo adeguato.

Le **Regole** per il Controllo sono di seguito illustrate. Il Controllo si effettua comparando l'avanzamento delle attività rispetto al piano. In caso di deviazione dal piano devono essere subito eseguite azioni correttive. L'unico modo di tenere il Progetto sotto controllo è che ogni membro del Team di Progetto tenga sotto controllo il proprio lavoro. Se il Project Manager non reagisce ad una deviazione ha un sistema di monitoraggio e non di controllo.

Lo **scostamento** è una qualsiasi deviazione dei tempi, dei costi e delle prestazioni del piano. Gli scostamenti devono essere identificati e oggetto di reporting. Devono essere oggetto di azioni correttive e non eliminate modificando il piano (**baseline**) se non esistono motivi validi. L'analisi degli scostamenti è un modo di verificare il sistema di programmazione e di budgeting.

La **varianza** dei costi individua solo le deviazioni dal preventivo e non fornisce una misura della valutazione tra lavoro programmato e lavoro realizzato.

La varianza dello scheduling fornisce un confronto tra le prestazioni pianificate e quelle effettive, senza tenere conto dei costi.

Per un **controllo** accurato bisogna collegare costi e tempi di realizzazione. È necessario assegnare alle attività della WBS, con cui si è determinato il programma lavori, i costi preventivi e consuntivi. Un metodo di controllo è quello dell'**Earned Value**, illustrato nel paragrafo successivo.

---

<sup>37</sup> Definizione di Project Control delle Slide "Project Control in Saipem" del Seminario presso l'Auditorium della Casa dello Studente del Politecnico di Milano tenuto dall'ing. Prestigiaco del'Area Project Control di Saipem, Milano 31 Maggio 2011 [41]

### 1.7.2.- Il metodo dell'Earned Value

Il metodo dell'**Earned Value**<sup>38</sup> si basa sulla valutazione del lavoro effettivamente realizzato in una certa data.

I **parametri** sono:

- **BCWS** – Budget Cost Work Scheduled, ovvero costo preventivato del lavoro programmato. È l'importo che avrebbe dovuto essere sospeso alla data di aggiornamento. Dipende dal costo preventivato e dalla percentuale di avanzamento prevista. BCWS è dato dalla percentuale di avanzamento programmata per il costo totale previsto.
- **BCWP** – Budget Cost Work Performed, cioè costo preventivato del lavoro realizzato. È l'importo che avrebbe dovuto essere speso alla data di aggiornamento in funzione del costo preventivato e dell'effettivo avanzamento. Dipende dal costo preventivato e dalla percentuale di avanzamento effettiva. BCWP è la percentuale dell'avanzamento effettiva per il costo totale previsto
- **ACWP** – Actual Cost Work Performed, ovvero costo consuntivo del lavoro realizzato. È il reale costo dell'attività al momento dell'aggiornamento. ACWP è il costo effettivo ad una certa data.

Lo **scostamento** dei costi CV è dato da:

$$CV = BCWP - ACWP$$

Una varianza negativa indica un'eccedenza dei costi.

Lo **scostamento** dei tempi SV è dato da:

$$SV = BCWP - BCWS$$

Una varianza negativa indica un ritardo sul programma.

Utilizzando la varianza dei costi e la varianza dei tempi è possibile sviluppare un sistema di controllo integrato di costi e tempi che consente la valutazione dei costi in relazione al lavoro portato a termine.

Oltre al calcolo degli scostamenti dei costi e dei tempi in termini di denaro o percentuali è possibile anche realizzare il livello di efficienza con cui è stato portato avanti il lavoro.

---

<sup>38</sup> G. Rigamonti, *La gestione dei processi di intervento edilizio*, Utet Editore, 2001 [5]



**SPI**, Scheduled Performance Index, è dato da:

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$$

Se  $SPI > 1$  è stato effettuato più lavoro di quanto programmato.

**CPI**, Cost Performance Index, viene calcolato come:

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP}$$

Se  $CPI > 1$  i costi sono stati inferiori a quanto programmato.

I due indici possono essere entrambi **favorevoli** e dunque i lavori sono in anticipo e i costi inferiori. Se entrambi **sfavorevoli** i lavori sono in ritardo e i costi superiori a quanto preventivato. Se  **$SPI > 1$  e  $CPI < 1$**  i lavori sono in anticipo effettuati a costo più elevato; se  $SPI < 1$  e  $CPI > 1$  i lavori sono in ritardo effettuati a costo inferiore.

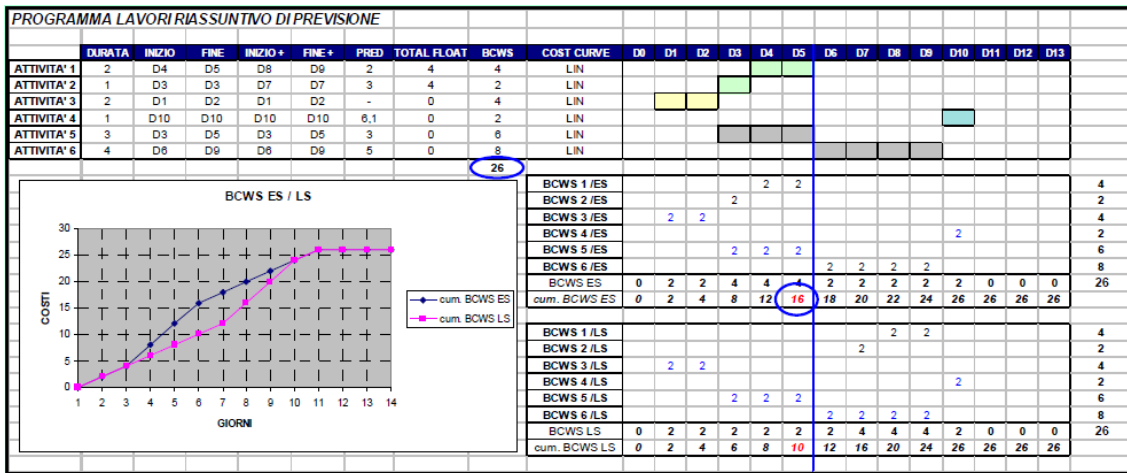
Nel caso in cui  **$ACWP = BCWP > BCWS$** , sono state utilizzate più risorse ma con un costo comunque corretto; quindi si è in anticipo con una spesa corretta.

Nel caso in cui  **$ACWP = BCWP < BCWS$** , non sono state utilizzate risorse sufficienti; per risolvere la situazione bisogna sostenere costi aggiuntivi.

Se  **$ACWP < BCWS$  e  $BCWP > BCWS$** , si è in anticipo e sottocosto; preventivo molto prudente oppure lavoro meno difficile del previsto o maggiore efficienza esecutiva. In questo caso può essere opportuno utilizzare alcune risorse in altri Progetti.

Una volta determinati gli indici di gestione si può effettuare l'analisi previsionale dei tempi e costi a finire con il successivo aggiornamento del Programma Lavori e del Budget, cercando di eliminare le cause di possibili futuri scostamenti.

Si riporta un esempio di calcolo degli indici di gestione<sup>39</sup> nella fase di previsione.



DURATA PREVISTA DEI LAVORI = 10 D

BUDGET TOTALE = 26

BCWS = 16 (Calcolato al 5° giorno – data di aggiornamento)

Figura 13 – Esempio di calcolo degli indici di gestione

### 1.7.3.- Il metodo Plan Do Check Act

F. Re Cecconi e A. Cerutti nel libro “Verifica e validazione del progetto esecutivo” propongono un metodo di controllo<sup>40</sup> che prende spunto dal concetto “P.D.C.A.”: **Plan Do Check Act** – Pianificare, Attuare, Controllare, Correggere, ripreso da molte normative, in primis quella relativa alla qualità<sup>41</sup>; per la struttura hanno preso spunto dal controllo di gestione di un cantiere comunemente attuato dalle imprese di costruzione consistente nel:

- Realizzare un programma lavori
- Controllare, durante lo svolgimento dei lavori, la completezza dello stesso
- Aggiornare eventualmente il programma

<sup>39</sup> L'esempio è stato estrapolato dalle slide di Giuseppe Rigamonti, Collegio dei costruttori edili, ANCE, Brescia, 13-14-20-21 Gennaio 2006

<sup>40</sup> F. Re Cecconi, A. Cerutti, *Verifica e validazione del progetto esecutivo*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, 2010 [21]

<sup>41</sup> UNI 10722-3, *Qualificazione e verifica del progetto edilizio di nuove costruzioni – Pianificazione del progetto e pianificazione ed esecuzione delle verifiche del progetto di un intervento edilizio*, Gennaio 2009 [45]



- Raccogliere i dati a consuntivo così da implementare il programma iniziale per i successivi lavori
- Raccogliere eventuali lamentele riscontrate durante i lavori e a seguito degli stessi
- Implementare il database con i dati di feedback

Il trasferimento di questa prassi d'impresa ad una stazione appaltante che debba validare un progetto esecutivo porta a:

- Realizzare un piano dei controlli e dei tempi
- Controllare, durante lo svolgimento dei lavori, la completezza del documento e il rispetto dei tempi
- Aggiornare con i nuovi dati la lista dei controlli
- Raccogliere i dati a consuntivo così da implementare la lista dei controlli e dei tempi per i successivi lavori
- Raccogliere eventuali lamentele riscontrate durante i lavori e a seguito degli stessi
- Implementare il database, controlli da effettuare e tempi, con i dati di feedback.

L'implementazione della prassi proposta dà vita a una banca dati consultabile e implementabile ad ogni lavoro, in grado di evidenziare punti critici su cui concentrare il lavoro di controllo.

Secondo il principio di Pareto l'ottanta per cento dei costi di una costruzione è imputabile al venti per cento dei lavori; risulta quindi spesso economicamente conveniente controllare con maggiore attenzione alcune parti del progetto rispetto ad altre.

Si presentano ora gli **aspetti del controllo dei principali documenti prodotti**.

Relazioni di calcolo

- Verificare che le ipotesi ed i criteri assunti alla base dei calcoli siano coerenti con la destinazione dell'opera e con la corretta applicazione delle disposizioni normative e regolamentari pertinenti al caso in esame.
- Verificare che il dimensionamento dell'opera, con riferimento ai diversi componenti sia stato svolto completamente, in relazione al livello di progettazione da verificare e che i metodi di calcolo utilizzabili siano esplicitati in maniera tale da risultare leggibili, chiari e interpretabili.

- Verificare la congruenza di tali risultati con il contenuto delle elaborazioni grafiche e delle prescrizioni prestazionali e capitolari.
- Verificare la correttezza del dimensionamento per gli elementi ritenuti più critici che devono essere desumibili anche dalla descrizione illustrativa della relazione di calcolo stessa.
- Verificare che le scelte progettuali costituiscano una soluzione idonea in relazione alla durabilità dell'opera nelle condizioni d'uso e manutenzione previste.

#### Elaborati grafici

- Verificare che ogni elemento, identificabile sui grafici, sia descritto in termini geometrici e che, ove non dichiarate le sue caratteristiche, esso sia identificato univocamente attraverso un codice ovvero attraverso altro sistema di identificazione che possa porlo in riferimento alla descrizione di altri elaborati, ivi compresi documenti prestazionali e capitolari.

#### Capitolati, documenti prestazionali e schema di contratto

- Verificare che ogni elemento, identificabile sugli elaborati grafici, sia adeguatamente qualificato all'interno della documentazione prestazionale e capitolare; verificare inoltre il coordinamento tra le prescrizioni del progetto e le clausole dello schema di contratto, del capitolato speciale d'appalto e del piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti.

#### Documentazione di stima economica

- Verificare che i costi parametrici assunti alla base del calcolo sommario della spesa siano coerenti con la qualità dell'opera prevista e la complessità delle necessarie lavorazioni.
- I prezzi unitari assunti come riferimento siano dedotti dai prezzi della stazione appaltante aggiornati ai sensi dell'articolo 133, comma 8, del codice o dai listini ufficiali vigenti nell'area interessata.
- Gli elementi di computo metrico estimativo comprendano tutte le opere previste nella documentazione prestazionale e capitolare e corrispondano agli elaborati grafici e descrittivi.
- I metodi di misura delle opere siano usuali e standard.





- Le misure delle opere computate siano corrette, operando anche a campione o per categorie prevalenti.
- I totali calcolati siano corretti.
- Il computo metrico estimativo e lo schema di contratto individuano la categoria prevalente, le categorie scorporabili e subappaltabili a scelta dell'affidatario, le categorie con obbligo di qualificazione e le categorie di cui all'articolo 37, comma 2, del codice.
- Le stime economiche relative ai piani di gestione e manutenzione siano riferibili ad opere similari di cui si ha evidenza dal mercato o che i calcoli siano fondati su metodologie accettabili dalla scienza in uso e raggiungano l'obiettivo richiesto dal committente.
- I piani economici e finanziari siano tali da assicurare il perseguimento dell'equilibrio economico-finanziario.

#### Piano di sicurezza e coordinamento

- Verificare che sia redatto per tutte le tipologie di lavorazioni da porre in essere durante la realizzazione dell'opera ed in conformità dei relativi magisteri; inoltre che siano stati esaminati tutti gli aspetti che possono avere un impatto diretto e indiretto sui costi e sull'effettiva cantierabilità dell'opera, con quanto previsto nell'allegato XV al d.lgs. 9 aprile 2008, n.81.

