

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

**OTTIMIZZAZIONE CANTIERI EUREKA S.r.l. CON UTILIZZO
DEL SOFTWARE GANTT E LA TECNICA P.E.R.T.**

RELATORE:
CH.MO PROF. GIORGIO ROMANIN JACUR

LAUREANDO:
SARTOR ROBERTO

ANNO ACCADEMICO: 2016 - 2017

INDICE

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO 1 – Ottimizzazione dei progetti	6
1.1. Generalità	6
1.2. Caratteristiche di un progetto e ciclo di vita	6
CAPITOLO 2 – Introduzione alle tecniche reticolari	9
2.1. Tecniche reticolari	9
2.2. Durata di un progetto	12
2.3. C.P.M. (Critical Path Method)	13
2.4. Algoritmo del C.P.M.	15
2.5. P.E.R.T. (Program and Evaluation Review Technique)	17
CAPITOLO 3 – Descrizione software Gantt	20
3.1. Diagramma di Gantt	20
3.2. Software Ganttproject	21
CAPITOLO 4 – Ottimizzazione cantieri ditta Eureka S.r.l.	26
4.1. Casi analizzati – descrizione introduttiva	26
4.2. Definizione fasi cantieri Eureka S.r.l.	32
4.3. Fornace degli Ongari	34
4.4. Rimorchiatori Panfido “Titanus”	36
4.5. Euro impresa edile “Sede CGT”	38
4.6. Analisi conclusiva	40
CONCLUSIONE	41
BIBLIOGRAFIA	42

INTRODUZIONE

In questa esposizione viene trattata l'ottimizzazione di progetti mediante l'uso della tecnica reticolare P.E.R.T. e la sua applicazione nei diagrammi di Gantt, metodi di supporto al project manager ai fini decisionali. Attraverso questo metodo, verranno studiati tre casi relativi a rispettivi cantieri dell'azienda presa in esame, Eureka S.r.l.; sono stati scelti come campione, poiché ciascuno presenta delle specifiche caratteristiche. Per entrare nel merito del P.E.R.T., sarà fatta innanzitutto una descrizione del ciclo di vita di un intero progetto, nelle sue varie fasi e peculiarità; successivamente, verranno presentate le varie tecniche reticolari da cui ha origine il metodo utilizzato. Quindi si può definire essenzialmente il "progetto" come un insieme di attività che vanno dall'individuazione di una o più esigenze (interne o provenienti dal cliente) fino all'ottenimento di un certo risultato.

Ci si riferirà al termine "progetto" volutamente in maniera generica, in quanto le tipologie di progetto realizzabili sono infinite; tuttavia, è comunque possibile operare una generalizzazione, poiché sono tutte accomunate da cinque principali caratteristiche:

- Unicità: un progetto (anche quelli ripetibili) è unico per disponibilità di risorse e per ambiente di sviluppo;
- Temporaneità: i progetti hanno date di inizio e termine prestabilite e le organizzazioni vengono create appositamente per la durata del progetto;
- Multidisciplinarietà: i progetti richiedono molteplici competenze che devono necessariamente essere coordinate e le relazioni fra i vari compiti (task) all'interno del progetto possono essere molto complicate;
- Incertezza: i progetti sono pianificati prima della loro realizzazione;
- Risorse limitate: un progetto utilizza risorse che solitamente sono disponibili in quantità limitata, o sono costose.

Al fine di pianificare e controllare i progetti, sarà necessario ricondurre gli stessi a rappresentazioni grafiche (modelli reticolari) che associano ad ogni progetto un grafo orientato (o reticolo).

Con tali modelli si sviluppano i sistemi C.P.M. e P.E.R.T.

Detto che per ogni attività è definita una durata per la relativa esecuzione, entrambe le tecniche reticolari si occupano soprattutto degli aspetti temporali del progetto e quindi vanno viste come metodi di ottimizzazione del tempo di realizzazione di un progetto. La differenza sostanziale tra le due tecniche consiste nel fatto che il C.P.M. utilizza stime deterministiche delle durate delle attività, senza considerare incertezze relativamente a tali stime; nel P.E.R.T., invece, le durate delle varie attività sono rappresentate da variabili aleatorie di cui occorre stimare la

distribuzione di probabilità. L'obiettivo di tali tecniche sarà quindi la cosiddetta "schedulazione" delle attività, ossia stabilire l'istante di tempo in cui iniziare un'attività, tenuto conto della sua durata, delle sue relazioni di precedenza e della sua richiesta di risorse.

A questo punto, i tre casi esaminati, a causa della variabilità delle tempistiche delle loro attività, verranno dapprima riportati in diagrammi Gantt, che permettono l'analisi delle stesse, e successivamente ricondotti a i loro diagrammi P.E.R.T. di riferimento.

Questi ultimi passaggi sono stati prodotti attraverso l'uso del software GanttProject, che permette un riscontro più immediato e moderno, punto di forza rilevante di tutta la metodologia visionata.

La scelta del tema di tale esposizione emerge dal personale interesse nel campo del controlling; questa funzione permette, infatti, di far fronte alle problematiche di risorse limitate, riduzione costi e tempistiche, fattori attualmente molto importanti nel panorama del management mondiale.

CAPITOLO 1

Ottimizzazione dei progetti

1.Generalità

Le problematiche relative alla gestione dei progetti sono attualmente molto seguite all'interno di strutture sia private che pubbliche. Questo interesse è dovuto alla crescente complessità delle attività aziendali, ai tempi di esecuzione ed alle risorse disponibili sempre più limitate, per cui si cercano strumenti efficaci in grado di gestire i progetti di ogni settore aziendale. Un progetto, nel sito (<http://www.wiforcegroup.com>), viene definito come un compito di una certa rilevanza, con carattere di unicità e che deve essere completato rispettando una scadenza temporale ed un certo budget di spesa. Alla luce di tali premesse viene immediato comprendere l'importanza di una metodologia che sia efficace per la gestione di qualunque genere di progetto. Per l'ottimizzazione di progetti si introduce quindi il Project Management, disciplina composta da un insieme di attività e metodi entro cui si ritrovano modelli matematici fondamentali per la gestione temporale delle attività di un progetto e la presenza anche di concetti più qualitativi, che impegnano altri aspetti quali: l'organizzazione aziendale, la gestione dei rischi oltre che gli aspetti psicologico/culturali. Da questa breve descrizione scaturisce la definizione del Project Management stesso: processo di gestione, allocazione e temporizzazione delle risorse per ottenere obiettivi predefiniti in modo efficiente (Badiru et al. 1991).

2.Caratteristiche di un progetto e ciclo di vita

Dalla definizione precedente si ricavano alcuni aspetti da approfondire, tra cui la temporaneità e l'unicità di un progetto. La temporaneità è il suo tempo di completamento, il quale ha una data specifica oppure indicativa. Certo è che un progetto, riferendosi ad un preciso obiettivo, ha necessità di avere un fine determinato. L'unicità riguarda invece il livello innovativo, la richiesta di risorse specifica, l'ambiente in cui viene sviluppato. Inoltre è da ricordare che un progetto è caratterizzato da risorse limitate, perché ciascuna di esse ha una specifica classificazione di costo.

Un aspetto da considerare nel lavorare per progetti è che anche se il progetto è unico ed ha un termine, l'obiettivo finale e i tempi delle varie fasi intermedie subiscono un continuo

processo di miglioramento. Le caratteristiche di unicità, temporaneità e risorse limitate vanno perseguite per raggiungere un preciso obiettivo che va suddiviso in fasi, le quali, a loro volta, si compongono di differenti attività di base.

La scomposizione in fasi sarà differente in base al livello di dettaglio che si vuole raggiungere. Per quanto riguarda invece le attività che costituiscono le fasi, esse sono caratterizzate da una durata, che può essere deterministica o aleatoria, da un impiego di risorse e da un costo. Tali attività permettono di delineare il ciclo di vita del progetto, il quale può essere variabile, ma dal quale risulta comunque possibile ricavare caratteristiche che valgono per la stragrande maggioranza dei casi esaminabili. Del ciclo è possibile definire i quattro passaggi fondamentali, collegati tra loro, appunto in un ciclo chiuso (Figura 1):

- Ideazione: studio di fattibilità in cui si illustrano i requisiti principali del progetto. Partendo da un'idea se ne definiscono gli obiettivi, i risultati da raggiungere, le risorse e i tempi necessari per la sua realizzazione. Al termine di questa fase si stila una scheda di progetto;
- Pianificazione: partendo dalla scheda di progetto, si identifica la struttura, il processo e le risorse da utilizzare per compierlo. In questa fase vengono definiti in modo più specifico i vari aspetti decidendo in modo definitivo le attività specifiche, il tempo necessario e il budget stimato. Il livello di dettaglio di questa fase è maggiore di quello precedente e costituisce la base da seguire per portare a termine il progetto;
- Esecuzione: passaggio dalla teoria alla realizzazione effettiva. Vengono eseguite le attività previste, monitorando costantemente il conseguimento degli obiettivi definiti che hanno come scopo la realizzazione dei prodotti o servizi finali. Alcune attività di questa fase sono comuni a tutti i progetti (gestione, comunicazione, monitoraggio...) altre risultano specifiche per ogni singolo caso;
- Chiusura: le chiusure sono di due tipi: la chiusura amministrativa (con stato di avanzamento lavori ed emissione delle fatture) e la chiusura tecnica (in cui il prodotto o il servizio vengono consegnati al committente). La più importante tra le due chiusure è la seconda, in quanto il controllo in campo dell'attività realizzata permette di verificare se i risultati prefissati siano stati conseguiti. Consente, inoltre, di valutare la necessità di apportare al progetto stesso ulteriori modifiche e/o miglioramenti al raggiungimento dell'obiettivo prefissato, anche nell'etica della piena soddisfazione del cliente. Viene così completato il suo ciclo temporale di sviluppo ed esecuzione, per poi passare all'ideazione di un nuovo progetto.