#### Quadro economico

- Verificare che sia stato redatto conformemente a quanto previsto dall'articolo 16 del d.P.R. 207/2010<sup>42</sup>

Il progetto, non solo quello esecutivo, deve essere redatto al fine di essere facilmente controllabile, così da semplificare il processo di verifica e aumentare la probabilità di superare lo stesso. A questo scopo il progetto deve permettere di individuare tutte le informazioni necessarie e valutare semplicemente le congruità con gli altri documenti.

---

<sup>42</sup> d.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207, *Codice dei contratti pubblici relativi ai lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE* [53]



#### 1.7.4.- Accenni di metodi di controllo avanzati

---

**Emad Elbeltagi, Mahmoud Dawood<sup>43</sup>**, nel loro articolo *Integrated visualized time control system for repetitive construction projects*, sottolineano che il controllo è un'essenziale funzione di gestione per una consegna di successo e l'ottenimento degli obiettivi della costruzione del Progetto. Considerevoli sforzi di ricerca sono stati fatti sul controllo di Progetto. Tuttavia, la letteratura soffre della mancanza di visualizzazione del processo di controllo. Con la crescita di tecniche di visualizzazione nella costruzione, BIM Building Information Modelling e GIS Geographic Information System hanno dato recentemente un contributo nel visualizzare l'avanzamento della costruzione. Poiché sono tecniche ancora in fase di sperimentazione, non sono oggetto della seguente trattazione.

---

<sup>43</sup> Emad Elbeltagi, Mahmoud Dawood, *Integrated visualized time control system for repetitive construction projects*, Automation in Construction, Maggio 2011 [34]



## 1.8.- Il Controllo dei Rischi

### 1.8.1.- Terminologia

Parlando di Controllo dei Rischi è molto importante definire una **terminologia di riferimento**. Nel Settembre del 2004, l'UNI<sup>44</sup> ha promosso un gruppo di lavoro per la definizione della terminologia della Gestione del Rischio.

Secondo il Vocabolario della lingua italiana edito dall'Istituto dell'Enciclopedia fondata da Giovanni Treccani, il **Rischio** consiste nell'eventualità di subire un danno, connessa a circostanze più o meno prevedibili.

La definizione della parola Rischio è strettamente connessa alla definizione di **incertezza**. Per incertezza si intende lo stato di assenza di informazioni relative ad una situazione futura e viene definita dalla seguente equazione:

$$\text{INCERTEZZA} = \text{IMPREVISTI} + \text{OPPORTUNITÀ}$$

Dove gli **imprevisti** rappresentano gli eventi che possono avere un impatto negativo sul Progetto e le **opportunità** rappresentano gli eventi in grado di migliorare i risultati finali. L'incertezza, dunque, rappresenta l'intervallo completo di impatti negativi e positivi.

Esistono **tre teorie che legano i rischi e l'incertezza**<sup>45</sup> secondo le seguenti equazioni:

- **RISCHIO = IMPREVISTI + OPPORTUNITÀ**: in questo caso il rischio assume lo stesso identico significato di incertezza. Questa relazione è adottata dal mondo bancario.
- **INCERTEZZA = RISCHIO + OPPORTUNITÀ**: in questo il significato di rischio è legato a quello di imprevisto e si lega quindi ai risultati inattesi o indesiderati. Questa relazione è adottata nel mondo delle industrie.
- **RISCHIO = IMPREVISTI - OPPORTUNITÀ**: il rischio rappresenta l'impatto netto delle incertezze sul risultato finale.

<sup>44</sup> Ente Nazionale Italiano di Unificazione

<sup>45</sup> Le tre teorie sono state estrapolate dalla tesi di dottorato M. Pitzalis, *Il Risk Management nel Processo Edilizio: dalla Progettazione Tecnologica a quella Operativa, Economica e Gestionale*, Politecnico di Milano [31]



Nella presenta trattazione si assume la **seconda relazione** come quella **di riferimento**, pertanto per rischi si intendono i possibili risvolti negativi, o meglio la possibilità di peggioramento del risultato finale. Per Rischio si intende l'insieme delle possibilità di un evento e delle sue conseguenze sugli obiettivi.

Strettamente connesse alla definizione di rischio devono essere richiamate alcune fondamentali definizioni, che si riportano di seguito.

**Evento sfavorevole:** evento che comporta conseguenze negative rispetto a quella prefigurata, comportando danni o perdite.

**Danno o perdita:** qualunque conseguenza negativa di un evento sfavorevole.

**Pericolo:** causa o origine di un danno o perdita potenziali.

**Gravità o magnitudo o severità:** entità del danno o perdita.

**Probabilità:** misura o stima della possibilità che un evento ha di verificarsi.

**Frequenza:** numero di volte che un evento può verificarsi in un periodo di tempo definito.

**Dimensione di un rischio:** combinazione della probabilità di un evento o delle entità delle sue conseguenze (gravità).

**Fattore di influenza:** elemento in grado di influire sul livello di rischio.

**Unità di rischio:** entità esposta al rischio. Può essere un prodotto, un bene, una proprietà, un'organizzazione, un sistema, una persona, un'attività, un processo o una procedura.

### 1.8.2.- Modelli di Gestione del Rischio

Per definire la Gestione del Rischio si può fare riferimento a una vasta serie di definizioni rintracciabili nella letteratura specialistica tutte equivalentemente valide.

Il **Risk Management**<sup>46</sup>, ovvero la Gestione del Rischio, è un sistema che si propone di identificare e quantificare tutti i rischi a cui l'investimento od il Progetto è esposto, in modo da poter prendere una decisione consapevole su come gestire gli stessi rischi.

L'UNI definisce la **Gestione del Rischio** come l'insieme di attività, metodologie e competenze coordinate per guidare e tenere sotto controllo un'Organizzazione con riferimento ai rischi.

Di seguito si presentano alcuni modelli di Gestione del Rischio presenti in letteratura.

<sup>46</sup> R. Flanagan, G. Norman, *Risk Management and Construction*, Blackwell Publishing [22]



**G. Rigamonti (2001)**, nel libro *La Gestione dei Processi di Intervento Edilizio*, presenta i **momenti ricorrenti** della Gestione dei Rischi, che si possono sintetizzare come segue:

- Identificazione dei Rischi: quali sono i rischi che si presentano?
- Quantificazione dei Rischi: qual è la probabilità della loro evenienza e cosa succede se si avverano?
- Identificazione delle contromisure opportune: cosa posso fare se esse si avverano?
- Monitoraggio della situazione: è andato tutto come prevedevo? Se no, perché? Devo trarre qualche insegnamento da ciò che è accaduto?

Sottolinea, inoltre, che le applicazioni di Gestione del Rischio connesse al settore edilizio sono poche e fa riferimento agli schemi proposti dalle associazioni statunitensi **AACE**, Association for the Advancement of Cost Engineering) e **CII**, Construction Industry Institute.

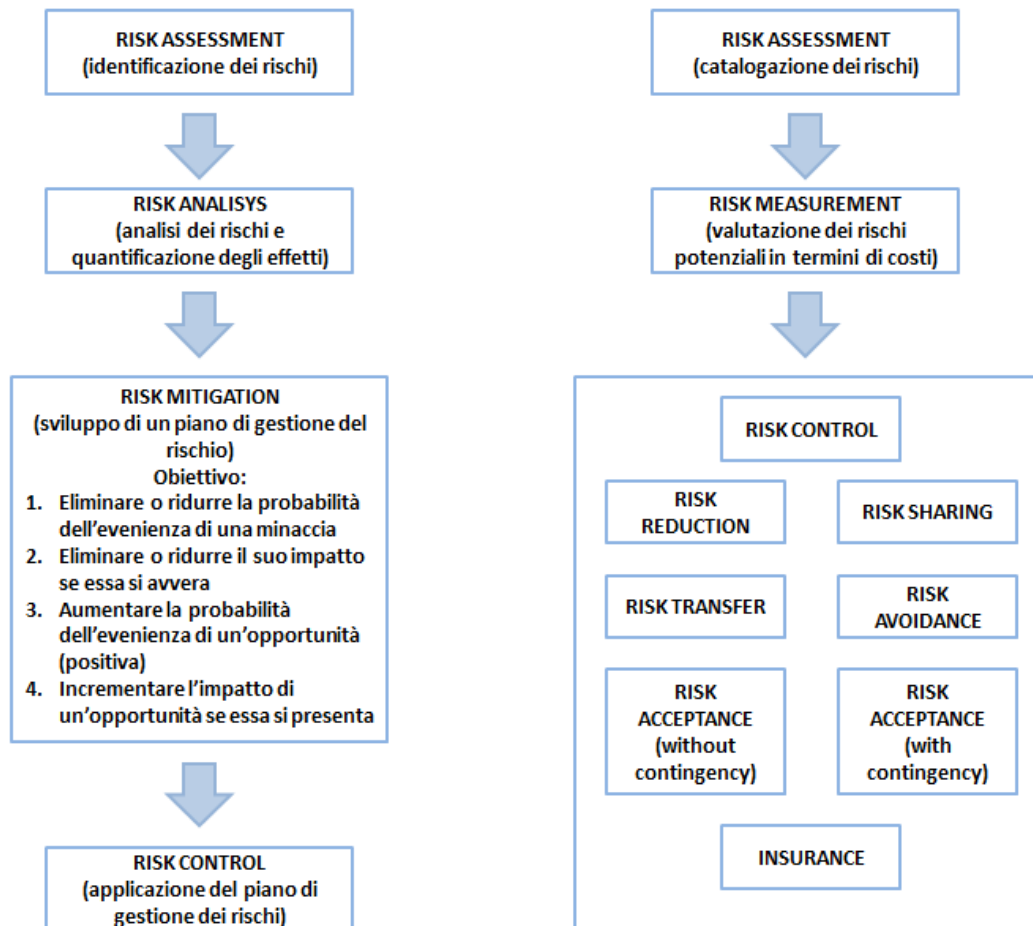


Figura 14 – Modelli AACE e CII<sup>47</sup>

<sup>47</sup> G. Rigamonti, *La gestione dei processi di intervento edilizio*, Utet Editore, 2001 [5]

L'Analisi dei Rischi prevede 5 fasi:

- **Identificazione dei Rischi.** Vengono identificate le sorgenti e i tipi di rischio. Può risultare molto difficile, soprattutto nel caso di interventi di grandi dimensioni e progetti complessi, con più livelli di progettazione, complicate interazioni tra i personaggi coinvolti, e problemi di organizzazione, concentrarsi su qualcosa di non perfettamente definito. Inevitabilmente, la cattiva definizione di un rischio produrrà ulteriori rischi. Le cause dei rischi ed i loro effetti devono essere chiaramente distinti secondo la sequenza: sorgente-evento-effetto.
- **Classificazione dei Rischi.** In questa fase si persegue una suddivisione dei Rischi in categorie, con l'obiettivo di identificare meglio il livello di analisi da effettuare su ciascuno di essi, nonché la responsabilità della loro gestione.
- **Analisi dei Rischi.** Questa fase mira a dare una quantificazione degli effetti dei rischi, a valutare tutte le possibili alternative e ad analizzare i risultati di ogni decisione. In sintesi l'Analisi dei Rischi fornisce una visione di cosa succederebbe se il Progetto non andasse secondo i piani e cosa succederebbe se fossero prese decisioni alternative. L'approccio dell'Analisi dei Rischi riconosce esplicitamente l'incertezza che circonda la stima più accurata generando una distribuzione di probabilità, migliorando perciò la comprensione degli effetti della stessa incertezza sul Progetto. I passi in cui si può articolare l'Analisi dei Rischi sono i seguenti:
  - Considerare tutte le opzioni
  - Considerare l'attitudine al Rischio del responsabile delle decisioni
  - Considerare quali Rischi sono stati identificati, quali sono controllabili e quale potrebbe essere il loro impatto
  - Misurare i Rischi quantitativamente e qualitativamente
  - Interpretare i risultati e sviluppare una strategia per occuparsi dei Rischi
  - Decidere quali Rischi trattenere e quali riallocare presso altri.
- **Attitudine al Rischio.** L'atteggiamento nei confronti del Rischio può essere il frutto di politiche aziendali ben precise che, ad esempio, spingano a comportamenti spregiudicati al fine di conseguire obiettivi considerati di grande importanza strategica, oppure, al contrario, rinuncino alla possibilità di maggiori guadagni pur di non esporsi a rischi di entità limitata. In ogni caso, l'attitudine al Rischio è uno dei fattori che può



influenzare l'ultima fase del Risk Management, ossia quella della decisione: la risposta al Rischio.

- **Risposta al rischio.** La risposta o l'allocazione del Rischio può prendere una tra questa quattro forme:
  - Riduzione del Rischio
  - Assorbimento del Rischio
  - Trasferimento del Rischio
  - Elusione del Rischio

**Perry e Hayes** (1985)<sup>48</sup> propongono una struttura di Risk Management suddivisa in tre fasi: **identificazione** del rischio, **analisi** del rischio e **risposta** al rischio. Si tratta di un modello lineare che deve essere applicato ad ogni rischio identificato per il progetto in esame.