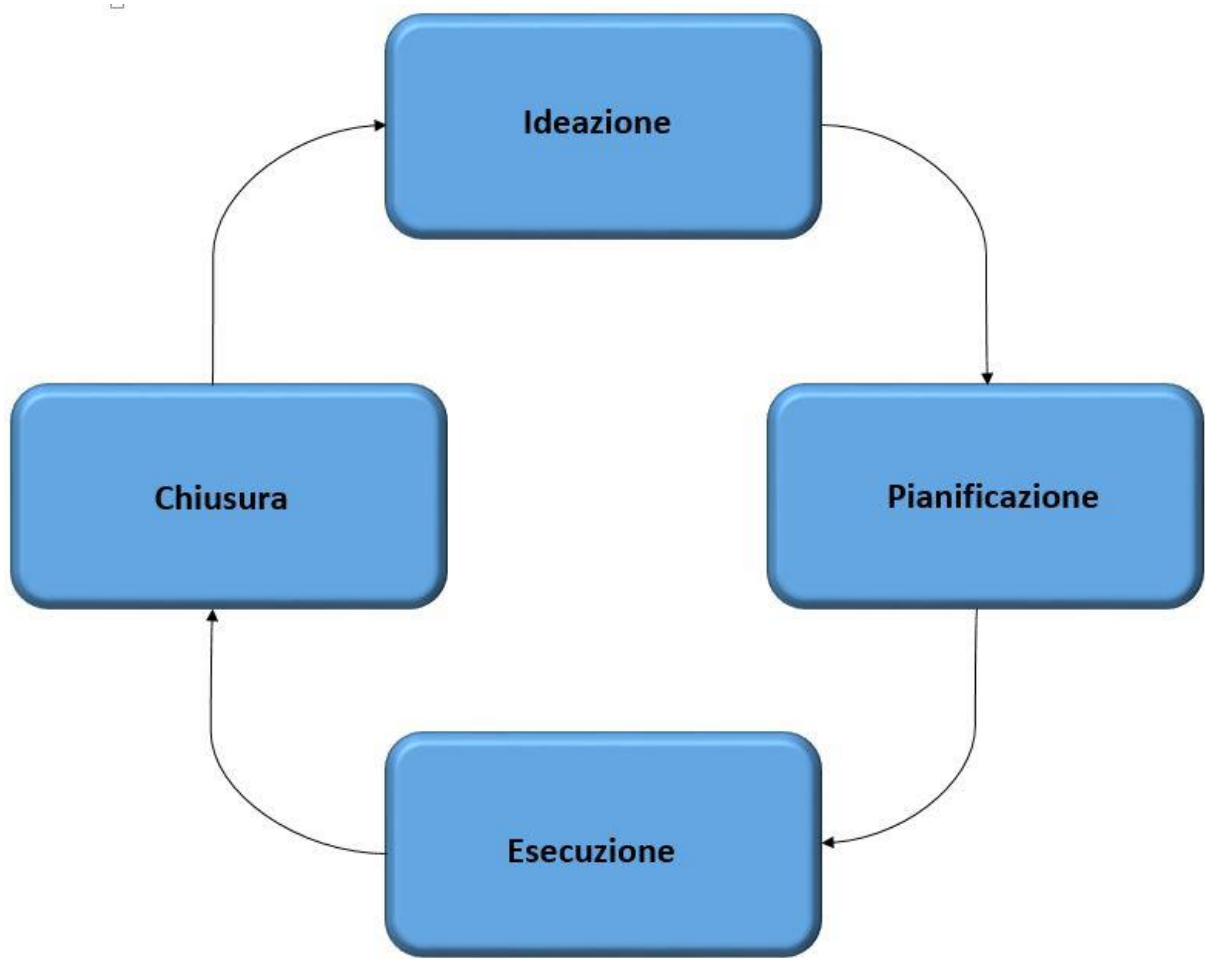


Figura 1

CAPITOLO 2

Introduzione alle tecniche reticolari

1. Tecniche reticolari

Come esaminato precedentemente, un progetto consiste in un insieme di attività. L'utilizzo di tecniche reticolari di programmazione nell'ambito del Project Management, si sviluppa inizialmente suddividendo il progetto stesso nelle attività illustrate in precedenza, che presentano caratteristiche omogenee tra loro. Tale scomposizione deve essere fatta in base al livello di dettaglio che si vuole raggiungere. Risulta utile anche soddisfare alcuni vincoli di precedenza temporali, imposti dalle attività stesse: un'attività principale non potrà di certo succedere ad una secondaria. Ogni attività è associabile ad una durata (deterministica o aleatoria), ad un costo e ad un impiego di risorse.

1.1. Modelli e tecniche reticolari considerati

I modelli reticolari sono rappresentazioni grafiche dei progetti che si vogliono studiare. Si associa quindi ad ogni progetto un grafo orientato ordinato aciclico che è un insieme di elementi chiamati nodi collegati tra loro da archi. Un grafo orientato è un insieme $G = (N, A)$ dove N sono i nodi e A gli archi orientati, cioè aventi una direzione. Aciclico perché non sono presenti circuiti chiusi, cioè percorsi, composti da archi che iniziano e terminano nello stesso nodo. In Figura 1 l'attività 0 è detta evento di inizio progetto e la 9 è detta evento di fine progetto. Di seguito verranno analizzate le principali metodologie reticolari.

1.1.1. Rappresentazione americana

Ogni attività è disposta su un arco orientato e ogni nodo rappresenta un evento (che viene numerato), cioè il momento che separa le attività degli archi entranti dalle attività degli archi uscenti: se l'attività A precede la B si rappresenta in questo modo:

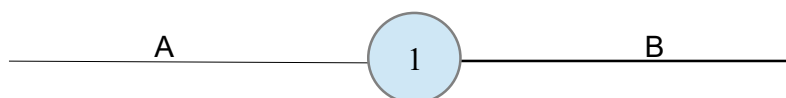


Figura 1

In Figura 2 è rappresentato un grafo aciclico orientato in cui l'attività 0 è detta evento di inizio progetto e la 9 è detta evento di fine progetto.

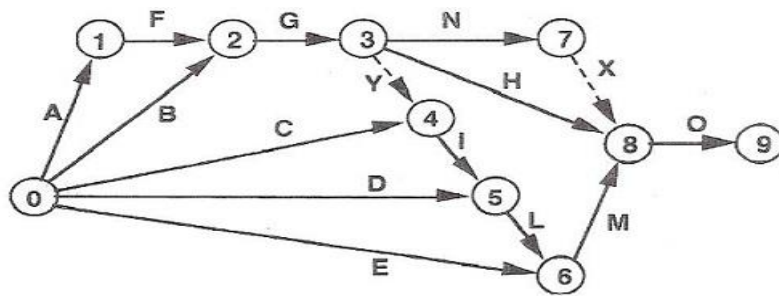


Figura 2

1.1.2 Regole di rappresentazione americana

Una volta suddiviso il progetto in attività continue e sufficientemente omogenee, si può procedere alla costruzione grafica del reticolo delle attività. Come detto, nella rappresentazione con attività sugli archi, gli archi continui orientati rappresenteranno le attività mentre i nodi rappresenteranno gli eventi. Ridefiniamo l'evento come l'istante di tempo in cui tutte le attività entranti nel nodo stesso siano state completate e tutte le attività uscenti abbiano inizio. In ogni reticolo di questo tipo, devono essere distinguibili gli eventi di inizio e di fine dell'intero progetto.

Volendo tracciare il reticolo con attività sugli archi possono sorgere alcune difficoltà che è conveniente vedere nel dettaglio:

- le attività che non sono precedute da alcun'altra attività, come detto in precedenza, vengono dette iniziali ed è consuetudine assegnare a tali attività il medesimo evento di inizio progetto. In modo analogo, a tutte le attività finali (ossia quelle che non precedono alcun'altra attività) viene assegnato un unico evento detto evento di fine progetto;
- due nodi non possono essere collegati da più di un ramo, altrimenti l'intero reticolo non sarebbe più un grafo perché verrebbe a mancare la corrispondenza biunivoca fra archi (attività) e coppie ordinate di nodi (eventi). Supponiamo di avere due attività, B e C, precedute dalla stessa attività A e seguite dalla stessa attività D. Questo suggerirebbe una rappresentazione del tipo di Figura 3;

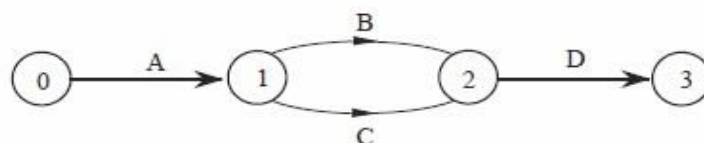


Figura 3

La difficoltà si supera introducendo un'attività fittizia (*dummy activity*) di durata nulla, come nella Figura 4 seguente.

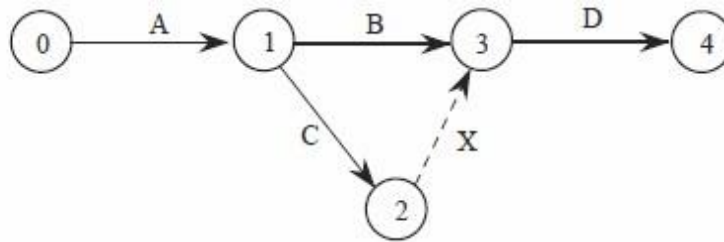


Figura 4

- Un altro caso in cui è richiesta l'introduzione di un'attività fittizia si verifica quando due attività, B e C, precedono entrambe una terza attività D, e una sola delle due (C) ne precede una quarta (E). In questo caso è solo l'introduzione di un'attività fittizia che rende possibile la costruzione del grafo, come si vede nel prossimo esempio di Figura 5.

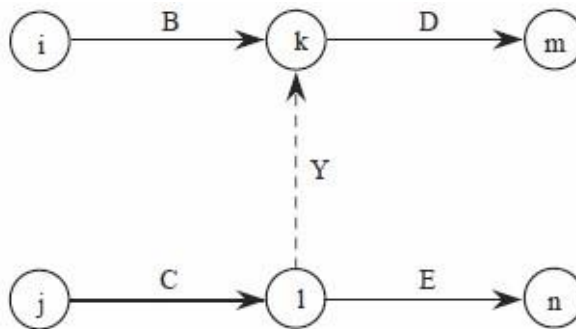


Figura 5

1.1.3. Rappresentazione europea

Ogni attività è disposta su un nodo e ogni arco orientato numerato (i, j) rappresenta la precedenza dell'attività i sulla j ($i < j$), in questo modo:

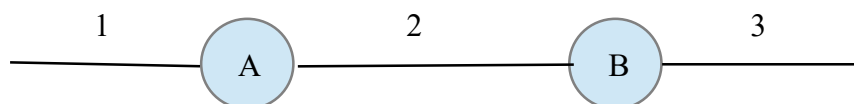


Figura 6

1.1.4 Regole di rappresentazione americana

Il fondamento delle tecniche reticolari di programmazione è la costruzione di questo diagramma reticolare (Figura 6), che rappresenta la successione temporale e la dipendenza reciproca delle varie attività che costituiscono il progetto, le quali vanno completate prima che il progetto venga eseguito. La rappresentazione utilizzata per lo studio sarà quella di tipo europeo, a cui ora si aggiungeranno dettagli specifici della sua costruzione e utilizzazione.

L'utilizzo di questo tipo di rappresentazione non comporta nessun tipo di difficoltà. Tuttavia, si sottolineano alcune caratteristiche specifiche:

- È necessario aggiungere un'attività fittizia iniziale nel grafo, di durata nulla (chiamata *dummy activity*), per tutte le volte che sono presenti attività prive di precedenti e aggiungere, inoltre, un'attività fittizia finale di durata nulla tutte le volte che sono presenti più attività prive di seguenti. In questo modo si crea un grafo aciclico con una sola attività finale e una sola attività iniziale, su nodi;
- Le attività possono essere unite in strati, in cui in quello iniziale si pone l'unica attività iniziale, mentre nel generico strato s si mettono quelle non ancora inserite, ma le cui precedenti sono già state inserite negli strati: $s-1, s-2, \dots$

2. Durata di un progetto

Consideriamo un progetto rappresentato mediante un reticolo ad attività sui nodi (rappresentazione europea) $G = (V; A)$, in cui V rappresenta l'insieme delle attività del progetto, e A l'insieme dei vincoli di precedenza. È dato inoltre un vettore delle durate, in cui è la durata (nota e deterministica) dell'attività i . Un piano temporale (*schedule*) delle attività è un'assegnazione di istanti di inizio alle attività. Dal momento che tali attività si considerano non interrompibili, tale assegnazione specifica completamente l'allocazione temporale delle attività. Dunque, uno schedule è un vettore, in cui rappresenta l'istante iniziale dell'attività i . Chiaramente, affinché un vettore s possa corrispondere a uno schedule ammissibile, andranno soddisfatti tutti i vincoli del problema (precedenze, risorse, ecc.). Ad esempio, se la durata dell'attività a è d_a , tale attività si suppone abbia inizio (venga schedulata) all'istante s_a e inoltre vi è un vincolo di precedenza FS imponente che l'attività b sia vincolata dalla completa realizzazione dell'attività a , ovviamente non potrà essere che, in quanto b inizierebbe prima del completamento di a . Risulta evidente, come sarà chiarito in seguito, che l'attività b dovrà iniziare almeno a $s_a + d_a$ per coerenza con il vincolo descritto. Definiamo inoltre, per comodità rappresentativa, la variabile che rappresenta l'istante finale dell'attività i , ossia l'istante di tempo in cui tale attività sarà completata, coerentemente con la

durata che la caratterizza. Poiché stiamo considerando solamente relazioni di precedenza del tipo FS, senza ritardi (*time lags*) tra due attività successive i e j , si avrà che l'attività j potrà essere schedulata nell'istante in cui la sua attività precedente i sarà terminata oppure in istanti temporalmente successivi (non precedenti). Vogliamo ora porre le condizioni per determinare quale sia la durata minima richiesta per il completamento dell'intero progetto. Essendo, per le ipotesi di trattazione, in presenza di un reticolo AON (*activity on node*, attività sui nodi), sicuramente vi sarà un'attività di fine progetto. Pertanto possiamo equivalentemente dire che la durata minima coincide con il minimo valore della differenza tra l'istante di inizio dell'attività conclusiva e dell'attività iniziale, siano tali attività fittizie o reali. Tale obiettivo è noto in letteratura come *makespan*.

2. C.P.M. (Critical Path Method)

Il C.P.M. o metodo del percorso critico è una tecnica di project management, il cui unico obiettivo è quello di minimizzare il tempo di completamento dell'intero progetto; inoltre, è caratterizzato da attività di tipo deterministico e vincoli di precedenza Finish to Start (FS). Con questa tecnica si tengono sotto controllo le attività di un progetto, utilizzando una rappresentazione reticolare di un grafo aciclico orientato, che tiene conto dell'interdipendenza tra le attività necessarie per completare il progetto stesso.

2.1. Individuazione delle attività

Per entrambi i metodi è necessario scomporre il progetto in varie attività, mantenendo la scomposizione con un grado di dettaglio omogeneo, in quanto ogni attività sarà scomponibile in varie sotto-attività che quindi a loro volta possono essere ottimizzate. Ad ogni attività in cui si è suddiviso il progetto si devono poter attribuire i parametri temporali (P.E.R.T.) o i parametri di tempo e di costo (C.P.M.).

2.2. Determinazione dei vincoli

Dopo aver valutato le varie attività bisogna tenere conto dell'ordine temporale con il quale esse vengono completate, come detto precedentemente: il metodo P.E.R.T., infatti, utilizza precedenze di tipo FS. Si fissano in questo modo i "vincoli di sequenza"; tali vincoli, nei casi pratici, sono determinati sia da condizioni logiche e tecniche, che impediscono la realizzazione di un'attività, se non è stata completata la precedente, sia da problemi legati alla "disposizione di risorse".

2.3.Costruzione del diagramma

Questo passo prevede la costruzione di un reticolo di attività con rappresentazione europea, anche se è più utilizzata la rappresentazione di tipo americano. Quando si costruisce il reticolo è importante tener presenti alcune regole:

- Tutti i vincoli di “sequenzialità” devono essere rispettati;
- Non si devono creare cammini chiusi (loops);
- Non è possibile definire due o più attività aventi gli stessi istanti di inizio e fine.

Il reticolo così definito permette di calcolare il tempo di realizzazione di un progetto, nonché di tutte le fasi intermedie della sua realizzazione.

Questa tecnica considera precedenze di tipo FS (Finish to Start), cioè se l'attività i precede l'attività j, significa che j non può iniziare finché i non è stata completata. Viene svolta inizialmente una fase in avanti per definire le date minime di inizio (d.m.i.) e le date minime di fine (d.m.f.), successivamente una fase all'indietro per definire le date massime di fine (D.M.f.) e le date massime di inizio (D.M.i.).

- La data minima di inizio (d.m.i.) indica l'istante in cui tale attività può iniziare al più presto, rispettando i vincoli di precedenza e le durate. Valutandola dal punto di vista del reticolo, dopo che si è definita la lunghezza di un cammino (pari alla somma delle varie durate relative ai nodi attraversati), la data minima è la lunghezza del cammino massimo dall'attività iniziale compresa (nodo sorgente) all'attività considerata esclusa (nodo corrente);
- La data minima risulta quindi uguale a 0;
- La data minima di fine (d.m.f.) si ricava aggiungendo alla data minima di inizio la durata dell'attività considerata, indicando l'istante in cui tale attività può finire al più presto. La data minima di fine è anche la data di termine del progetto;
- La data massima di fine (D.M.f.) indica l'istante in cui tale attività può terminare al più tardi, in tal caso può causare un ritardo nell'intero progetto. Valutandola dal punto di vista del reticolo, si ricava la D.M.f. sottraendo dalla data di completamento del progetto la lunghezza del cammino massimo che è pari alla differenza tra l'attività considerata (nodo corrente) esclusa e l'attività terminale (nodo terminale) compresa;
- La data massima di inizio (D.M.i.) si ricava sottraendo dalla data massima di fine, la durata dell'attività considerata;
- Le quattro date vengono indicate vicino al nodo del grafo, come nella Figura 7.

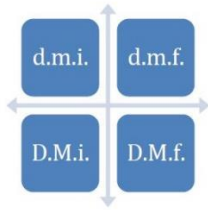


Figura 7

In questa tecnica sono presenti, in taluni casi, anche precedenze di tipo SS (start to start) o FS con ritardo diverso da zero:

- Precedenze SS: cioè che l'attività j (successiva) non può iniziare, se l'attività i (precedente) non è iniziata;
- Precedenze FS con ritardo diverso da zero: come dice il nome sono vincoli di tipo FS però il tempo di attesa per l'inizio dell'attività successiva è diverso dal valore nullo.

3. Algoritmo del C.P.M.

Si consideri K l'insieme di tutte le attività e per ogni attività $k \in K$, si ha:

$d(k)$ la durata;

$dmi(k)$, $dmf(k)$, $DMi(k)$, $DMf(k)$ rispettivamente le date minime e massime di inizio e di fine;

$P(k)$ l'insieme delle attività precedenti;

$S(k)$ l'insieme delle attività successive;

$s(k)$ lo strato di cui k fa parte.

L'algoritmo si compone di tre fasi:

3.1.Stratificazione

Passo 1:

$i := 1$

Per ogni k tale che $P(k) = 0$ si pone $s(k) := 1$

Passo 2:

$i := i + 1$

Per ogni k tale che $s(j) \leq i - 1 \quad \forall j \in P(k)$ si pone $s(k) := i$.

Il passo 2 si reitera finché non si assegnano tutte le attività ad uno strato. Si identifica con sf lo strato dell'attività terminale.

3.2.Fase in avanti

Passo 3 (inizializzazione):

$i: =1$

Per ogni k tale che $s(k)=1$ si pone $dmi(k): =0$ e $dmf(k): =d(k)$.

Passo 4 (data minima):

$i: =i+1$

Per ogni k tale che $s(k)=i$ si pone:

$dmi(k): = \text{MAX} \{dmf(j)\}$ con $j \in P(k)$

$dmf(k): = dmi(k)+d(k)$

Il passo 4 viene iterato fino a che si raggiunge la data minima di fine attività terminale, la quale coincide con il tempo di completamento dell'intero progetto T_f .

3.3.Fase all'indietro

Passo 5 (inizializzazione):

$i=s_f$ (s_f è lo strato terminale)

Per ogni k tale che $s(k)=s_f$ si pone:

$DMf(k): = T_f$ e $DMi(k): = T_f - d(k)$.

Passo 6 (date massime):

$i: = i -1$

Per ogni k tale che $s(k)=i$ si pone:

$DMf(k): = \text{MIN} \{ DMi(j) \}$ con $j \in S(k)$

$Dmi(k): = DMf(k) - d(k)$

Il passo 6 viene reiterato fino a che non viene definita la data massima di inizio dell'attività iniziale, tale data coincide con il tempo di inizio dell'intero progetto.

Dal momento in cui si conoscono le date relative ad ogni nodo (attività), si definiscono i ritardi relativi:

- Ritardo totale (total float):

$$r_{\text{tot}}(k): DMi(k) - dmi(k) = Dmf(k) - dmf(k) \quad \forall k \in K$$

Si può interpretare come un confine superiore al ritardo ammissibile per il tempo di completamento di un'attività, pena il ritardo di completamento dell'intero progetto, nell'ipotesi che le attività precedenti terminino alla loro data minima di fine e le attività seguenti possano iniziare alla loro data massima di inizio.

Le attività a ritardo totale nullo sono critiche e ogni cammino dall'attività iniziale a quella terminale, che attraversa solo attività critiche è un cammino chiuso.

- Ritardo libero (free float):

$$r_{lib}(k) = \min \{d_{mi}(j) - d_{mf}(k)\} \forall k \in K \quad j \in S(k)$$

Si può interpretare come un confine superiore al ritardo ammissibile per un'attività, nell'ipotesi che le attività precedenti e seguenti inizino e terminino alla loro data minima;

- Ritardo indipendente (independent float):

$$r_{ind}(k) = \max \{0; \min \{d_{mi}(j)\} - \max \{D_{mf}(i)\} - d(k)\} \forall k \in K \quad j \in S(k) \quad i \in P(k)$$

Si può interpretare come un confine superiore al ritardo ammissibile per un'attività, se le attività precedenti terminano alla loro data massima e le seguenti iniziano alla data minima.