**Carter** (1994) propone un modello di Risk Management organizzato in 6 fasi che si ripetono ciclicamente<sup>49</sup>.

- Identificazione del rischio
- Misurazione e classificazione del rischio
- Analisi del rischio
- Comunicazione del rischio
- Mitigazione, riduzione e/o ottimizzazione del rischio
- Monitoraggio e controllo del rischio

---

<sup>48</sup> M. Pitzalis, *Il Risk Management nel Processo Edilizio: dalla Progettazione Tecnologica a quella Operativa, Economica e Gestionale*, Politecnico di Milano [31]

<sup>49</sup> National Cooperative Highway Research Program, *Guidebook on Risk Analysis Tools and Management Practices to Control Transportation Project Costs*, Washington, 2001 [37]



Figura 15 – Modello ciclico di gestione del rischio secondo Carter (1994)

Anche Kliem e Ludin (1997) propongono un modello ciclico di gestione del rischio, ma si tratta di un modello semplificato, organizzato nelle seguenti 4 fasi:

- Identificazione del rischio
- Analisi del rischio
- Controllo del rischio
- Comunicazione del rischio

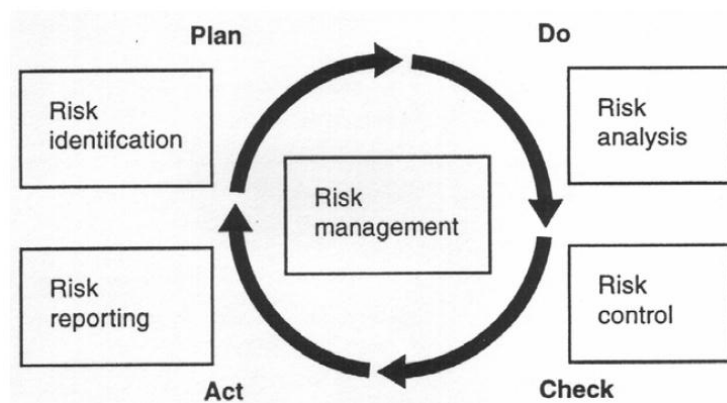


Figura 16 – Modello ciclico di gestione del rischio secondo Kliem e Ludin (1997)



**Baker, Ponniah e Smith (1998)** propongono una struttura di risk management divisa in tre momenti strategici: l'analisi del rischio, la valutazione del rischio e il controllo del rischio. L'analisi del rischio è però suddivisa in due fasi elementari che sono l'identificazione e la stima del rischio, mentre la fase di controllo del rischio è divisa in altre due fasi elementari che sono la comunicazione del rischio e il monitoraggio del rischio. Quindi globalmente possono si ha un processo di 5 fasi elementari.



Figura 17 – Modello ciclico di gestione del rischio secondo Baker, Ponniah e Smith (1998)

Luis F. Alarcon, David B. Ashley, Dist.M.ASCE, Angelique Sucre de Hanily, Keith R. Molenaar, M.ASCE, Ricardo Ungo (2011, Journal), presentano il seguente processo di Gestione del Rischio applicato all'Intervento relativo all'Espansione del Canale di Panama.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Luis F. Alarcon, David B. Ashley, Dist.M.ASCE, Angelique Sucre de Hanily, Keith R. Molenaar, M.ASCE, Ricardo Ungo, *Risk Planning and Management for the Paname Canal Expansion Program*, Journal of Construction Engineering and Management, Ottobre 2011 [35]

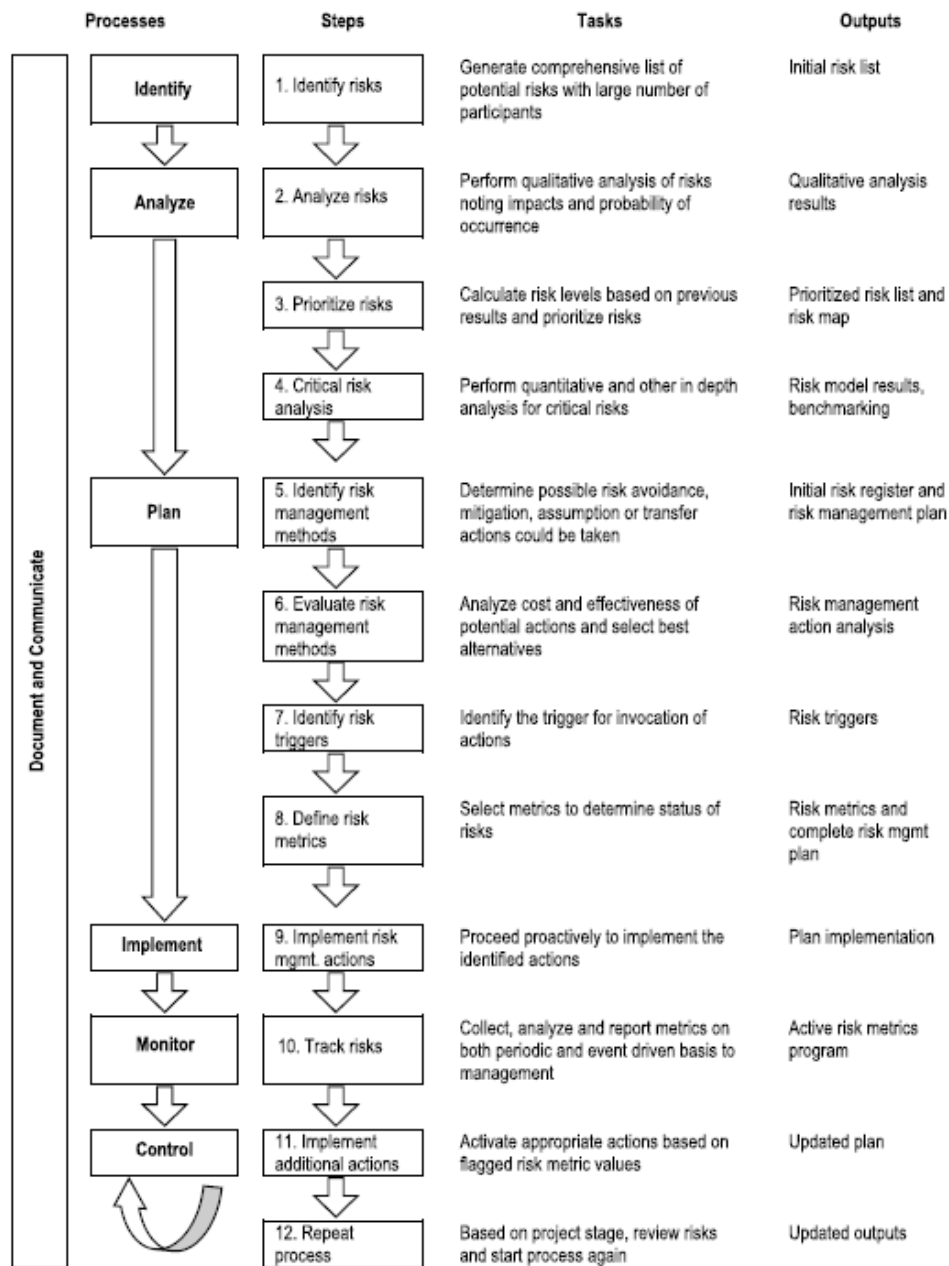


Figura 18 – Processo di Gestione del Rischio del Canale di Panama

S.M. Mousavi, R. Tavakkoli-Moghaddam, H. Hashemi, S.M.H. Mojtahedi (2011)<sup>51</sup>, sottolineano che la tematica del rischio è stata sempre materia di dibattito nei grandi Progetti di Ingegneria. Questi ultimi sono infatti particolarmente soggetti a rischi per la loro

<sup>51</sup> S.M. Mousavi, R. Tavakkoli-Moghaddam, H. Hashemi, S.M.H. Mojtahedi, *A novel approach based on non-parametric resampling with interval analysis for large engineering project risks*, 12 Giugno 2011 [39]



complessità, incertezza e ambiguità. Secondo la loro opinione, le tradizionali tecniche statistiche non possono contribuire in modo significativo ad analizzare i dati di rischio e dunque propongono una tecnica, di seguito presentata. Il primo passo è quello di raccogliere tutti i potenziali dati di rischio dagli esperti in un grande ambiente di Progetto. Questionari e interviste sono tecniche e strumenti validi per la raccolta dei dati. I rischi identificati con minore impatto e bassa probabilità di accadimento non sono presi in considerazione nel processo di valutazione.

Nel secondo passo dell'approccio proposto, la probabilità di accadimento e l'impatto dei rischi sono quantificati attraverso una scala di valori. Questa procedura continua per iterazione, finché gli intervalli dei valori per i criteri dei rischi raggiungono una stabilità.

Il processo di tipo ciclico, come evidenziato nella figura precedente, prevede 6 fasi:

- Identificazione dei Rischi
- Analisi del Rischio
- Pianificazione delle Azioni di Gestione del Rischio
- Implementazione delle Azioni
- Monitoraggio dei Rischi
- Controllo delle Azioni di Gestione del Rischio

Nepi<sup>52</sup> (2007) presenta il **processo tecnico** di gestione del Rischio articolato in 4 fasi:

- La fase di **identificazione** consiste nell'individuazione e nella relativa descrizione delle tipologie di eventi rischiosi che potrebbero manifestarsi in corso d'opera;
- La fase di **analisi** è mirata alla valutazione della frequenza e delle ricadute potenziali di ciascuna tipologia di evento, oltre alle loro possibili interconnessioni;
- La fase di **pianificazione** definisce le azioni che dovranno essere messe in atto e i relativi enti aziendali, al fine di promuovere e contrastare, rispettivamente, le opportunità e le minacce identificate nel passo precedente;

---

<sup>52</sup> Alberto Nepi, *Project Management. Analisi e Gestione dei Rischi di Progetto*, Franco Angeli Editore, Milano 2007 [23]

- La fase di **controllo**, che si protrae lungo l'intero arco di vita del Progetto, consiste nell'attuazione delle azioni preventivate, nella valutazione dei loro ritorni e nell'aggiornamento del piano iniziale.

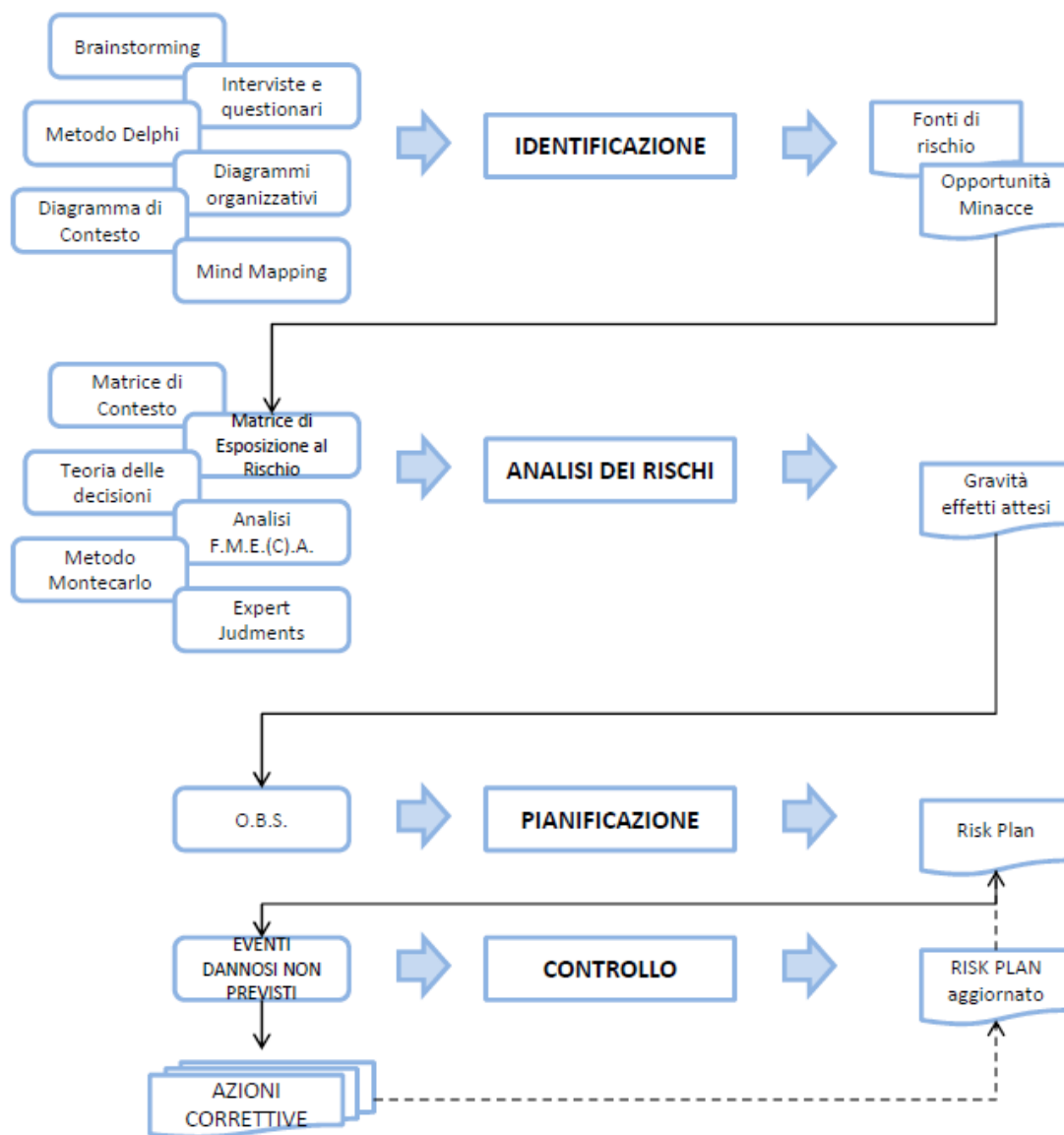


Figura 19 – Processo tecnico di gestione dei rischi di progetto

Nei paragrafi che seguono saranno espone per ogni fase le **tecniche** di supporto di più **frequente utilizzo** secondo il modello proposto da Nepi.