È chiaro che per ogni attività k si ha: $r_{tot}(k) \geq r_{lib}(k) \geq r_{ind}(k)$.

4. P.E.R.T. (Program and Evaluation Review Technique)

Questa tecnica, come il succitato C.P.M., considera sempre vincoli di precedenza del tipo Finish to Start, ma, a differenza del C.P.M., considera attività di durata aleatoria. Risulta adattabile a progetti influenzati da eventi prevedibili solo in termini probabilistici, come ad esempio progetti di costruzioni civili soggetti a ritardi dovuti a cause meteorologiche. Il metodo prevede che per ogni attività si conoscano le stime della durata ottimistica (caso migliore, se tutto ha funzionato bene e nei tempi previsti), della durata pessimistica (caso peggiore) e della durata più probabile. Il calcolo di queste stime viene effettuato da esperti delle specifiche attività, basandosi sull'esperienza e sulle conoscenze possedute. Quindi si suppone che le durate delle attività abbiano una funzione densità di probabilità di tipo Beta, con deviazione standard data dalla seguente formula:

$$\sigma = \frac{1}{6}(b - a)$$

dove b è la stima della durata pessimistica e a quella della durata ottimistica. Questa espressione della deviazione standard deriva dal fatto che per la maggior parte delle distribuzioni di probabilità, la probabilità che il valore della variabile cada in un intervallo di ampiezza pari a 6 centrato attorno al valor medio è praticamente unitaria.

Allora se la durata dell'attività è distribuita secondo la distribuzione Beta il suo valore atteso sarà approssimato dalla formula:

$$t_e = \frac{1}{3} \left[2m + \frac{1}{2}(a + b) \right]$$

dove m è la stima del valore più probabile della durata dell'attività, cioè la stima della moda della variabile aleatoria (si ricordi che la distribuzione Beta è monomodale). Quindi il valore medio della durata dell'attività è una media pesata tra il punto medio dell'intervallo e il valore della moda. Nella figura seguente è riportato l'andamento della densità di probabilità di una distribuzione Beta (gaussiana).

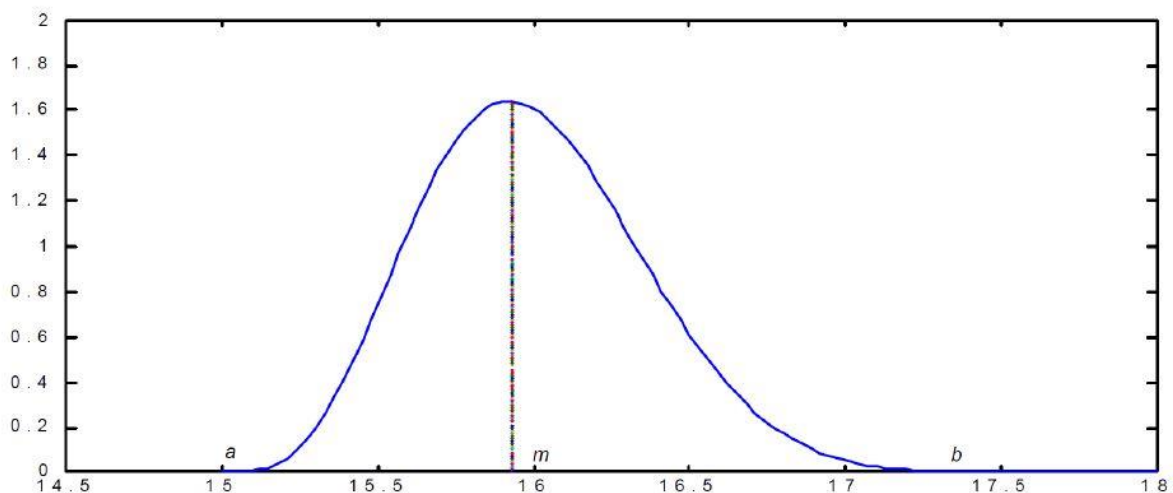


Figura 8

Nel modo appena descritto, il P.E.R.T. calcola i valori attesi e le deviazioni standard delle variabili aleatorie relative alle durate di tutte le attività.

Si risolve quindi un problema di tipo C.P.M. a risorse illimitate, considerando per ogni attività la durata media sopra definita: si trova così il tempo di fine progetto, che viene accettato come durata attesa (o durata media) del progetto. Inoltre, la somma delle varianze delle attività contenute nel cammino critico è accettata come varianza della durata dell'intero progetto (se vi è più di un cammino critico, si considera quello a cui corrisponde la massima varianza). In definitiva, nel P.E.R.T. il tempo di realizzazione del progetto sarà una stima affetta da incertezza che si vuole valutare. In particolare, si definisce dead line il tempo massimo entro il quale il progetto deve essere terminato, allora quello che ci interessa è la probabilità che il progetto sia terminato senza aver superato la dead line. Per procedere nel calcolo, si suppone che i tempi di durata delle varie attività siano tra loro statisticamente indipendenti. Fatta questa ipotesi, si può ricorrere allora al teorema del limite centrale, cioè si può assumere che la somma delle variabili aleatorie corrispondenti alla durata delle attività del cammino critico sia ancora una variabile aleatoria avente distribuzione normale con media pari alla somma delle

medie e varianza pari alla somma delle varianze.

Un'ultima osservazione riguarda l'aver assunto come tempo di realizzazione del progetto quello del cammino critico. Nel caso del P.E.R.T., avendo a che fare con variabili aleatorie, questo non sarà del tutto vero, perché in particolari condizioni potrebbe esserci un altro cammino avente durata maggiore. In genere, comunque, l'approssimazione che facciamo considerando il cammino critico è valida e lo sarà tanto di più quanto più la durata del cammino critico sarà maggiore delle durate degli altri percorsi.

CAPITOLO 3

Descrizione software Gantt (Ganttproject)

1.Diagramma di Gantt

Questo diagramma è stato ideato dall'ingegnere meccanico statunitense Henry Laurence Gantt (1861 -1919). Nel 1917 creò il diagramma che prese il suo nome (Figura 9). Tale diagramma fornisce una raffigurazione temporale grafica dell'evoluzione del progetto. Sull'asse delle ascisse sono rappresentate delle barre la cui lunghezza è proporzionale alla durata delle varie attività, mentre sulle ordinate l'elenco delle attività stesse.

È costruito partendo dall'asse delle ascisse, che rappresenta l'arco temporale del progetto e viene suddiviso in intervalli (giorni, settimane o mesi); l'asse delle ordinate è utilizzato per la definizione delle attività che costituiscono il progetto. Barre orizzontali di lunghezza variabile rappresentano la durata di ogni singola attività, alle quali può essere associato un costo. Queste barre possono sovrapporsi durante lo stesso arco temporale, indicando la possibilità di svolgimento parallelo delle attività a cui fanno riferimento. La fine preventivata per il progetto costituisce la dead line.

Un diagramma di Gantt permette quindi la rappresentazione grafica di un calendario di attività utile per pianificare, coordinare e tracciare specifiche attività in un progetto, dando un'illustrazione precisa dello stato di avanzamento del progetto rappresentato;

Una delle cose, però, non tenute in considerazione in questo tipo di diagrammazione è l'interdipendenza delle attività sottostanti, caratteristica superata invece con l'utilizzo del diagramma P.E.R.T.

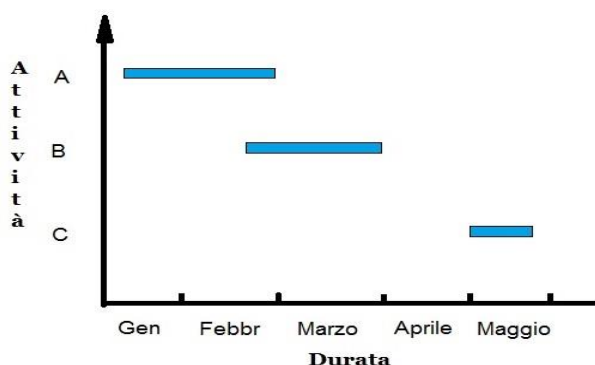


Figura 9

2. Software Ganttproject

Questo software, costruito in architettura Java e sotto licenza GPL, quindi gratuito, permette di utilizzare il modello del diagramma di Gantt nella sua rappresentazione classica. Sarà possibile tramite GanttProject programmare, seguire, controllare e gestire ogni genere di attività che fanno parte del progetto elaborato. Inoltre, è possibile integrare ad ogni progetto un diagramma P.E.R.T. per schematizzare le varie fasi e un diagramma personalizzabile di risorse (numero operatori, mezzi utilizzati, ...) per poter ottimizzare e dettagliare maggiormente i risultati ottenibili.

2.1. Funzionalità del software GanttProject

2.1.1. Operazioni di base

L'interfaccia del programma è composta da una tradizionale barra dei menù, che offre la gestione di tutte le funzioni del programma stesso (Figura 10):

- Progetto: al suo interno sono presenti i tradizionali comandi per aprire e salvare i documenti, inoltre c'è la possibilità di importarli ed esportarli in formati differenti, la stampa e l'anteprima di stampa e infine un utile strumento di condivisione e quindi di gestione dei lavori, attraverso un server web, che connette un gruppo di lavoro tramite la rete.
- Modifica: sono presenti i comandi per annullare un'operazione errata o ripeterne una cancellata, quelli per copiare-tagliare-incollare e l'accesso alle impostazioni fondamentali, quali le impostazioni grafiche dei diagrammi, che si andranno a produrre e quelle dei server per la condivisione di dati.
- Vista: offre la possibilità di trasformare la visualizzazione del progetto da quella in stile Gantt a quella in stile P.E.R.T. con le singole attività collegate da vettori orientati e ogni attività racchiusa in un rettangolo che ne riposta le caratteristiche salienti.
- Attività: per la creazione di nuove attività e la loro gestione.
- Risorse: per la gestione delle risorse impiegate nel progetto, partendo da delle caratteristiche generali (nome, indirizzo, tasso di pagamento), seguendo con i giorni liberi da impostare e per finire colonne personalizzate, in cui è possibile aggiungere un ruolo alla risorsa stessa o altre generalità. Inoltre è possibile importare risorse da un altro progetto Gantt.
- Aiuto: permette di accedere velocemente alla pagina web degli autori, alla guida rapida (in inglese) e alla finestra dei suggerimenti (in italiano).



Figura 10

2.1.2. Barra dei pulsanti

Sotto la barra del menù è presente una barra di pulsanti (Figura 11), che sono relativi alle operazioni di più frequente utilizzo, già osservate all'interno delle opzioni della barra del menù, essi sono sensibili al contesto, ovvero che possono essere attivi o no (ombreggiati), in relazione all'operazione che si sta svolgendo al momento: se è possibile utilizzarli in quel preciso contesto sono attivi, altrimenti vengono ombreggiati e quindi inutilizzabili.



Figura 11

2.1.3. Task della finestra principale

Al di sotto della barra dei pulsanti sono sempre attive due linguette denominate Gantt e Risorse (Figura 12). L'uso della prima è la base della trattazione: sulla sinistra di questa finestra si visualizza la colonna delle attività (Nome) e la colonna delle relative date di inizio e di fine delle attività; la seconda può essere utilizzata per gestire risorse umane o di altro tipo, che vengono assegnate alle diverse attività previste. Inoltre tramite la finestra Vista del menù è possibile aggiungere la linguetta e quindi la finestra relativa Diagramma di P.E.R.T.", in cui vengono raffigurate le varie attività, le loro caratteristiche e i vettori orientati che le collegano.

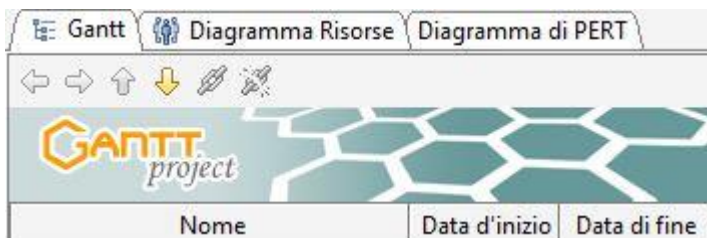


Figura 12

2.1.4 Finestra visualizzazione grafica

Nella parte destra della finestra relativa alle linguette denominate Gantt e Risorse è presente la visuale grafica del progetto in fase di costruzione (Figura 13), in cui: nella parte alta saranno presenti, la linea temporale, con i giorni in cui si svolgono le attività e le opzioni con cui è possibile visualizzare tale barra (ingrandisci, riduci, oggi, visualizza il percorso critico...); invece nella parte bassa, saranno visualizzate le barre delle suddette attività, di lunghezza variabile in base alla loro durata.

Oltre a ciò selezionando con il puntatore del mouse la barra di una attività, comparirà una freccia, indicante un vettore orientato, che è possibile trascinare per stabilire le relazioni tra le varie attività inserite nel diagramma Gantt o P.E.R.T.



Figura 13

2.1.5. Funzionalità approfondite

Il programma permette altre opzioni, visibili solo attraverso l'utilizzo:

- Proprietà delle singole attività (Figura 14): per accedere a questa finestra è necessario cliccare con il tasto destro del puntatore sull'attività interessata e scegliere "Proprietà Attività" dall'elenco delle azioni disponibili (disponibile anche dal menù Attività). Verrà visualizzata una finestra composta di quattro linguette, rispettivamente: "Generali", "Predecessori", "Risorse" e "Colonne Personalizzate". In "Generali" sono modificabili varie opzioni, tra le più rilevanti si hanno il "Nome", la "Data di Inizio", la "Data di Fine", la "Durata", la "Priorità" (da minima a massima) e le caratteristiche grafiche dell'attività selezionata. In "Predecessori" sarà possibile stabilire se l'attività scelta non può iniziare senza che un'altra sia finita. In "Risorse" vanno inserite, appunto, le varie risorse utilizzate per l'attività, potendo inoltre impostare il calcolo del "Costo attività" (calcolato o impostato manualmente). Infine in "Colonne personalizzate" è possibile aggiungere campi personalizzati per aumentare il dettaglio della sopraindicata attività.



Figura 14

2.2. Utilizzo del software

Come già detto tramite questo software dovremo gestire attività diverse e innanzi tutto elencare e creare tutte le singole attività che dovranno essere inserite.

Per la costruzione del progetto scelto è necessario seguire due passaggi principali (Figura 15):

- Creare l'elenco delle attività: disposte possibilmente in ordine temporale: La prima operazione da compiere è quindi creare una voce per ciascuna delle singole attività previste con la consapevolezza che tale elenco può essere modificato, aggiungendo, modificando o eliminando attività. Per creare un'attività si sceglie la voce relativa nel menù attività e si sceglie per ognuna il nome caratterizzante.
- Determinare la durata delle singole attività, cioè inserire le date di inizio e fine attività: nelle relative colonne "Data d'inizio" e "Data di fine" si imposteranno le relative date, appunto, di inizio e di fine di ogni singola attività. Progressivamente all'inserimento delle date, nella parte destra della seguente finestra, si delinearanno le barre di ogni singola attività, ovviamente di lunghezza variabile in base alla durata dell'attività stessa.

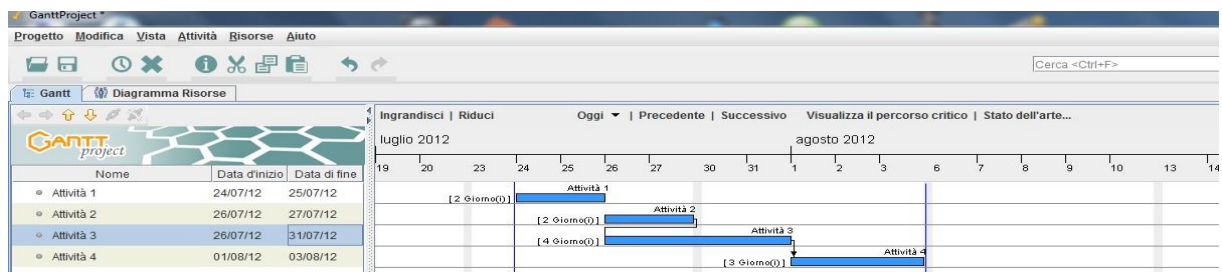


Figura 15

- Successivamente si passa alla creazione del diagramma P.E.R.T. tramite l'apposita finestra Vista del menù, che mette in luce le attività nella loro sequenzialità e correlazione le une alle altre (come dall'esempio in Figura 16):

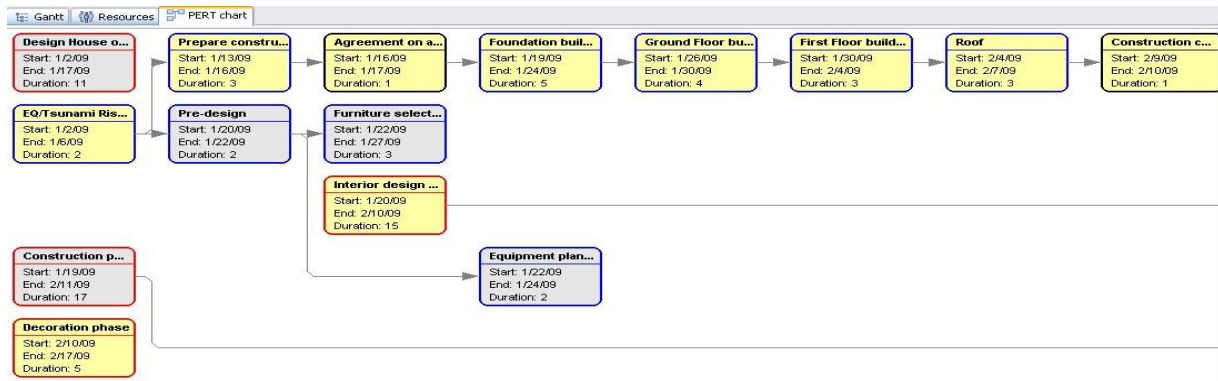


Figura 16

CAPITOLO 4

Ottimizzazione cantieri ditta Eureka S.r.l

1.Casi analizzati - descrizione introduttiva

L'azienda presa in esame è una società che esegue attività di manutenzione e demolizione di edifici (o di loro parti), civili, industriali, commerciali e agricoli, compresa l'attività di bonifica ambientale quale scoibentazione (rimozione di rivestimenti) dell'amianto (asbesto) e ricoibentazione con materiali previsti dalle normative vigenti e non dannosi per la salute.

Inoltre, essendo in possesso dei previsti requisiti, la società provvede al conferimento nei punti di raccolta e smaltimento autorizzati dei materiali rimossi e pericolosi, definiti tali dalla normativa in materia di rifiuti.

1.1.Organizzazione del cantiere

Nell'atto di apertura di un cantiere e prima delle operazioni di bonifica, bisognerà preventivamente provvedere alle predisposizioni elencate di seguito.

1.1.1.I dispositivi di protezione collettiva

Essi prevedono l'installazione di adeguata segnaletica di avviso e pericolo e la limitazione dell'area soggetta all'intervento. All'interno dell'area è vietato l'accesso e il transito dei non addetti ai lavori.

Durante le operazioni di bonifica non è possibile eseguire altre lavorazioni di qualsiasi altra natura.

1.1.2.I dispositivi di protezione individuale

Gli operatori, durante le fasi di allestimento del cantiere e durante le fasi di bonifica, saranno equipaggiati con i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- Elettrorespiratore a ventilazione assistita, costituito da maschera a facciale completo munita di filtro antipolvere, con grado di protezione FFP3 (solo nella fase di bonifica in zona confinata);

- Maschere semifacciali provviste di filtro antipolvere FFP3 (nella fase di cantierizzazione);
- Tute in tyvek a perdere;
- Elmetto;
- Guanti;
- Stivali/scarpe antinfortunistiche.

1.1.3.L'impiantistica di cantiere

Per far sì che abbiano luogo le attività di bonifica, sono necessari i seguenti impianti fondamentali:

- Impianto idrico: costituito da una linea di alimentazione, collegata ai punti di presa più vicini alla zona della bonifica;
- Impianto elettrico: deriva da un punto di allacciamento fornito dal cliente, a cui verrà collegato il quadro generale e i sottoquadri elettrici. L'impianto deve essere conforme al D.M. 37/2008. Il committente deve consegnare copia della Dichiarazione di Conformità redatta dall'installatore.

1.1.4.Mezzi antincendio

Predisposizione di estintori di facile portata per gli operatori, segnalati adeguatamente e in posizione evidente.

1.1.5.Servizi generali di cantiere

Nelle aree messe a disposizione dal committente si provvede all'installazione degli utilities generali di cantiere:

- Spogliatoi e servizi igienici;
- Locale sosta e ristoro;
- Magazzino materiali e attrezzature;
- Deposito rifiuti temporaneo, prima del conferimento degli stessi nell'idoneo impianto di smaltimento.

1.2.Preparazione delle aree

Viene innanzitutto eseguita la completa pulizia nelle aree per ottimizzare il lavoro agli operatori preposti. Vengono allestite delle zone confinate, che saranno completamente isolate rispetto l'ambiente esterno per evitare la possibile diffusione e fuoriuscita delle fibre di amianto nell'ambiente circostante. Di seguito sono riportati i due tipi di confinamento.