### 1.8.3.- Identificazione dei Rischi

---

L'individuazione del Rischio consiste nel:

- **Definire** le possibili fonti di Rischio
- **Individuare** gli eventi che ne possono determinare l'insorgere.

Tra tutte le possibili fonti di Rischio occorrerà concentrare l'attenzione soltanto su quelle che sono caratterizzate da:

- Un'alta probabilità di accadimento
- Criticità potenziali di portata significativa
- Dati di riferimento successivamente rappresentativi
- Reali possibilità di esercitare azioni di contrasto o di facilitazione

È necessario avanzare una **critica all'idea di Nepi**: infatti spesso l'insieme di più rischi caratterizzati da un basso impatto può rappresentare una fonte di criticità maggiore rispetto ad un solo rischio con un impatto considerevole.

Per identificare i Rischi è indispensabile definire le **Unità di Rischio**, ovvero selezionare le aree del Progetto che si intendono esaminare singolarmente e decidere il livello di dettaglio al quale si ritiene utile spingere l'indagine. A volte le Unità di Rischio coincidono con il primo livello di scomposizione della WBS, che può ad esempio essere scomposto in Progettazione, Costruzione, Acquisti e Collaudo.

Per poter identificare i possibili Rischi si possono utilizzare diversi **metodi**:

- Discussioni dirette, ad esempio **brainstorming**
- **Interviste e questionari**
- Il **Metodo Delfi**<sup>53</sup>
- **Diagrammi organizzativi e diagrammi di flusso**
- **Diagramma di Contesto**
- **Mind Mapping**

---

<sup>53</sup> Rocco Amato, Roberto Chiappi, *Tecniche di Project Management. Pianificazione e Controllo dei Progetti*, Franco Angeli Editore, Milano 2001 [13]



In ogni caso è indispensabile che a questa identificazione partecipino i principali **conoscitori del Progetto**, Proposal Manager, Area Superintendent, Project Manager, Project Engineer, Construction Manager.

Un atteggiamento diffuso consiste nel credere che l'identificazione dei Rischi debba essere fatto solamente dall'esperto di risk analysis, ma questo è un errore simile a quello di ritenere che i legami e le risorse di un reticolo debbano essere identificati dal solo esperto di tecniche reticolari.

**M.Loosemore, C. S. McCarthy** (2008)<sup>54</sup>, sottolineano che le comuni percezioni dell'allocation del Rischio sono la base di un Progetto di Costruzione armonioso, effettivo ed efficiente. La chiave per migliorare la gestione delle percezioni del rischio è fondamentalmente quella di comunicazione, consultazione e coinvolgimento di tutte le parti coinvolte nel Progetto.

Il successo della fase di individuazione dei Rischi di Progetto va attribuito, in larga misura, alla competenza professionale, alle specifiche conoscenze del particolare contesto ed, infine, alle doti personali di creatività, di perspicacia e di sensibilità di chi la svolge. **Misani**<sup>55</sup> sottolinea che *“il buon analista possiede doti speciali di intuito e immaginazione, una mente allenata alla costruzione di scenari sfavorevoli e una capacità quasi perversa di preveggenza del danno. Qualunque tecnica porta ad esiti insoddisfacenti, se impiegata in modo passivo e meccanico, senza spirito critico e un personale contributo di fantasia e competenza”*.

Per **Brainstorming** si intendono discussioni aperte e di carattere creativo in cui i partecipanti confrontano i propri punti di vista sugli eventi sfavorevoli che possono affliggere il Progetto e l'Organizzazione, individuando le relative **sorgenti di rischio** e le potenziali **ricadute** sugli obiettivi del **Progetto**. L'**unione di esperienze e opinioni** rappresenta una fonte preziosa di informazioni; inoltre il brainstorming ha proprio la caratteristica di lasciare spazio a qualunque ipotesi, anche la più assurda e originale.

---

<sup>54</sup> M.Loosemore, C. S. McCarthy, *Perceptions of Contractual Risk Allocation in Construction Supply Chains*, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, Gennaio 2008 [26]

<sup>55</sup> N.Misani, *Introduzione al Risk Management*, EGEA Editore, Milano, 1994 [24]



Affinché il brainstorming sia efficace non deve succedere che ci siano personalità forti e dominanti che impongano i propri punti di vista limitando la creatività e il contributo degli altri partecipanti. In questo senso diventa fondamentale la capacità del coordinatore di conferire i giusti spazi a tutti e di limitare gli eccessi di autoritarismo.

Un altro aspetto importante da tenere sotto controllo riguarda il numero di partecipanti: riunioni che coinvolgono troppe persone rischiano di essere dispersive e inefficienti.

Il gruppo di tecniche **Interviste e Questionari** ha in comune il fatto di essere delle indagini guidate da uno più intervistatori. Ciò pone da subito in evidenza quale ne sia il fattore critico: l'esperienza e la capacità degli intervistatori a formulare questionari e la successiva capacità ad analizzare i risultati ricavati.

Le interviste sono una tecnica che comporta una risposta orale, da parte dell'intervistato, a una serie di domande, con la possibilità di dar vita a un confronto dialettico relativamente a tali risposte.

Le domande non devono essere necessariamente strutturate, anzi spesso la possibilità di affrontare discussioni aperte con domande libere rappresenta il vero valore aggiunto delle interviste.

Naturalmente la capacità e l'esperienza di chi conduce l'intervista, sia riguardo ai temi affrontati sia alla struttura stessa delle domande, sono la discriminante che rendono la tecnica più o meno efficace.

Una possibilità è data dall'organizzare interviste in cui ci siano tanti intervistatori e un intervistato. Questa alternativa offre l'opportunità di approfondire il patrimonio di conoscenze di chi risponde da diverse angolazioni cogliendo tutte le sfumature e massimizzando il suo contributo all'identificazione dei rischi.

In questi termini la tecnica delle interviste è estremamente interessante, ma comporta un oneroso dispendio di tempo, considerato soprattutto l'annesso processo di analisi e sistematizzazione globale dei risultati ricavati da ogni singola intervista.

La tecnica dei questionari è invece il metodo più rapido ed efficiente per acquisire informazioni circa le opinioni di tutti gli operatori coinvolti nel Progetto e per impostare una loro analisi, comparazione e sintesi.



I questionari possono essere composti da domande chiuse o aperte, possono essere strutturati o non. Ancora una volta, la capacità di chi conduce l'indagine nel formulare questionari appropriati condiziona fortemente la qualità dei risultati ricavati.

Il principale limite di questa tecnica risiede nella scarsa stimolazione del contributo creativo dell'intervistato, che si trova limitato a fornire risposte a precise domande senza poter ampliare lo spettro di discussione.

Il **Metodo Delfi** è un sistema utile per ricavare risultati il più oggettivi possibili da una serie di valutazioni soggettive.

Il sistema coinvolge un coordinatore e un **gruppo di esperti**, chiamato il gruppo Delfi. I membri di tale gruppo, posti nella condizione di **non poter interagire tra di loro** per evitare condizionamenti reciproci, sono chiamati a rispondere a un questionario somministrato da parte del coordinatore.

Tali questionari sono quindi riconsegnati al coordinatore che si preoccupa di diffonderli a tutti i membri affinché ognuno possa rivedere e aggiornare la propria posizione per ogni domanda del questionario anche sulla base dell'opinione degli altri esperti. I questionari così rivalutati vengono riconsegnati al coordinatore.

Questo processo di continue previsioni e revisioni continua finché il coordinatore non ritiene che sia stata **raggiunta una posizione comune** sufficientemente condivisa dagli esperti del gruppo Delfi: tale posizione è assimilabile all'oracolo di Delfi, da cui il nome della tecnica.

Il metodo Delfi è estremamente utile per valorizzare le conoscenze e le abilità degli esperti coinvolti, evitando strumentalizzazioni gerarchiche o caratteriali, limitando quindi le deviazioni di giudizio e aumentando l'affidabilità delle valutazioni.

Gli svantaggi sono più che altro connessi alla **durata dei processi reiterativi**, che rischiano di essere molto **lunghi**. Tuttavia l'utilizzo di sistemi informatici, come la posta elettronica e un'adeguata esperienza del coordinatore, possono contenere notevolmente il dispendio di tempo.

La strutturazione e l'analisi di **Diagrammi Organizzativi e di Flusso** per il Progetto rappresenta una tecnica fondamentale, a supporto di quelle precedentemente descritte, per prendere coscienza delle specifiche condizioni di lavoro in cui si opera.





Dal punto di vista dei diagrammi organizzativi, si deve procedere a una schematizzazione delle relazioni sia a livello generale sia a livello di specifiche strutture coinvolte evidenziando principalmente:

- Il grado di centralizzazione o decentralizzazione delle funzioni di controllo
- Il grado di autonomia decisionale
- Le interazioni tra le parti dell'organizzazione

I diagrammi di flusso sono invece utili per ricavare indicazioni circa le linee di indagine da approfondire per individuare i potenziali pericoli e casualità.

Tali diagrammi possono essere generali, ossia relativi all'intero processo produttivo, o particolari, ossia specifici di una singola fase o struttura; possono altresì essere semplici, ossia rappresentati da un semplice flusso logico delle attività, oppure ponderati, ossia caratterizzati dall'attribuzione di un peso che definisca la maggiore o minore rilevanza di una fase rispetto ad un'altra.

Una delle **metodologie**, a cui si può ricorrere in fase di individuazione delle fonti significative di rischio del Progetto, è rappresentata dal **Diagramma di Contesto**. Esso è la rappresentazione grafica degli agenti esterni che contraddistinguono il particolare contesto ambientale e delle interazioni che si generano tra questi ultimi e il Sistema in esame.

R.D. Archibald<sup>56</sup> ne ha proposto un adattamento che consiste in una rappresentazione grafica, di forma circolare, all'interno della quale vengono posizionati i singoli elementi di criticità generati dallo specifico ambiente esterno. Il Diagramma di contesto è formato da tre colonne circolari concentriche e da un numero variabile di settori circolari: nelle singole aree di intersezione vengono collocati i peculiari fattori e i soggetti che sono stati ritenuti fonti di rischio significative. Gli elementi di criticità sono i fattori, ovvero entità esterne al Progetto, prive di qualsiasi possibilità di azione e/o di decisioni autonome, che possono, in corso d'opera, arrecare danni o, alternativamente, offrire delle opportunità, e i soggetti, cioè le entità esterne al Progetto che possono interferire con l'iter progettuale mettendo in atto eventuali interventi volontari. Ciascuna delle tre corone circolari rappresenta un diverso grado di possibilità di intervento che il Project Manager e il suo Team può esercitare nei confronti dei fattori e dei

---

<sup>56</sup> R.Archibald, *Project Management*, Franco Angeli Editore, Milano, 2002 [18]

soggetti posizionati al proprio interno, cominciando dal pieno controllo nella corona circolare esterna. Di seguito si riporta una rappresentazione.

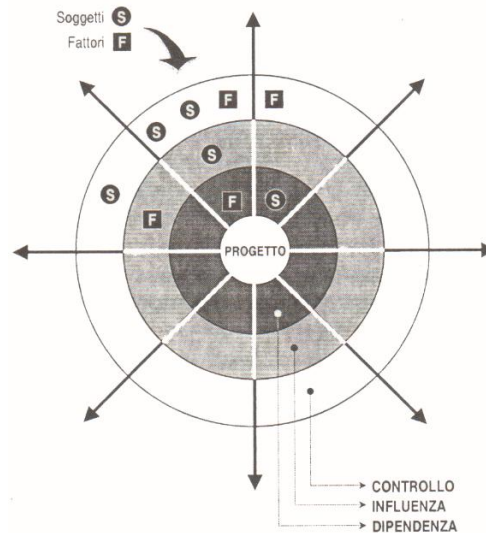


Figura 20 – Diagramma di Contesto

Nella fase di individuazione dei Rischi di Progetto può rilevarsi utile anche la tecnica denominata **mind mapping** sviluppata dallo psicologo inglese Tony Buzan<sup>57</sup>. Una mappa mentale consiste in un diagramma nel quale i concetti vengono presentati in forma grafica: il tema da analizzare viene rappresentato al centro dello schema, mentre le diverse informazioni e i singoli dettagli di approfondimento vengono interconnessi e posizionati secondo una geometria che si irradia verso l'area esterna, come di seguito rappresentato.