1.2.1.Confinamento statico

Nella zona con questo tipo di confinamento, sia le pareti che i pavimenti vengono ricoperte interamente con teli di polietilene autoestinguente, comprendendo le apparecchiature che non possono essere rimosse, in modo così da evitare la loro contaminazione da amianto.

1.2.2.Confinamento dinamico

La zona confinata prima della bonifica vera e propria viene messa in depressione rispetto l'esterno, attraverso l'utilizzo di estrattori d'aria provvisti di filtri. Tali estrattori saranno avviati prima della bonifica e fino alla completa decontaminazione dell'area. Sono posizionati, in base alla struttura dell'area, nelle posizioni più lontane dall'ingresso dell'aria, dove solitamente è posizionata l'unità di decontaminazione degli addetti e dei materiali.

L'aria viene poi espulsa all'esterno dell'area attraverso tubazioni flessibili.

Oltre gli estrattori di servizio, ne viene installato uno di riserva nel caso di avaria di uno dei precedenti.

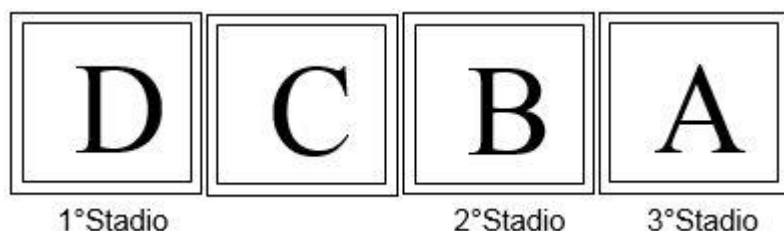
La depressione creata all'interno dell'area impedisce il rilascio di fibre verso l'esterno; inoltre, ci sarà un continuo ricambio d'aria che impedisce un'elevata concentrazione di fibre di amianto aereo disperse all'interno dell'area di lavoro.

1.2.3.Unità di decontaminazione del personale e dei materiali (u.d.p. e u.d.m.)

L'unità di decontaminazione, che è collegata direttamente alla zona di lavoro, sarà composta da 4 zone comunicanti tra loro e suddivise:

- Spogliatoio pulito - zona A, corrispondente al 3° stadio: zona dove l'operatore lascia gli abiti civili ed indossa la tuta di lavoro e tutti gli altri mezzi di protezione individuale. Zona d'uscita dall'area di lavoro e dove si raccolgono i sacchi provenienti dalla zona lavaggio per essere rinsaccati in un secondo sacco marcato a norma;

- Area doccia - zona B, corrispondente al 2° stadio: zona dove l'operatore, indossando ancora il sistema di protezione respiratorio, esegue il lavaggio per decontaminarsi dalle fibre di amianto e dove viene collocato un recipiente riempito di acqua e liquido inglobante idoneo, nel quale vengono immersi completamente i sacchi provenienti dalla zona di 1° insaccamento;
- Chiusa d'aria - zona C, di passaggio: collocata tra la doccia e lo spogliatoio sporco;
- Spogliatoio sporco - zona D, corrispondente al 1° stadio: Zona dove l'operatore in fase di uscita lascia in un apposito contenitore gli indumenti sporchi precedentemente aspirati per una pulizia grossolana dalle fibre e dove i sacchi etichettati e contenenti il materiale di risulta derivante dalla bonifica, vengono aspirati e sottoposti ad una prima pulizia.



1.3.Collaudo del cantiere

Dopo aver completato l'allestimento del cantiere e prima dell'inizio di qualsiasi operazione che comporti la manomissione dell'amianto, i sistemi di confinamento devono essere collaudati con delle prove di tenuta con fumogeni: con gli estrattori d'aria spenti, l'area di lavoro viene saturata con un fumogeno e si osservano dall'esterno del cantiere le eventuali fuoriuscite di fumo. Notata l'eventuale presenza di falle, queste saranno sigillate dall'interno.

Gli esiti della prova fumo, a cui dovrà presenziare il personale dell'U.L.S.S. o di altre aziende di competenza, vengono certificati dalla ditta stessa e messi a disposizione dell'organo di controllo.

1.3.1.Procedure di accesso/uscita dalla zona confinata

Le procedure operative di entrata e di uscita dalla zona confinata, che ciascun operatore segue nel corso dei lavori di bonifica, sono le seguenti:

- Accesso alla zona: l'operatore nell'area spogliatoio pulito lascia gli indumenti personali, per indossare il respiratore e gli indumenti protettivi;

- Uscita dalla zona: ogni volta che un operatore lascia la zona confinata, toglie la contaminazione più evidente dagli indumenti mediante un aspiratore, entra nello spogliatoio sporco e toglie gli indumenti protettivi depositandoli in un apposito sacco e quindi, indossando solo il respiratore, entrerà nel locale doccia dove effettuerà la pulizia personale e del respiratore. Dopo la doccia l'operatore indosserà nello spogliatoio pulito gli abiti civili.

1.4. Bonifica in zona confinata

Le operazioni di bonifica dei materiali contenenti amianto in zona confinata verranno eseguite con le seguenti procedure:

- Trattamento di tutte le coibentazioni contenenti amianto con prodotto incapsulante appositamente colorato;
- Rimozione dello strato di coibente dalle tubazioni mediante utilizzo di attrezzi manuali;
- Immediato insaccamento del materiale rimosso in sacchi etichettati a norma;
- Pulizia mediante spazzolatura ed aspirazione delle superfici dalle quali è stato rimosso l'amianto;
- Trasporto del materiale nell'area di deposito;
- Pulizia generale a fine lavori e lavaggio della zona confinata con relativo recupero e filtraggio dell'acqua;
- Controllo visivo da parte dell'azienda U.L.S.S.;
- Spruzzatura dell'area e delle strutture con prodotti incapsulanti in attesa dell'esecuzione dei campionamenti finali in S.E.M. per la riconsegna.

1.5. Decontaminazione e riconsegna cantiere

Al termine dei lavori di bonifica, si procederà ad un'accurata pulizia della zona confinata, con l'aspirazione e successiva nebulizzazione interna con acqua e soluzione incapsulante (che permette di fissare e sigillare le fibre di amianto presenti sul manufatto).

1.6. Gestione dei rifiuti

Tutto il materiale contenente amianto, che è stato diretto contatto con l'amianto appena rimosso, verrà immediatamente insaccato in sacchi etichettati a norma.

Verranno smaltiti come rifiuti contenenti amianto, anche gli indumenti protettivi utilizzati dagli operatori durante la bonifica ed ogni altro materiale a perdere utilizzato nella zona di lavoro

(teli di polietilene, filtri, ecc....).

L'imballaggio dei rifiuti sarà eseguito con tutti gli accorgimenti per ridurre un possibile inquinamento determinato da una rottura accidentale dei sacchi.

I sacchi verranno posti nell'area di lavoro e periodicamente trattati nella u.d.m. con le procedure precedentemente indicate.

I doppi sacchi etichettati a norma verranno depositati in apposita area opportunamente segnalata e protetta, in attesa del loro successivo trasporto in discarica idonea a cura di trasportatore autorizzato.

1.7.Documentazione di cantiere

Sulla base di quanto disposto dalla vigente normativa e per documentare l'attività di cantiere, verranno mantenuti ed aggiornati i seguenti documenti:

- Giornale Lavori sul quale saranno indicate le attività giornaliere, le lavorazioni effettuate, le anomalie e quant'altro si dovesse verificare nel corso del cantiere;
- Presenze del personale;
- Verbali di collaudo e prove fumo delle aree confinate;
- Verbali di ispezione positiva delle aree alla fine dei lavori;
- Ore di funzionamento dei depressori, con indicazione del relativo numero di matricola, cambio filtri, allarmi ed anomalie;
- Ore di lavoro degli operatori.

2. Definizione Fasi Cantieri Eureka S.r.l.

2.1. Attività dei cantieri

Di seguito sono elencate le attività principali dei cantieri presi in esame:

- Redazione e consegna del PDL (Piano di Lavoro): viene redatto con il preciso scopo di pianificare le attività previste in un determinato periodo di tempo, per essere poi inviato per l'approvazione all'U.L.S.S. o ad altre aziende di competenza, che ne verificherà la fattibilità dello stesso, secondo le specifiche sanitarie previste dalla legge. Sono aggiunti in calce al PDL, allegati, tra cui: l'iscrizione all'albo Nazionale dei Gestori Ambientali, un compendio fotografico delle aree interessate e la planimetria delle stesse;
- Allestimento Zona Confinata: come da precedente descrizione nel paragrafo "Preparazione delle aree";
- Integrazione PDL: si tratta di documentazioni supplementari (formulari, caratterizzazioni dell'amianto...) al Piano di lavoro iniziale, che vengono redatte durante lo svolgimento del cantiere, richieste specificatamente dagli Enti di controllo (U.L.S.S., Arpav, ...). Possono essere richieste o essere più d'una, dipendentemente da ogni singolo caso;
- Prova Fumo: che è stata descritta nel paragrafo di "Collaudo di cantiere";
- Lavori di Bonifica: come da precedente descrizione nel paragrafo "Bonifica in zona confinata";
- Campionamenti SEM: metodo di campionamento tramite microscopio delle fibre di amianto aerodisperse, per identificarne il tipo specifico;
- Sopralluogo da U.L.S.S. per restituibilità locali: controllo a campione dell'unità sanitaria locale, del lavoro di bonifica terminato, per verificare che le lavorazioni siano state fatte secondo termine di legge;
- Trasporto e smaltimento rifiuti: come da precedente descrizione in "Casi analizzati" ad inizio capitolo. Questo smaltimento avviene trasportando l'amianto asportato dal cantiere in esame in apposite aree territoriali specifiche per questo elemento;
- Verbali Rilascio Cantiere: redazione dei documenti finali, tra cui quello chiamato con l'acronimo di D.U.R.C. (*documento unico di regolarità contributiva*), per la chiusura definitiva del cantiere e quindi per la successiva restituzione dell'area alla sua funzione.

2.2. Risorse utilizzate

Nelle varie attività sopra descritte, le risorse (operatori) impiegate sono:

- Di tipo impiegatizio, per quello che concerne la Redazione del PDL, le integrazioni al PDL e i Verbali di rilascio del cantiere. L'azienda si avvale di 2 persone specializzate, che lavorano 5 giorni alla settimana (dal lunedì al venerdì), 8 ore al giorno;
- Di tipo operativo, per quanto riguarda le attività di Allestimento Zona Confinata, Prova Fumo, Lavori di bonifica e Trasporto e smaltimento rifiuti. La società conta su 2/3 operatori per singolo cantiere, in numero variabile in rapporto alla complessità delle lavorazioni. Essi lavorano 5 giorni alla settimana (dal lunedì al venerdì), 8 ore al giorno.

Mentre per la fase di trasporto delle apparecchiature di cantiere, l'azienda si avvale di camion cassonati, mentre per il trasporto dei rifiuti, di camion con rimorchi atti al caricamento di container scarrabili apposti per i rifiuti. Fa da sé che per la formazione dei prossimi diagrammi non vengono introdotte le attività coordinate delle aree non direttamente imputabili ad ogni singolo caso, come possono essere quelle dell'ufficio amministrativo.

3.Fornace degli Ongari

Questo primo sito, costituito da capannoni a carattere industriale, si contraddistingue per la presenza di amianto sulla copertura degli stessi, che dev'essere rimosso al fine di permettere la successiva demolizione degli stabili.

3.1. Diagramma delle attività

Le attività che si sviluppano in ordine temporale sono le seguenti (Figura 17):

- Redazione del PDL e Consegna PDL: durata 4 giorni, dal 25/01/2012 al 30/01/2012;
- Inizio lavori e allestimento zona confinata: durata 10 giorni, dal 06/03/2012 al 19/03/2012;
- Prova fumo: durata 1 giorno, dal 19/03/2012 al 19/03/2012;
- Lavori di bonifica: 8 giorni, dal 19/03/2012 al 28/03/2012;
- Campionamento SEM: durata 2 giorni, dal 29/03/2012 al 30/03/2012;
- Prima integrazione: durata 1 giorno, dal 16/04/2012 al 16/04/2012;
- Seconda integrazione: durata 1 giorno, dal 26/04/2012 al 26/04/2012;
- Sopralluogo da U.L.S.S. per restituibilità locali: durata 1 giorno, dal 08/05/2012 al 08/05/2012;
- Trasporto e smaltimento rifiuti: durata 1 giorno, dal 11/05/2012 al 11/05/2012;
- Verbale rilascio cantiere: durata 1 giorno, dal 14/05/2012 al 14/05/2012.

La durata totale del cantiere è di 28 giorni di lavoro totali, escludendo i giorni di sabato e domenica ritenuti festivi. I giorni festivi sono stati impostati in questo diagramma, per calcolare la durata corretta delle singole attività, tramite le "Proprietà Attività". Tutte le operazioni possiedono vincoli di tipo FS e i *time lags* purtroppo risultano essere indipendenti dalle decisioni operative dell'azienda, su questo diagramma, come nel successivo Diagramma di P.E.R.T.

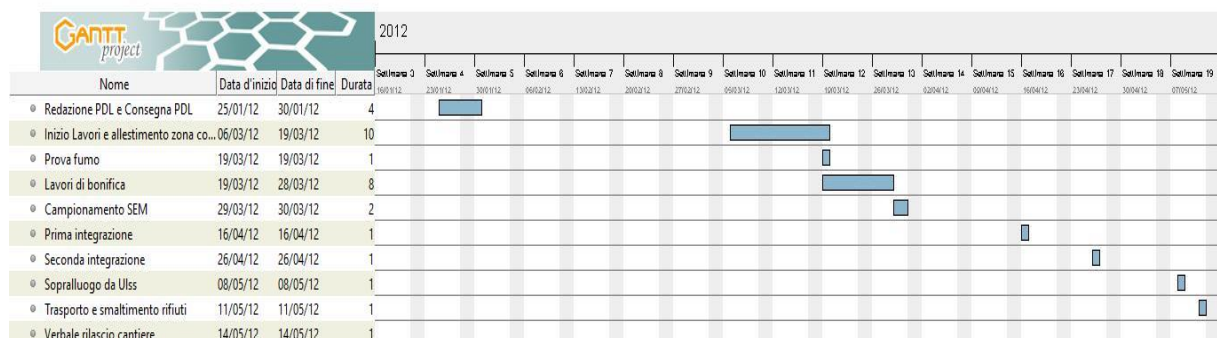


Figura 17

3.2. Diagramma di P.E.R.T.

Nel Diagramma di P.E.R.T. (Figura 18) sono state posizionate le attività, secondo due livelli: quello più alto, concernente le fasi di lavorazione documentale e quello più basso, per quanto riguarda le fasi operative di cantiere.

Questo caso, come visibile dal Diagramma di P.E.R.T., risulta essere il più significativo dal punto di vista delle attività, in quanto sono presenti tutte quelle possibili per quel che riguarda l'ambito di competenza.

La prima criticità riscontrata è l'attesa, a seguito di Redazione del PDL, per l'inizio dei lavori.

La causa di tale "tempo morto" è da imputare alle tempistiche richieste e necessarie imposte dagli enti che regolano questo ambito. Su questa attesa non è possibile agire.

La seconda criticità, risulta essere la redazione delle due integrazioni al PDL perché hanno creato una pausa importante prima delle fasi finali del cantiere. Tutto ciò è dovuto al fatto che senza suddette integrazioni, l'ente preposto, avrebbe trovato delle parti mancanti nei documenti relativi allo svolgimento dei lavori a seguito del campionamento dei materiali rimossi e per questo motivo, le sopraccitate, sono state prodotte mettendo in sospensione il cantiere stesso.

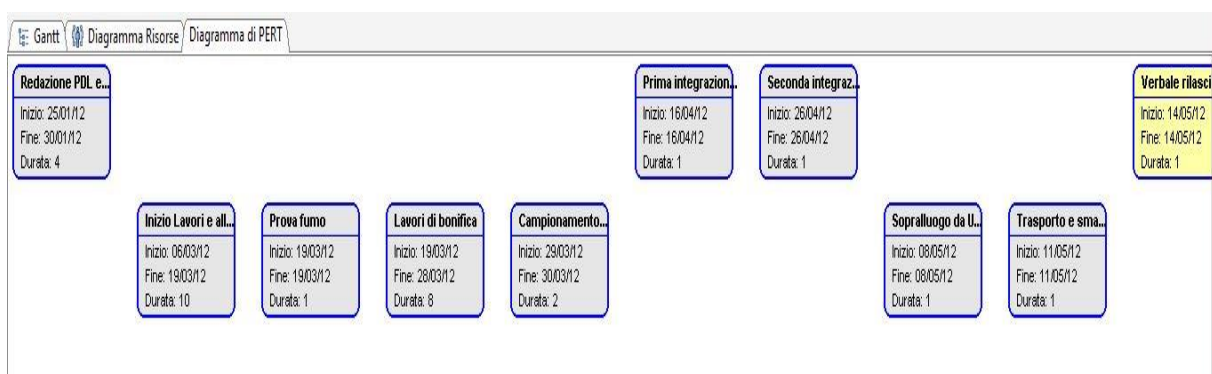


Figura 18

4.Rimorchiatori Panfido “Titanus”

Si tratta qui di bonifica all'interno di un rimorchiatore, in cui le aree interessate dalla presenza di amianto sono risultate essere gli isolamenti delle tubazioni, questo ha aumentato la difficoltà nella rimozione, soprattutto per la ristrettezza della zona e la vicinanza dei tubi gli uni agli altri.

4.1.Diagramma delle attività

In questo secondo caso preso in esame le attività che si sviluppano in ordine temporale sono le seguenti (Figura 19):

- Redazione del PDL e Consegna PDL: durata 1 giorno, dal 25/01/2011 al 25/01/2011;
- Inizio lavori e allestimento zona confinata: durata 6 giorni, dal 18/10/2012 al 25/10/2012;
- Integrazione PDL: durata 1 giorno, dal 19/10/2012 al 19/10/2012;
- Prova fumo: durata 1 giorno, dal 25/10/2012 al 25/10/2012;
- Lavori di bonifica: durata 4 giorni, dal 25/10/2012 al 30/10/2012;
- Campionamenti SEM: durata 1 giorno, 30/10/2012 al 30/10/2012;
- Trasporto e smaltimento rifiuti: durata 1 giorno, dal 15/11/2012 al 15/11/2012;
- Verbale rilascio cantiere: durata 1 giorno, dal 15/11/2012 al 15/11/2012.

La durata totale del cantiere è di 11 giorni di lavoro totali, escludendo i giorni di sabato e domenica ritenuti festivi. I giorni festivi sono stati impostati in questo diagramma, per calcolare la durata corretta delle singole attività, tramite le “Proprietà Attività”. È stata ridotta, tramite l'apposito tasto, la linea temporale per poter permettere la visualizzazione dell'intera linea temporale dei lavori. Tutte le operazioni possiedono vincoli di tipo FS e i *time lags* purtroppo risultano essere indipendenti dalle decisioni operative dell'azienda, su questo diagramma, come nel successivo Diagramma di P.E.R.T.



Figura 19

4.2.Diagramma di P.E.R.T.

Nel Diagramma di P.E.R.T. (Figura 20) sono state posizionate le attività, secondo due livelli: quello più alto, concernente le fasi di lavorazione documentale e quello più basso, per quanto riguarda le fasi operative di cantiere.

In primo luogo come da Diagramma di P.E.R.T., anche in questo caso, il lasso di tempo che separa la Redazione del PDL dall'inizio lavori, questo è dovuto al fatto che le concessioni degli enti preposti (U.L.S.S.) è stata più lunga del previsto e su tale temporalità non è possibile intervenire.

In secondo luogo è visibile come sia stata necessaria un'integrazione al PDL nel secondo giorno di apertura del cantiere. Il motivo di ciò è da attribuire al fatto che, l'organo di controllo ha richiesto talune modifiche al piano di lavoro al fine di permettere il proseguo dei lavori. Questa integrazione è stata effettuata, a differenza del caso precedente, senza sospendere i lavori, per dettagli implementabili di minor rilevanza.

Infine, il sopralluogo degli enti interessati non è stato effettuato in quanto è a discrezione dell'istituto stesso la scelta di effettuare o meno sopralluoghi nell'area. È alta la probabilità che nel caso specifico sia stata evitata perché la destinazione finale del rimorchiatore in esame, sarebbe stata quella dello smantellamento completo.