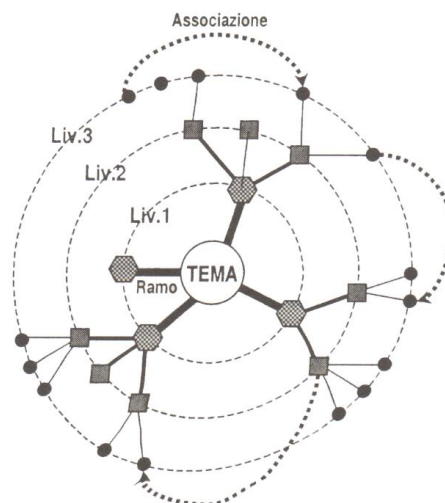


Figura 21 – Struttura della Mappa Mentale

<sup>57</sup> T.Buzan-B.Buzan, *Mappe mentali*, NPL Italy Editore, Milano, 2003 [25]



Per individuare le variabili chiave sulle quali esercitare il massimo controllo e **misurare l'importanza** relativa che ciascuna **variabile** tende ad assumere rispetto a tutte le altre, un buon metodo è l'**Analisi di Sensitività**. I risultati di un Progetto dipendono da una serie significativamente numerosa di variabili e di parametri che, interagendo tra di loro, ne determinano il successo o l'insuccesso finale. Non tutte le variabili sono, ovviamente, altrettanto significative. L'Analisi di Sensitività viene condotta attraverso una serie di elaborazioni successive in corrispondenza di ciascuna delle quali viene determinato il risultato finale del progetto modificando, ogni volta, il valore di una sola variabile e lasciando inalterato il valore di riferimento di base di tutte le altre. Le variabili possono essere rappresentate dall'alto verso il basso secondo il grado di importanza relativa; poiché il grafico ricorda la forma di un uragano, prende il nome di Diagramma Tornado.

Dopo aver identificato tutti i Rischi, è possibile individuare delle categorie di Rischi omogenei ed arrivare alla stesura della **Risk Breakdown Structure**.

A titolo esemplificativo si riportano **esempi di classi di Rischio**:

- Economia/Finanza: budget dei costi di Progetto, specie delle materie prime, del lavoro e dei trasporti;
- Organizzazione: vincoli di dipendenza dal Cliente, alto numero delle aree aziendali coinvolte, lingua poco nota, complessità della documentazione da fornire;
- Tecnologia: soluzioni e tecnologie innovative, affidabilità dei fornitori locali;
- Logistica: accessibilità al cantiere, aree di stoccaggio, inadeguatezza delle infrastrutture locali;
- Ambiente: conformazione del territorio, piovosità, sismicità;
- Normativa: tasse locali, assicurazioni, limitazioni per licenze all'esportazioni;
- Contrattualistica: criticità tempi di consegna, lungo periodo di garanzia, presenza di penalità;
- Risorse Umane: mancanza di personale per posizioni chiave, competenze e strumenti inadeguati;
- Approvvigionamenti: incertezza sui tempi di consegna delle forniture, mancanza di fornitori per acquisti critici.

### 1.8.4.- Analisi dei Rischi

---

L'Analisi dei Rischi, spesso definita anche Valutazione, è la seconda fase del processo di Risk Management. Mentre l'Identificazione dei Rischi rivela i rischi esistenti e ne descrive le caratteristiche, attraverso l'Analisi dei Rischi se ne misura l'entità e si fissano i criteri di accettabilità dei rischi analizzati.

Il dimensionamento della reale portata delle conseguenze ipotizzate viene effettuato con l'ausilio di tecniche diversificate<sup>58</sup>: si possono applicare metodologie differenziate a seconda che la valutazione riguardi aspetti di natura economico-finanziaria (**Matrice di contesto, Risk Exposure Matrix, Teoria delle decisioni, Analisi F.M.E.A./F.M.E.C.A., Analisi F.T.A.**), o sia rivolta alla determinazione delle ricadute derivanti da slittamenti temporali (**Simulazione analisi what-if**), o, ancora, sia mirata a stabilire se il Progetto, nel suo complesso, presenta un'alta probabilità di successo o di fallimento (**Analisi S.W.O.T., Expert Judgments**).

Il dimensionamento della reale portata delle conseguenze di natura economico-finanziaria ipotizzate può essere effettuato con modalità differenti a seconda che si adotti un approccio meramente **qualitativo** o si ricorra all'applicazione di un criterio rigorosamente **quantitativo**: nel primo caso il risultato dell'analisi consiste in una classificazione della rilevanza delle conseguenze dannose mentre, nel secondo, si perviene al puntuale dimensionamento monetario generato dalle stesse.

#### 1.8.4.1.- Metodi di analisi qualitativa

---

L'**analisi qualitativa** è il processo attraverso il quale si identifica un valore associato alla probabilità del rischio, ovvero rappresentante la probabilità che un evento di rischio si verifichi, e un valore associato all'impatto, ovvero l'effetto sugli obiettivi di Progetto nel caso l'evento nefasto accada, col fine ultimo di classificare il rischio in ordine di priorità a seconda del potenziale effetto sugli obiettivi di Progetto.

Il principale problema consiste nella soggettività nel dare i due valori, per questo motivo ci si basa sulle metodologie più volte citate nella fase di identificazione dei Rischi, andando inoltre a rivedere, durante lo svolgimento delle attività, i valori assegnati, così da aggiornarli ai cambiamenti dei rischi di Progetto.

---

<sup>58</sup> Alberto Nepi, *Project Management. Analisi e Gestione dei Rischi di Progetto*, Franco Angeli Editore, Milano 2007 [23]



La **Matrice di Contesto** è uno degli strumenti utilizzabili nell'ambito dell'approccio qualitativo. Consiste nella trasposizione tabellare dell'omonimo Diagramma di contesto ed è finalizzata a valutare, oltre al grado di rischiosità globale, anche il livello generale di controllabilità sullo specifico Progetto. Ad ogni elemento di criticità individuato a fronte di ciascuna classe di rischio, viene assegnato un indice "r" calcolato secondo la seguente formula:

$$r = p \times I$$

Dove:

**p** rappresenta la probabilità di accadimento dell'evento rischioso;

**I** esprime l'impatto che il concretizzarsi dell'evento in corso d'opera determinerebbe sull'iter progettuale.

L'indice r calcolato per un qualsiasi elemento di criticità riguarda una sola delle tre aree di possibile intervento del Project Manager, ovvero Controllo, Influenza e Dipendenza.

CLASSI	ELEMENTI DI CRITICITA'	IMPATTO	PROBABILITA'				TOT
				CONTROLLO	INFLUENZA	DIPENDENZA	
STRUTTURA ECONOMICA - FINANZIARIA	Variazione rilevante dei prezzi e dei salari	3	4		12		12
	Elaborazione del cash flow previsionale	2	4		8		8
	Richiesta d'impiego delle garanzie bancarie	5	4	20			20
	Difficoltà nel recupero delle fidejussioni	3	4		12		12
	Difficoltà nel recupero crediti	1	4			4	4

Figura 22 – Matrice di Contesto

La numerosità di indici con valori elevati fornisce un'utile indicazione sulla rischiosità globale del Progetto in esame. Riportando i risultati su un diagramma radar si ottiene un'immediata visione del livello di rischiosità presentato dal Progetto e delle classi di rischio che maggiormente concorrono a formarlo. L'area del parallelogramma fornisce il livello di rischiosità e l'asimmetria in corrispondenza degli assi suggerisce la presenza di elementi di particolare criticità.

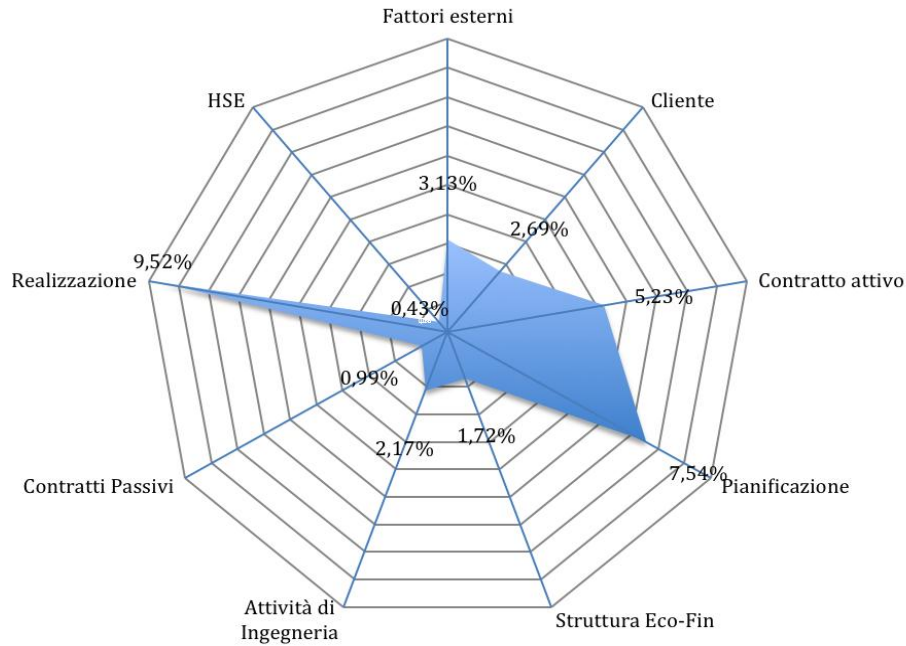


Figura 23 – Esempio di diagramma a radar

Considerando una generica Matrice di Contesto formata da “n” classi di rischio, a fronte di ciascuna delle quali sono stati individuati “m” elementi di criticità. Se indichiamo con “C”, “I” e “D” le tre possibili aree di intervento del Project Manager, rispettivamente Controllo, Influenza e Dipendenza, i generici indicatori di rischio dei singoli elementi critici calcolati a fronte di ciascuna area di intervento saranno:  $r_{i,k}^C$ ,  $r_{i,k}^I$ ,  $r_{i,k}^D$  e i totali in corrispondenza di ciascuna area di possibile intervento sono calcolati dalle seguenti formule:

$$C = \sum_{k=1..m}^{i=1..n} r_{i,k}^C$$

$$I = \sum_{k=1..m}^{i=1..n} r_{i,k}^I$$

$$D = \sum_{k=1..m}^{i=1..n} r_{i,k}^D$$

È possibile dunque definire il **Coefficiente di Autodeterminazione** che esprime, in termini percentuali, la porzione di Progetto nei confronti della quale esiste una reale possibilità da parte del Project Manager di **intervenire concretamente** ponendo in atto le contromisure



finalizzate a ridurre le conseguenze dannose conseguenti all'effettivo accadimento degli eventi rischiosi, che sono stati individuati nella fase di pianificazione iniziale.

Tale coefficiente è definito dalla:

$$CA = \frac{C - \frac{1}{2}}{C + I - D}$$

Al numeratore della frazione compare il rischio endogeno al Progetto, rappresentato dal totale degli indici di rischio nei confronti dei quali è possibile esercitare totalmente o, almeno parzialmente, l'attività di presidio e di supervisione operativa. Il denominatore, invece, rappresenta il totale dei rischi individuati nello specifico contesto operativo, e comprende, quindi, anche quei fattori esogeni nei confronti dei quali non è possibile impiegare alcun tipo di contromisura se non quella di adeguare l'iter progettuale modificando le attività operative al fine di contenere gli effetti negativi determinati dall'eventuale concretizzarsi dell'elemento rischioso. Quanto più il valore della frazione approssima il valore 1 tanto più il progetto si presenta come autodeterminato e il Project Manager può intervenire sugli elementi critici che dovessero manifestarsi nel suo contesto con la concreta possibilità di modificarne, a proprio vantaggio, caratteristiche e comportamenti.

Per effettuare il dimensionamento della portata delle conseguenze economico-finanziarie dannose ipotizzate a fronte del reale accadimento degli eventi rischiosi si può ricorrere all'utilizzo della **Matrice di Esposizione al Rischio** che può essere elaborata seguendo un approccio sia qualitativo che quantitativo. In entrambi i casi, la matrice contiene nelle colonne la probabilità di accadimento e, nelle righe, l'impatto atteso ed è, pertanto, possibile definire una specifica soglia di attenzione, che definisce il livello di esposizione al rischio ritenuto significativo. Ciascun evento rischioso viene posizionato in una ben determinata casella della matrice, evidenziando, in tal modo, quelli che, essendo situati nel settore matriciale delimitato dalla soglia di attenzione e perciò critici, richiederanno in corso d'opera un presidio più attento da parte del Project Manager. Se si adotta un approccio di tipo qualitativo, i singoli intervalli di valore vengono definiti attraverso una scala aggettivale che per quanto riguarda la variabile impatto, secondo **Pressmann**<sup>59</sup>, potrebbe risultare la seguente:

<sup>59</sup> R.S.Pressman, *Principi di Ingegneria del Software*, McGraw Hill Editore, Milano, 1997 [19]

- Catastrofico: il concretizzarsi dell'evento rischioso determinerebbe il sicuro del fallimento del Progetto;
- Critico: il concretizzarsi dell'evento rischioso provocherebbe danni molto ingenti e porrebbe seri dubbi sul conseguimento del successo finale;
- Marginale: il concretizzarsi dell'evento rischioso provocherebbe danni modesti al progetto e, ben difficilmente, potrebbe compromettere il successo;
- Trascurabile: il concretizzarsi dell'evento rischioso provocherebbe dei danni soltanto economici e di scarsa entità senza compromettere, in alcun modo, il successo del Progetto.