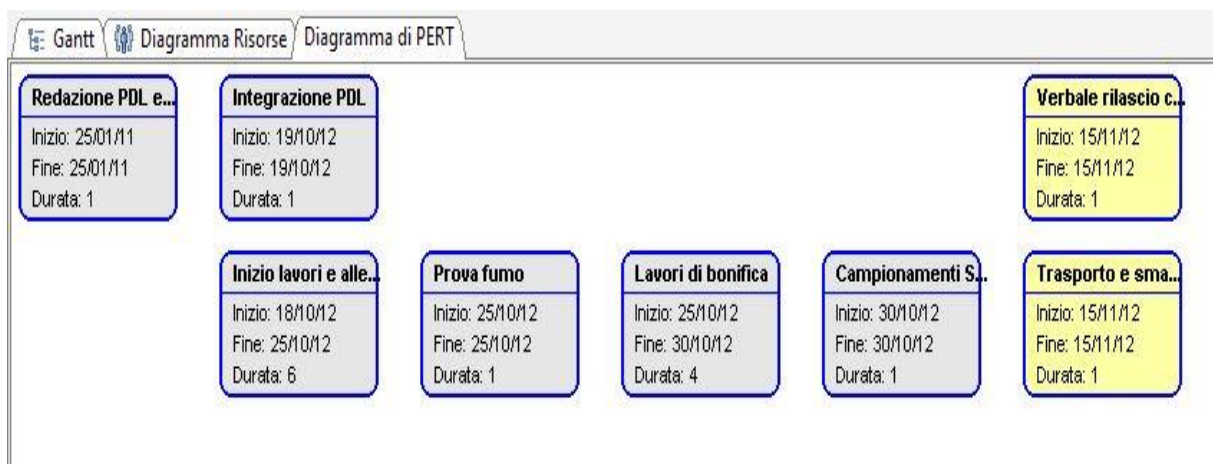


Figura 20

5.Euro impresa edile “Sede CGT”

La superficie interessata dalla presenza di asbesto era la copertura di uno stabile utilizzato per uso commerciale.

5.1.Diagramma delle attività

Nel terzo caso preso in esame le attività che si sviluppano in ordine temporale sono le seguenti (Figura 21):

- Redazione del PDL e Consegna PDL: durata 1 giorno, dal 07/08/2012 al 07/08/2012;
- Inizio lavori e allestimento zona confinata: durata 9 giorni, dal 21/08/2012 al 31/08/2012;
- Integrazione PDL: durata 1 giorno, dal 22/08/2012 al 22/08/2012;
- Prova fumo: durata 1 giorno, dal 31/08/2012 al 31/08/2012;
- Lavori di bonifica: durata 4 giorni, dal 31/08/2012 al 05/09/2012;
- Campionamenti SEM: durata 1 giorno, 13/09/2012 al 13/09/2012;
- Trasporto e smaltimento rifiuti: durata 1 giorno, dal 20/09/2012 al 20/09/2012;
- Verbale rilascio cantiere: durata 1 giorno, dal 20/09/2012 al 20/09/2012.

La durata totale del cantiere è di 15 giorni di lavoro totali, escludendo i giorni di sabato e domenica ritenuti festivi. I giorni festivi sono stati impostati in questo diagramma, per calcolare la durata corretta delle singole attività, tramite le “Proprietà Attività”. Tutte le operazioni possiedono vincoli di tipo FS e i *time lags* purtroppo risultano essere indipendenti dalle decisioni operative dell'azienda, su questo diagramma, come nel successivo Diagramma di P.E.R.T.



Figura 21

5.2.Diagramma di P.E.R.T.

Nel Diagramma di P.E.R.T. (Figura 22) sono state posizionate le attività, secondo due livelli: quello più alto, concernente le fasi di lavorazione documentale e quello più basso, per quanto riguarda le fasi operative di cantiere.

Da Diagramma di P.E.R.T. si denota che i tempi di attesa tra la Redazione del PDL e l'inizio dei lavori risultano essere minori rispetto i due precedenti casi, dovuto anche al fatto che questo cantiere si estendeva su un'area di più recente costruzione, questo ha permesso agli organismi ufficiali di dover tener conto di minori dettagli nella concessione di apertura lavori. È visibile come sia stata necessaria, anche in quest'area, un'integrazione al PDL nel secondo giorno di apertura del cantiere, sempre perché l'organo di controllo ha richiesto talune modifiche al piano di lavoro al fine di permettere il proseguo dei lavori. Questa integrazione è stata effettuata, come nell'esempio precedente, per dettagli implementabili di minor rilevanza tali da non far sospendere i lavori.

Uguualmente in questa circostanza, il sopralluogo degli enti preposti non è avvenuto sempre perché è a sua discrezione e in aggiunta, perché si tratta di un edificio a carattere commerciale e talune norme non obbligano il controllo a fine lavori.

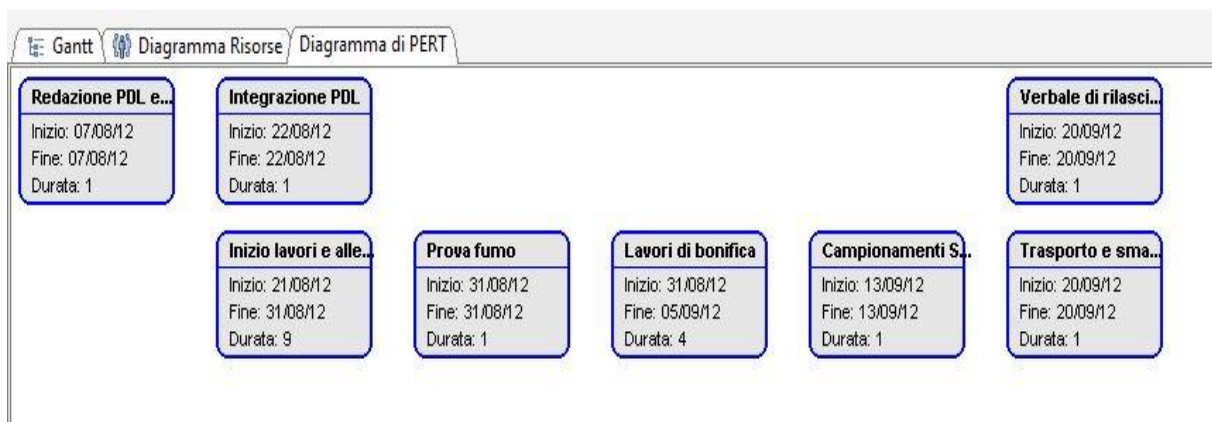


Figura 22

6. Analisi conclusiva

Alla fine della costruzione dei Diagrammi Gantt e P.E.R.T. per i tre casi elencati, possono essere fatte le ulteriori considerazioni:

Le tempistiche delle attività, variano significativamente, da caso a caso, per questo non esiste un modello o più modelli che diano le direttive sui periodi standard. Escluse da questa considerazione sono le fasi di:

- Redazione PDL e consegna PDL, Integrazione PDL e Verbale rilascio cantiere: si basano su documenti di precedenti cantieri, che fanno da traccia per la compilazione. La durata è di una giornata lavorativa;
- Trasporto e smaltimento rifiuti: avendo già in cantiere unificato tutti i rifiuti delle bonifiche eseguite ed essendo smaltiti in siti propinqui ad esso, la durata è di una giornata lavorativa.

Il decorso delle altre attività è proporzionale inizialmente all'estensione delle aree interessate alla bonifica e la loro distribuzione spaziale in suddetta area, in secondo tempo alle caratteristiche specifiche dell'amianto che dovrà essere rimosso e per finire dal numero di addetti utilizzati per le varie operazioni.

Un'altra delle fasi che è sottoposta a variabilità è quella del sopralluogo, che può essere effettuato o no, a discrezione dell'ente di controllo. Come già scritto nei singoli casi, ogni attività risulta essere fondamentale per lo svolgimento della successiva e perciò non possono essere in alcun modo posizionate diversamente nella linea temporale.

Per quanto riguarda i tempi di attesa tra una fase e la successiva (vedi caso limite "Rimorchiatori Panfido"), come si è già evinto, sono molto vincolanti per la riduzione delle tempistiche totali della durata del cantiere, soprattutto nelle fasi iniziali: dalla Redazione e Consegna del PDL, all'inizio del cantiere. Risultano essere di non diretta responsabilità dell'azienda operante perché è l'U.L.S.S. che vaglia i documenti prima di concedere l'apertura dei lavori. Si denota come l'utilizzo di questa tipologia di grafici, inseriti in GanttProject, sia un valido strumento per determinare quali siano i punti critici di questi cantieri.

CONCLUSIONE

In questa esposizione si è partiti dal discutere il concetto di progetto, inteso come insieme di attività, con le loro rispettive durate, che vanno correttamente gestite nella loro interezza e che presentano tra di loro dei legami, definiti vincoli, di vario tipo: dai vincoli deterministici e aleatori a quelli che comprendono richieste di risorse nel corso del loro svolgimento. Partendo da questo sono state mostrate le rappresentazioni grafiche, di vario tipo, possibili e differenti per l'illustrazione dei progetti. Ad esse, quindi, sono state associate delle tecniche risolutive principalmente di due tipi: C.P.M. e P.E.R.T., con le loro rispettive funzionalità. Si è chiarito come pur essendo utili allo stesso scopo, risultino essere adattabili o a progetti con eventi prevedibili o a quelli con eventi probabilistici. Sono stati illustrati i passaggi fondamentali per la creazione dei grafici e della determinazione dei vincoli. Questo è stato il punto da cui partire per parlare del diagramma Gantt, strumento utilizzato nel Project Management per fornire una rappresentazione grafica temporale dell'andamento del progetto in esame, che costituisce un forte strumento decisionale durante la fase di pianificazione. Il diagramma di Gantt si è visto come sia, in tempi moderni, fruibile attraverso la piattaforma Open Source di GanttProject. Di questo applicativo si sono descritte le funzionalità per il suo completo utilizzo. Per mostrare l'applicazione di GanttProject calzata sulla realtà, si sono presi in esame tre esempi pratici, uno ad uno, grazie ai dati forniti dall'azienda Eureka S.r.l. di Mestre (VE). In principio è stato descritto, dei casi scelti, come funziona un cantiere, quali siano le sue fasi fondamentali e le sue procedure. Tali esempi, opportunamente scelti per la loro varietà, hanno permesso di visionare la costituzione dei diagrammi di tipo Gantt e P.E.R.T., concernenti le durate delle varie attività legate ai cantieri. L'ottimizzazione è stata principalmente interpretata come la ricerca del tempo minimo di completamento dell'intero progetto compatibilmente con i vincoli imposti dal problema, ma si è chiarito che l'obiettivo potrebbe essere diverso da quest'ultimo in quanto le attività sono dipendenti le une alle altre in termini cronologici. L'ausilio di questi strumenti ha consentito di verificare le criticità su cui puntare maggiormente l'attenzione e su cui prendere decisioni e fare interventi nei futuri progetti.

BIBLIOGRAFIA

- Andreatta G., Mason F., Romanin Jacur G., 1996, *Ottimizzazione su reti*, Padova, Italia: Edizioni Libreria Progetto Padova.
- Bianco L., Caramia M., 2006, *Metodi Quantitativi per il Project Management*, Italia: HOEPLI.
- Manuale Ganttproject italiano (<http://ganttproject.sourceforge.net>),
11 novembre 2016
- Piano di Lavoro fornito da Eureka S.r.l
- Betts A., Chambers S., Danese D., Johnston R., Romano P., Slack N., A. Vinelli, 2007, *Gestione delle operations e dei processi*, Italia: Pearson Paravia Bruno Mondadori S.p.A.