In modo del tutto analogo, anche per la probabilità di accadimento dei singoli eventi rischiosi si può definire una **scala aggettivale** caratterizzata dai seguenti livelli: **molto alta, alta, media, bassa, molto bassa**. Si perviene alla costruzione della seguente matrice:

		PROBABILITA'				
		Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa
IMPATTO	Catastrofico		a		b	
	Critico					
	Consistente	c	d		e	
	Marginale	f				
	Trascurabile					

Dove "x" è l'evento rischioso.

Figura 24 – Risk Exposure Matrix di tipo qualitativo

Il passo successivo consiste nel fissare la scala di valori relativa al livello di esposizione del rischio che potrebbe, ad esempio essere definita nel modo seguente: elevato, intenso, limitato, modesto, e nello stabilire, infine, i criteri di confluenza in base ai quali associare a ciascuna casella della matrice il corrispondente livello di esposizione, ottenendo, in questo





modo, una ripartizione della matrice in diversi settori, ciascuno caratterizzato da un differente grado di rischiosità, come mostrato nella seguente figura.

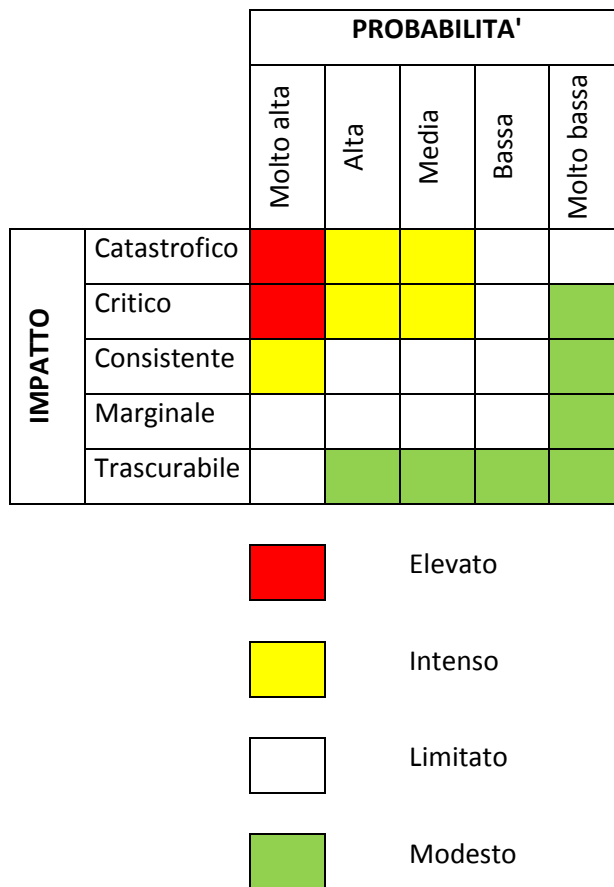


Figura 25 – Scala di valori relativa al livello di esposizione al rischio

Resta solo da fissare il settore della matrice delimitato dalla soglia di attenzione. Secondo la scala di valori utilizzata nell'esempio riportato, questa potrebbe coincidere con l'insieme delle caselle alle quali corrispondono livelli di esposizione classificati come elevato e intenso e contraddistinti da un impatto come minimo consistente e da una probabilità almeno media. Di seguito si rappresenta la soglia di attenzione.

		PROBABILITA'				
		Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa
IMPATTO	Catastrofico					
	Critico					
	Consistente					
	Marginale					
	Trascurabile					


Soglia di attenzione  


Figura 26 – Soglia di attenzione relativa al livello di esposizione al rischio

All’approccio di tipo qualitativo si può imputare un margine eccessivo di discrezionalità soggettiva: l’impiego di una scala aggettivale non assicura l’uniformità di giudizio.

Per superare l’incertezza connessa al margine di arbitrarietà che caratterizza l’approccio qualitativo e allo scopo di rendere assolutamente inopinabile il risultato dell’elaborazione della Matrice di Esposizione al Rischio si può ricorrere ad un **approccio di tipo quantitativo** che consiste nell’attribuzione a ciascuno delle due scale aggettivali, già utilizzate nell’approccio qualitativo, di altrettante metriche di riferimento che definiscono numericamente gli estremi dei relativi intervalli.

**Nepi** definisce **quantitativo un metodo** che prevede l’utilizzo di scale metriche al posto di quelle aggettivali per valutare la probabilità e l’impatto di un evento rischioso: in realtà, questo tipo di misurazione è ancora di tipo **qualitativa**, perché basata su una convenzione numerica. Infatti, **le tecniche di misurazione quantitativa** dei rischi si basano sulla stima della distribuzione di frequenza dell’evento considerato e della sua gravità.



Se l'**approccio di tipo quantitativo** assicura l'inopinabilità del risultato finale, va comunque sottolineato<sup>60</sup> che la sua applicazione comporta un **dispendio di tempo e di costo**, che non può ritenersi del tutto secondario. I calcoli che occorre svolgere per dimensionare esattamente l'ammontare delle conseguenze economico-finanziarie conseguenti all'accadimento dei singoli eventi rischiosi non sono sempre di facile elaborazione e di incontestabile risultato. In più spesso le analisi quantitative dei rischi per la loro **intrinseca complessità** e a causa della frequente **manca**za sia di **analisi statistiche di riferimento** che di **informazioni quantitative** possono risultare difficilmente applicabili.

Tipicamente le **misurazioni qualitative** comportano una classificazione della frequenza di accadimento e delle gravità in categorie, per ognuna delle quali è associata una descrizione qualitativa. Così si definiranno, per esempio, frequenze improbabili, rare, probabili, altamente probabili e magnitudo molto gravi, gravi, medie e lievi.

La **stima soggettiva delle probabilità** può esser condotta attraverso tecniche che sono utili per ridurre gli errori di valutazione. A tale proposito esistono due famiglie di tecniche utilizzabili: quelle dirette e quelle indirette.

Tra le **tecniche dirette** si citano le seguenti:

- Metodo del giudizio diretto, da parte del soggetto valutatore.
- Tecnica delle quote pronostici. Si basa sulla determinazione dei valori di probabilità attraverso la comparazione di eventi complementari.
- Stima relativa degli eventi. Questa tecnica è molto simile a quella precedente, ma permette di effettuare la valutazione su un set di alternative maggiori, ferma restando la caratteristica che gli eventi siano incompatibili, ovvero il verificarsi di uno esclude automaticamente il verificarsi degli altri.

Le **tecniche indirette** sono quelle in cui la misura della probabilità è ricavata da una serie di scelte indirette che il soggetto valutatore fa, sulla base di varie alternative a lui proposte. Se ne citano alcune:

- Metodo Delfi, già descritto nei Modelli di Gestione del Rischio. In questo caso l'oggetto di indagine non è l'identificazione dei rischi, ma la probabilità di accadimento.

---

<sup>60</sup> Alberto Nepi, *Project Management. Analisi e Gestione dei Rischi di Progetto*, Franco Angeli Editore, Milano 2007 [23]

- Diagrammi ad albero. Questa tecnica consiste nella scomposizione degli eventi, a cui si deve attribuire il valore di probabilità, in sub-eventi dettagliati, nell'ipotesi che sia più semplice stimare quest'ultimi.

L'applicazione dell'Analisi **F.M.E.A. (Failure Modes and Effects Analysis)** trova un impiego efficace anche nella valutazione dei rischi di Progetto. La metodologia si sviluppa in una serie di passi successivi:

- Definizione del prodotto o del processo che si intende analizzare;
- Scomposizione del prodotto o del processo nelle sue componenti fondamentali;
- Per ciascuna componente individuazione di tutti gli eventi dannosi che ne possono comportare il cedimento, il guasto o il mancato funzionamento;
- Definizione dei possibili effetti che ciascuno evento dannoso può determinare, rispettivamente:
  - Sulla stessa componente
  - Su un'altra componente dello stesso prodotto o processo
  - Sull'intero processo
  - Sul personale addetto
- Individuazione delle contromisure più efficaci.

Se si intende far evolvere l'analisi qualitativa ottenuta applicando la metodologia F.M.E.A. verso un'analisi di tipo quantitativo, si può ricorrere all'analisi **F.M.E.C.A. (Failure Modes Effects and Criticality Analysis)** che dimensiona le singole criticità classificando gli specifici eventi dannosi secondo un indice che tiene conto della probabilità di accadimento, della severità delle conseguenze dannose e della più o meno ampia possibilità che i sistemi di controllo dimostrano nella rilevazione del malfunzionamento. La valutazione del danno conseguente al concretizzarsi di ciascun evento dannoso viene effettuata in termini di:

- S = impatto economico;
- P = probabilità di accadimento
- C = possibilità di rilevazione da parte dei meccanismi di controllo

A fronte di ciascun evento dannoso si può calcolare il relativo RPI, ovvero Risk Priority Number, definito dalla seguente formula:

$$RPI = S \times P \times C$$



e in funzione dei valori singolarmente assunti stabilire una scala di priorità di intervento. Di seguito si riporta un esempio dell'analisi F.M.E.C.A.

PROCESSO / PRODOTTO: ..... COMPONENTE: .....									
EVENTO DANNOSO	EFFETTI POSSIBILI SU:				VALUTAZIONE				CONTROMISURA
	STESSA COMP.	ALTRA COMP.	INTERO PROCESSO	PERSONALE ADDETTO	IMPATTO	CONTROLLO	PROBABILITA'	RPI	

Figura 27 – Analisi F.M.E.C.A

A differenza dell'analisi F.M.E.A che procede dal particolare al generale, la **F.T.A (Fault Tree Analysis)**, al contrario, indaga sulle relazioni di causa-effetto che legano i singoli eventi al complesso di fattori che possono determinare l'insorgenza, percorrendo, in questo modo, una sorta di cammino all'indietro. Il fault tree consiste in una rappresentazione grafica delle catene casuali che possono determinare l'evento dannoso.

La tecnica **S.W.O.T.**, il cui acronimo deriva dalle chiavi di lettura utilizzate per la definizione del contesto in esame, **Strenghts** (punti di forza), **Weakness** (punti di debolezza), **Opportunities** (Opportunità) e **Threats** (Minacce), consente di sistematizzare e di rendere immediatamente fruibili le indicazioni che si sono preliminarmente raccolte riguardo alle variabili che caratterizzano l'ambiente interno ed esterno entro il quale si colloca il Progetto. Ponendo, infatti, in chiara evidenza i fattori che possono agevolare o, al contrario, ostacolare il conseguimento degli obiettivi temporali, qualitativi ed economico-finanziari del Progetto, è possibile orientare più efficacemente le scelte strategiche che verranno operate in sede di pianificazione iniziale e le linee di intervento alle quali si farà poi ricorso durante l'iter

realizzativo. I punti di forza e di debolezza si riferiscono ai fattori endogeni al contesto, a quegli elementi che rappresentano gli elementi costitutivi del Sistema entro il quale si opera e nei confronti dei quali il Project Manager può esercitare un azione diretta di governo.

Alle opportunità e alle minacce vengono ricondotti i fattori esogeni costituiti da quelle variabili che non sono costitutive dell'ambiente in cui si opera e le possibilità di azione diretta nei loro confronti si rilevano piuttosto modeste.

L'analisi incrociata dei fattori esogeni e di quelli endogeni individuati rappresenta un valido supporto alla formulazione delle linee strategiche da adottare in corso d'opera.

La lettura dei risultati dell'analisi può essere facilitata dal ricorso ad una rappresentazione schematica e sintetica costituita dalla tabella che segue:

	<b>STRENGTHS</b>	<b>WEAKNESS</b>
	<b>Strategia S-O</b>	<b>Strategia W-O</b>
<b>OPPORTUNITIES</b>	Come utilizzare i punti di forza per sfruttare le opportunità	Come superare i punti di debolezza per sfruttare le opportunità
	<b>Strategia S-O</b>	<b>Strategia S-O</b>
<b>THREATS</b>	Come utilizzare i punti di forza per contrastare le minacce	Come superare i punti di debolezza per contrastare le minacce

Figura 28 – Tabella S.W.O.T.: analisi delle strategie

In particolare:

- Le strategie S – O considerano tutte le possibili opportunità fornite dai punti di forza individuati e mettono a punto gli interventi che ne possano amplificare l'impatto positivo;
- Le strategie W – O puntano a stemperare i fattori di debolezza mitigando gli impatti negativi e, per quanto possibile, ricercano il modo di tramutarli in opportunità;
- Le strategie S – T fanno leva sullo sfruttamento dei punti di forza al fine di ridurre gli impatti negativi conseguenti ad un eventuale realizzarsi degli eventi minacciosi;



- Le strategie W – T ricercano e definiscono le azioni da mettere in atto allo scopo di evitare che le minacce abbiano il sopravvento sui punti di debolezza insiti nel contesto.

La tecnica di valutazione dei rischi che si basa sul giudizio emesso dagli esperti prende il nome di **Expert Judgments**. Le stime sono effettuate sulla base di giudizi personali fondati sull'esperienza accumulata e solitamente espresse sotto forma di valutazioni di tipo qualitativo. In netta contrapposizione con le tecniche più scientifiche che trovano il loro fondamento nell'utilizzo di algoritmi di difficile comprensione, la componente di umanità insita negli Expert Judgments li fa di solito preferire a tecniche di più alto grado di sofisticazione. Per aumentare il livello di credibilità occorre che i giudizi vengano formulati ricorrendo a metodiche che, se non scientifiche, siano almeno sistematiche e che tendano a limitare, per quanto possibile, gli eccessi di soggettività. Dovranno pertanto essere accuratamente evitate formulazioni di tipo soltanto qualitativo caratterizzato dall'utilizzo di aggettivazioni con impercettibili sfumature di significati differenti; ogni aggettivo dovrà essere accompagnato da una metrica.

#### 1.8.4.1.- Metodi di analisi quantitativa

Le tecniche di misurazione quantitativa dei rischi si basano sulla stima della distribuzione di frequenza dell'evento considerato e della sua gravità.

Di seguito si riportano i principali metodi utilizzati per condurre un'analisi di tipo quantitativo.

Il ricorso alle metodologie e alle tecniche sviluppate nel contesto della **Teoria delle decisioni** risulta particolarmente utile in sede di quantificazione dei rischi di natura economico-finanziaria e fornisce al valutatore un valido supporto metodologico che gli consente di confrontare l'efficacia associata a differenti alternative decisionali. Un generico processo decisionale consiste in un procedimento logico che si sviluppa attraverso una serie di passi successivi in corrispondenza di ognuno dei quali possono essere assunte decisioni alternative che, in funzione di differenti circostanze esterne, producono un guadagno o una perdita monetaria.

- Definizione degli stati del Sistema. Il primo passo del processo consiste nell'individuazione delle "n" differenti situazioni, ovvero gli stati del Sistema, verso le quali il valutatore ritiene possa evolvere il contesto operativo entro il quale verrà sviluppato il Progetto.
- Selezione delle Decisioni. Il passo successivo consiste nella determinazione delle "m" decisioni che il valutatore ritiene di poter assumere a fronte delle diverse possibili scelte alternative che si presenteranno in corso d'opera.
- Stima degli esiti. A fronte di ogni possibile alternativa occorre poi valutare l'entità monetaria delle conseguenze economico-finanziarie determinate dall'assunzione della specifica decisione. All'insieme di circostanze ipotizzate è comunque possibile associare una specifica distribuzione di probabilità che governa il verificarsi di ciascuno stato<sup>61</sup>.
- Matrice dei pay-off. A questo punto è possibile costruire la Matrice dei guadagni e delle perdite che riporta nelle colonne gli Stati del Sistema previsti e nelle righe le particolari decisioni selezionate. In corrispondenza dei relativi incroci compaiono gli importi monetari, guadagni o perdite, delle specifiche conseguenze economico-finanziarie stimate.

		Stati del Sistema				
		$S_1$	.....			$S_n$
Decisioni	$D_1$	$e_{11}$	...	...	...	$e_{1n}$
	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	$e_{ij}$	...	...
	...	...	...	...	...	...
	$D_m$	$e_{m1}$	...	...	...	$e_{mn}$

Tabella 1 – Matrice dei pay-off

- Valutazione delle alternative. I criteri ai quali far riferimento per effettuare la scelta della decisione migliore dipendono dal grado di certezza con il quale può essere effettuata la previsione dell'effettivo concretizzarsi di ogni singolo Stato del Sistema: le

<sup>61</sup> Nelle forme meno complesse della teoria delle decisioni si assume che sia l'insieme delle possibili decisioni sia il numero complessivo degli stati del sistema siano entrambi finiti.





singole decisioni possono essere assunte in condizioni di certezza, di rischio o di incertezza.

- In condizioni di certezza esiste un unico Stato futuro del Sistema. La decisione più conveniente è quella in corrispondenza della quale si rileva massimo l'ammontare del guadagno stimato o minimo l'importo della perdita.
- Più spesso le decisioni sono assunte in condizioni di rischio. L'esperienza quotidiana insegna che non è quasi mai possibile prevedere con certezza le modalità con le quali si svilupperanno le condizioni al contorno ed è quindi necessario ipotizzare il possibile concretizzarsi di numerosi scenari futuri a ciascuno dei quali possiamo associare una specifica probabilità di effettiva realizzazione. La matrice pay-off si articola in una serie di "n" colonne ciascuna rappresentativa di un particolare Stato futuro del Sistema e, ad ogni Stato futuro, può essere associata una particolare  $p(S_j)$  con  $j=1,2,\dots,n$ , che indica la probabilità stimata del suo manifestarsi.

Per individuare la più conveniente tra le "m" possibili alternative decisionali è possibile ricorrere al **Criterio a priori** suggerito da **Bayes**<sup>62</sup> secondo il quale la decisione raccomandata è quella che rende massimo il guadagno atteso nel rispetto della distribuzione della probabilità degli Stati futuri del sistema: il **valore monetario** associabile al particolare risultato atteso, che può rappresentare un guadagno o una perdita, è dato dal prodotto del guadagno o della perdita stimato per la relativa possibilità di accadimento.

Se con  $e_{ij}$  si indica il guadagno o la perdita stimate a fronte della conseguenza economica di una generica i-esima decisione che ha la probabilità  $p(S_j)$  di fornire lo specifico risultato, il valore monetario atteso (**Expected Monetary Value**)  $EMV_{ij}$ <sup>63</sup> del risultato in esame è dato dalla seguente formula:

$$EMV_{ij} = p(S_j)xe_{ij}$$

---

<sup>62</sup> Studioso londinese di statistica, è noto per il suo teorema sulla probabilità condizionata, pubblicato postumo nel 1763.

<sup>63</sup> M. Loosemore, J. Raftery, Charlie Reilly, D. Higgon, *Risk Management in Projects*, Taylor & Francis Editore, Oxon, Great Britain, 2006 [26]

Mentre il valore monetario atteso  $EMV_i$  rispetto al complesso dei risultati ipotizzati a fronte del complesso dei risultati ipotizzati per la particolare  $i$ -esima decisione è ottenuto come sommatoria degli Expected Monetary Value calcolati per ciascun risultato possibile.

Se con  $EMV_i$  indichiamo il valore monetario atteso a fronte della  $i$ -esima decisione si avrà:

$$EMV_i = \sum_{j=1}^n EMV_{ij} = \sum_{j=1}^n p(S_j) x e_{ji}$$

Mentre la decisione raccomandata è quella per la quale risulta verificata la seguente condizione:

$$\max[EMV_i] \quad (i=1,2,\dots,n)$$

Stimare la probabilità e l'impatto con singoli punteggi deterministici è inficiata dall'errore. Ogni range di probabilità e impatto può essere rappresentato da una distribuzione probabilistica. La simulazione è una semplice tecnica che prende in considerazione le diverse probabilità di accadimento e di impatto.

Per **Tecniche di simulazione** si intende l'elaborazione di un modello capace di tradurre il danno provocato dall'eventuale concretizzarsi del singolo evento rischioso nell'effetto che l'insieme degli eventi individuati potrebbe produrre sugli obiettivi generali del Progetto. Tra le tecniche di simulazione che valutano i rischi collegati ai costi è possibile citare il **Metodo Montecarlo**. Questa tecnica è usata come base statistica per analizzare le strategie alternative di Progetto e gli outcome, considerando i range della probabilità di accadimento e dell'impatto come delle distribuzioni di probabilità. La tecnica Montecarlo è abbastanza semplice e riconosce le variabili singole all'interno di un calcolo come distribuzioni di probabilità piuttosto che singoli numeri. Per mezzo della simulazione Montecarlo, le distribuzioni di probabilità per ogni decisione, come definite dal valutatore, possono essere combinate a random usando numeri casuali, per ottenere un giudizio completo riguardo all'intero range degli eventi potenziali. Questa produce una stima da più punti di vista riflettendo la probabilità di ogni valore in quel range.



Usando un programma di simulazione, un progetto è “costruito” più volte, con variazioni a random delle variabili di input definite nelle distribuzioni di probabilità degli input per ogni decisione in un Progetto.

Il vantaggio della simulazione è che la risultante funzione di distribuzione di probabilità e la distribuzione cumulativa sono una potente, ma allo stesso tempo semplice misura dell’esposizione al rischio del Progetto. Fondamentale per una valida previsione è decidere il livello di rischio da accettare. La simulazione propone un grande numero di tipologie di distribuzione degli input: questo garantisce maggiore flessibilità al modello.

La simulazione richiede anche la costruzione delle distribuzioni di probabilità per ogni variabile di decisione, che richiedono alcune conoscenze per stabilire le distribuzioni di probabilità, usando tecniche come il metodo di Delfi. È anche necessario scegliere un tipo appropriato di distribuzione per gli input nella simulazione, sia essa triangolare, uniforme, trapezoidale, discreta. Consideriamo, ad esempio, che la variabile costo abbia una distribuzione triangolare; si possono identificare tre valori, “a” il minimo, “b” il più probabile e “c” il più alto. Dall’altra parte, alcune decisioni hanno la stessa probabilità di un intero range di costi che perciò sono rappresentati in una distribuzione uniforme.

Le tecniche, invece, che si apprestano a stimare i rischi relativi alla variabile temporale, consistono nella verifica degli effetti determinati sulla durata complessiva del ciclo realizzativo da ipotesi di lavoro alternative applicate ad un modello rappresentativo delle particolari modalità di espletamento. Il modello più frequentemente utilizzato è costituito dal **reticolo** del Progetto. Tale modello, ottenuto a conclusione della fase di Pianificazione del progetto, contiene le durate delle singole attività, le relazioni di dipendenza da altre attività, il calendario di lavoro, le milestone. Una prima possibilità di valutazione del rischio temporale è rappresentata dall’applicazione delle differenti tecniche di risoluzione reticolare: la stima non deterministica della durata delle singole attività concessa dal PERT o quella deterministica del consueto metodo CPM costituiscono strumenti idonei a trattare il fattore incertezza e a fornire un’entità globale del rischio connesso con il mancato rispetto dei tempi di realizzazione contrattuali.

L'Analisi di sensitività<sup>64</sup> permette di valutare gli effetti, sui risultati del modello, indotti da modifiche nei valori delle variabili di ingresso.

L'analisi di sensitività mira a rispondere a domande del tipo: di quanto può variare il rischio se modifico il valore di probabilità di un 10%?

L'utilizzo è rilevante per migliorare il processo decisionale rilevando quali sono i punti a maggiore criticità e sui quali porre un controllo maggiore.

Il metodo standard per svolgere un'analisi di sensitività è quello di far variare una variabile alla volta, mantenendo le altre variabili costanti; in pratica, nel caso in cui si varia il valore della probabilità, esprimendo i rischi in funzione dei parametri di ingresso che lo compongono,  $Rischio = Rischio(probabilità, impatto)$ , la misura della sensitività del Rischio alle variazioni dei parametri è rappresentata da:

$$\Delta Rischio = Rischio(prob + \Delta prob, impatto) - Rischio(prob, impatto)$$

In definitiva questa analisi consente di valutare in che misura l'incertezza che circonda ciascuna delle variabili indipendenti possa influenzare il valore assunto dalla base di valutazione. Tale impatto dipende principalmente dall'intervallo di variabilità di ciascuna variabile, ossia il relativo grado di incertezza, e la natura delle relazioni analitiche, dove è possibile intervenire riducendo il range, assumendo informazioni aggiuntive. L'impatto di ogni rischio viene rappresentato per mezzo di diagrammi a tornado. Si presenta l'esempio dei rischi valutati a maggior impatto sulla variazione dei costi del progetto del Canale di Panama<sup>65</sup>.

---

<sup>64</sup> A. Cerutti, *Risk Management nel Processo Edilizio: proposta di un modello per l'analisi dei rischi nella fase di progettazione*, Politecnico di Milano [32]

<sup>65</sup> Luis F. Alarcon, David B. Ashley, Dist.M.ASCE, Angelique Sucre de Hanily, Keith R. Molenaar, M.ASCE, Ricardo Ungo, *Risk Planning and Management for the Paname Canal Expansion Program*, Journal of Construction Engineering and Management, Ottobre 2011 [35]

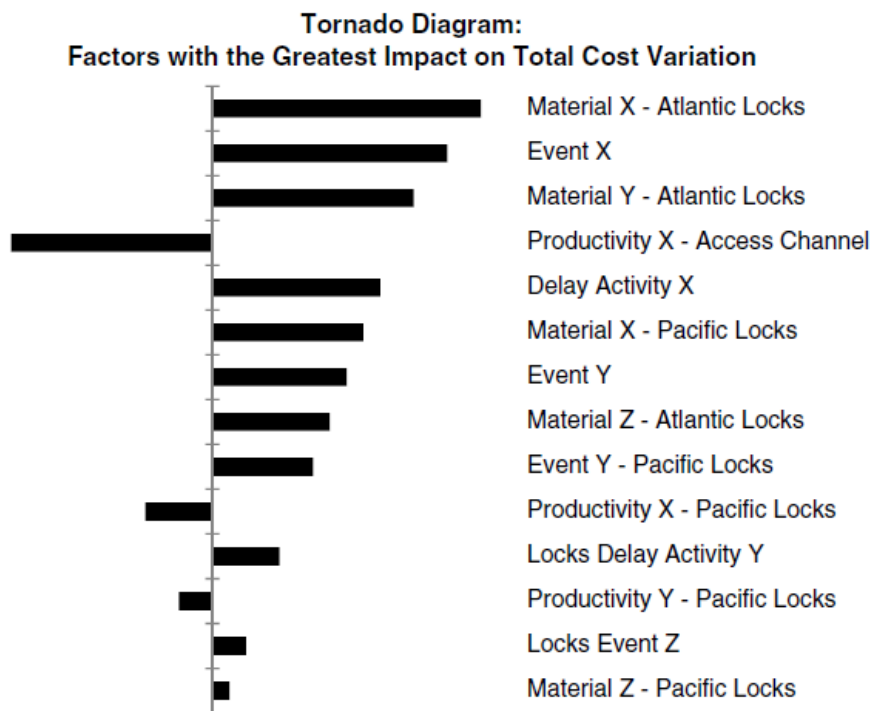


Figura 29 – Rischi a maggior impatto sulla variazione dei costi del progetto del Canale di Panama (rappresentazione generica)

### 1.8.5.- Pianificazione dei Rischi

Il passo successivo alla Identificazione ed Analisi dei Rischi consiste nell'individuare la tipologia e le modalità degli **interventi** che si ritiene debbano essere attuati **a fronte del** reale verificarsi del **singolo evento rischioso**. Per strumenti di Risk Management si debbono intendere tutte le azioni, i comportamenti, le iniziative che si possono porre in atto per tentare di ridurre la probabilità di accadimento degli eventi dannosi e di contenere la portata dell'impatto qualora dovessero concretizzarsi in corso d'opera.

Le **tecniche di trattamento dei rischi**<sup>66</sup> possono essere raggruppate in funzione dell'oggetto e del **momento** in cui vengono applicate.

<sup>66</sup> M. Pitzalis, *Il Risk Management nel Processo Edilizio: dalla Progettazione Tecnologica a quella Operativa, Economica e Gestionale*, Politecnico di Milano [31]

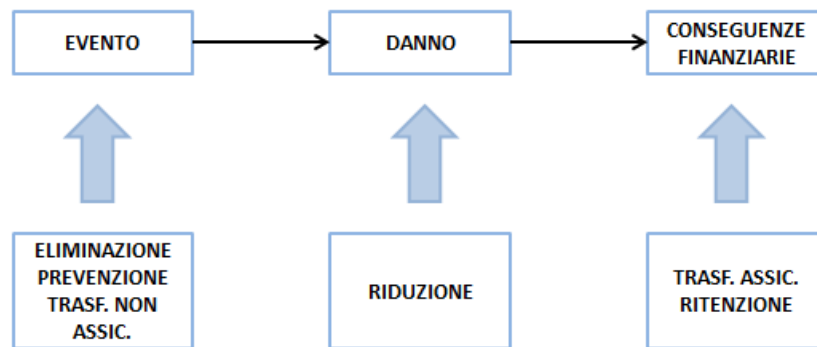


Figura 30 – Gli strumenti del Risk Management

Le possibili tipologie di intervento sono:

- **Eliminazione** del rischio. Consiste nella riduzione a zero della probabilità di accadimento di un evento o della sua gravità, rinunciando all'espletamento dell'attività che potrebbe originare il rischio;
- **Prevenzione e Riduzione** del rischio. È costituita dalle misure volte a ridurre la probabilità di accadimento degli eventi dannosi;
- **Protezione**. È costituita dall'insieme di misure di sicurezza finalizzate a contenere l'impatto economico del danno che intervengono soltanto quando l'evento rischioso si è realmente verificato: in altre parole, la protezione interviene quando la prevenzione fallisce;
- **Assicurazione**. È del tutto evidente che non è sempre possibile eliminare tutte le cause potenzialmente responsabili del verificarsi di un evento dannoso. Si può così ricorrere alla copertura finanziaria fornita da un contratto assicurativo, la polizza, che, a fronte di un corrispettivo pagato dall'assicurato, il premio, stabilisce sia gli specifici rischi coperti, sia l'estensione monetaria della copertura rispetto alla perdita totale subita dall'assicurato;
- **Trasferimento non assicurativo**. Per far fronte alle conseguenze economico-finanziarie derivanti dal danno conseguente all'eventuale accadimento dell'evento rischioso si può anche optare per una forma di trasferimento non assicurativo, la traslazione, cioè, del rischio su soggetti diversi da una Compagnia di Assicurazione ma comunque esterni sia all'Azienda sia al ciclo realizzativo del progetto (leasing), oppure si può decidere per



il ribaltamento del potenziale onere finanziario su una controparte più o meno direttamente coinvolta nel ciclo realizzativo del Progetto;

- **Ritenzione** del rischio. Un'altra forma di trasferimento non assicurativo, che vede l'Azienda disposta ad assumersi direttamente il rischio o una sua quota provvedendo al suo finanziamento con mezzi propri.

Il Project Manager attiva lo strumento di Risk Management che ritiene più idoneo a ridurre la probabilità di accadimento dell'evento dannoso e a contenere, nella maggior misura possibile, la severità potenziale associata al suo concretizzarsi. La fase decisionale traduce, pertanto, i rischi precedentemente individuati in specifiche contingency di Progetto, precisando, nel contempo, le azioni che si intendono porre in atto a fronte del reale concretizzarsi di ogni singola evenienza ipotizzata.

Prima di procedere alla stesura del piano di azione, è opportuno che il Project Manager consideri quali minacce intende contrastare, e stabilisca, quindi, una scala di priorità che disponga in ordine di importanza tutte quelle emerse in sede di individuazione dei rischi.

L'analisi del rischio si colloca idealmente lungo un sentiero parallelo alla fase di pianificazione di un Progetto: mano a mano che le attività vengono individuate attraverso la definizione dei rispettivi contenuti operativi e delle risorse allocate su ciascuna di esse, si evidenziano anche gli eventi rischiosi che potrebbero presentarsi in corso d'opera e se ne descrivono le possibili conseguenze, quantizzandone, nel contempo, le possibili ricadute sul Progetto.

Il **Risk Plan** è il documento che, prodotto durante la fase di pianificazione iniziale, contiene, sostanzialmente, il risultato delle fasi di Identificazione e di Analisi dei rischi di Progetto.

### 1.8.6.- Controllo dei Rischi

Il Controllo di Progetto va visto come un'azione rivolta alla ricerca dei possibili interventi effettuabili nel periodo di tempo che ancora resta prima della definitiva conclusione dell'iter realizzativo, al fine di far rientrare il progetto entro i limiti temporali ed economici prefissati o, qualora gli stessi risultassero rispettati, cercare di migliorare ulteriormente i risultati stessi.

Per risultare davvero efficace, il check di Progetto, condotto dal Project Manager, deve articolarsi in una serie di passi successivi che, nell'ordine, consistono sostanzialmente nella:

- Analisi degli scostamenti e delle criticità rispetto al piano di riferimento corrente
- Individuazione delle cause che hanno determinato tali scostamenti
- Valutazione di azioni correttive e dell'impatto sul progetto di possibili varianti
- Ripianificazione a finire con l'inclusione delle soluzioni approvate.

Tra le cause responsabili delle deviazioni dell'iter realizzativo rispetto al modello prefigurato gli eventi rischiosi giocano un ruolo di prim'ordine.

Non è detto che, sebbene la pianificazione iniziale sia stata condotta in modo approfondito, siano stati individuati tutti gli eventi rischiosi nel Risk Plan. Il processo di monitoraggio dei rischi di Progetto si sviluppa in modo differente a seconda che si rivolga alla gestione di:

- Eventi rischiosi pianificati. Sono già stati analizzati, quantificati e sono già state definite le azioni di contrasto che si sono ritenute più appropriate per annullarne o minimizzarne gli effetti dannosi.
- Eventi rischiosi imprevisti. Rappresentati da avvenimenti inattesi derivanti da mutate condizioni al contorno determinatesi in corso d'opera o sfuggiti all'analisi condotta in fase di identificazione dei rischi di Progetto.

Relativamente agli **eventi rischiosi imprevisti** ma che si sono presentati nella realtà operativa, si dovrà procedere a:

- Valutare la severità dell'evento, dimensionandone le ricadute temporali ed economiche determinate sul Progetto;
- Valutare la possibilità che lo stesso evento possa ripresentarsi in futuro, stimandone frequenza e collocazione temporale;
- Individuare le possibili contromisure, verificandone la convenienza economica in rapporto al danno;
- Dimensionare il costo aggiuntivo derivante dall'applicazione delle contromisure individuate;
- Verificare la possibilità di sostenere tale costo;
- Porre in atto le contromisure definite;
- Aggiornare il Risk Plan corrente con le nuove riserve destinate al Progetto.





Relativamente agli eventi rischiosi pianificati, il Project Manager deve verificare l'eventuale effettivo verificarsi. Qualora gli stessi non si fossero verificati, i relativi fondi stanziati vanno recuperati per essere destinati ad aumentare il valore delle contingency riservate ai rischi futuri già compresi nel Risk Plan corrente o ancora imprevisti.

Se, al contrario, un qualsiasi evento rischioso pianificato si fosse effettivamente concretizzato, il Project Manager dovrà assicurarsi che l'Ente responsabile dell'attuazione delle azioni di contrasto contenute nel Risk Plan corrente si attivi tempestivamente per porre in atto le contromisure previste. Inoltre, dovrà verificare il grado di efficacia raggiunto dalla loro attivazione e registrare gli esiti dell'intervento effettuato in modo da conservarne traccia e potersene, quindi, avvalere in analoghe circostanze future.

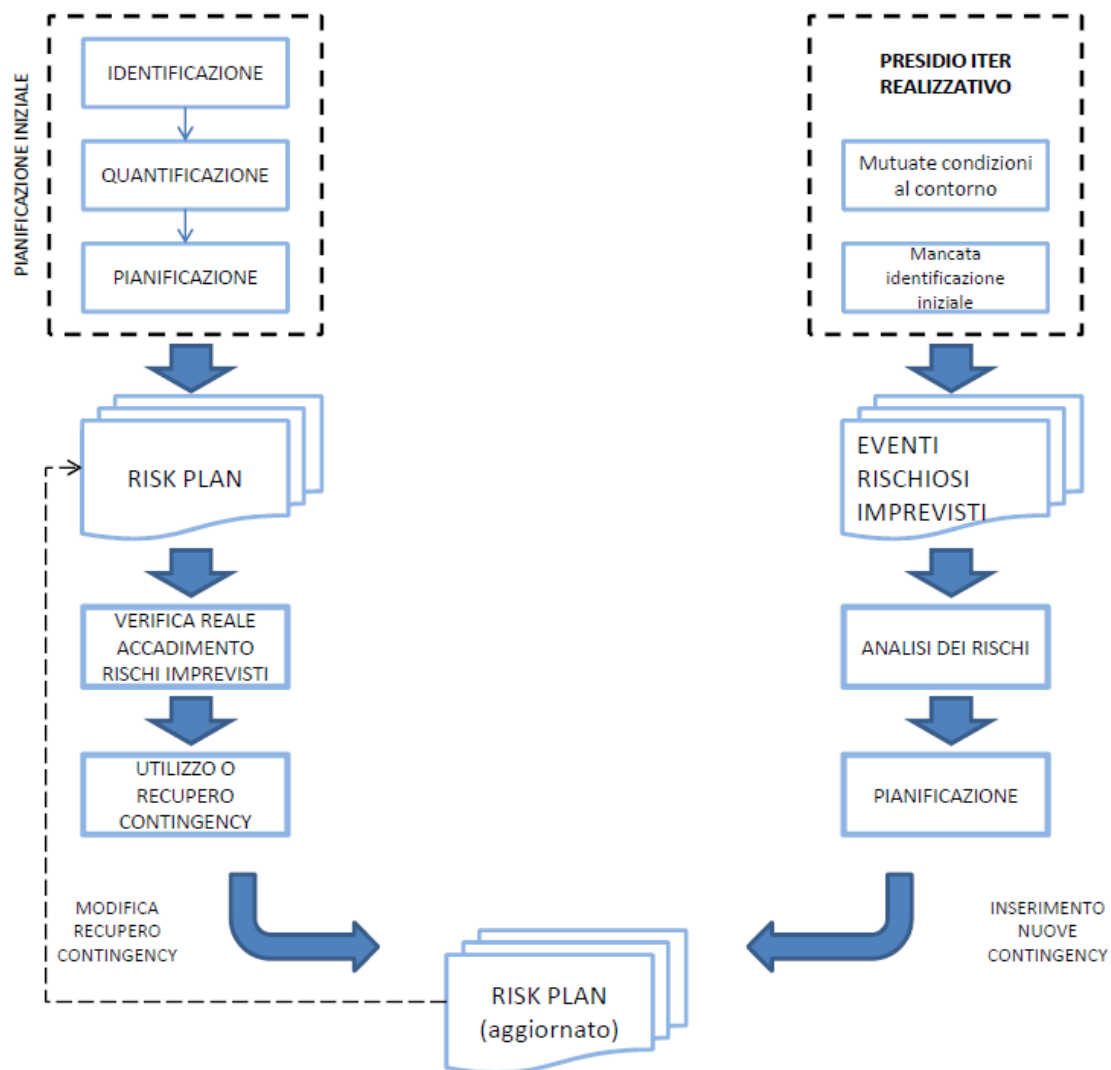


Figura 31 – Processo del controllo dei rischi di progetto: il grafico a destra è relativo agli eventi rischiosi pianificati, mentre a sinistra la rappresentazione è quella del processo di controllo dei rischi imprevisti, Nepi 2007