

## ***Il coordinamento nei progetti edili in rapporto alla sicurezza***

Berardo Naticchia

### **1. Introduzione**

A fronte di un corposo quadro legislativo forse anche troppo articolato (si contano 81 tra leggi e decreti e 127 circolari legate al tema della sicurezza sul lavoro) il numero degli infortuni nei cantieri edili è sempre rimasto molto elevato.

L'attuazione attraverso il D.Lgs 494/96 della Direttiva Europea 57 del '92 relativa alle 'prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei e mobili' è stata presentata come una svolta decisiva rispetto al passato. Almeno tre sono gli elementi innovativi sui quali è basata la fiducia circa i risultati del provvedimento: da un lato il coinvolgimento diretto del committente nella gestione della sicurezza, tramite l'attribuzione di precise responsabilità, in modo da introdurre già nella scelta del costruttore motivi di attenzione al tema della sicurezza, dall'altro l'individuazione di specifiche professionalità per il coordinamento in materia di sicurezza per la fase della progettazione e per la fase dell'esecuzione ed infine l'introduzione dell'obbligo non solo della progettazione delle misure di sicurezza ma anche della valutazione dei costi che queste comportano.

Non è qui mia intenzione entrare nel merito di alcune anomalie che possono facilmente essere riscontrate nelle disposizioni applicative del disposto legislativo come ad esempio il livello di soglia forse troppo elevato per il quale diventa obbligatoria la trasmissione del piano di sicurezza (in tal caso il piano generale di sicurezza definito all'art. 13) alle imprese nella fase di formulazione delle offerte o anche la genericità dell'indicazione della sua entrata in vigore nel caso di appalti privati per i quali di fatto non esiste un documento formale di assegnazione d'incarico della progettazione.

È invece mia intenzione soffermarmi qui sull'innovazione culturale che la disposizione legislativa dovrebbe introdurre nel settore delle costruzioni ma che a mio avviso dopo un anno dalla sua entrata in vigore non è ancora riscontrabile.

Nel far ciò vorrei partire da una prima considerazione su alcuni dati statistici relativi agli incidenti in cantiere: circa due terzi degli incidenti avvengono per una causa che poteva essere prevista in fase di programmazione e più di un terzo del totale avviene per una causa legata all'interferenza tra operazioni diverse.

Questi dati hanno di fatto indirizzato la direttiva europea poi recepita dal D.Lgs 494/96, da un lato verso la necessità di riconoscere la specificità di ogni cantiere individuando di conseguenza la necessità di progettazione della sicurezza in modo da tener in debito conto le peculiarità di ogni singolo intervento edilizio, dall'altro verso la necessità di prendere in considerazione con particolare attenzione i problemi che possono sorgere dal mancato coordinamento delle operazioni che si svolgono in cantiere.

Non è allora un caso che il principale elaborato di progettazione individuato dalla legge per la gestione della sicurezza porti il nome di '*piano di sicurezza e coordinamento*'.

A ben vedere si nota infatti che in primo luogo non si parla di *documento* quanto di *piano* centrando così l'attenzione sul carattere di esposizione pragmatica di un progetto che l'elaborato deve possedere tenendo necessariamente conto delle specificità della singola opera, in secondo luogo il termine *coordinamento* compare direttamente nel nome dell'elaborato lasciando pochi dubbi su quelli che dovranno essere i suoi contenuti<sup>1</sup>.

Quest'ultima considerazione è poi corroborata dal fatto che i due nuovi ruoli individuati nella legge sono denotati come '*coordinatori in materia di sicurezza e di salute*'; non si parla cioè di responsabili per la sicurezza ma si pone l'accento sul carattere operativo delle nuove figure caratterizzandone i compiti in termini manageriali.

A queste considerazioni si contrappone ad esempio la constatazione che tra i contenuti dei corsi di formazione per i coordinatori in materia di sicurezza i temi relativi alle metodiche di gestione del coordinamento trovano scarsissimo spazio<sup>2</sup>.

In altri termini i caratteri della formazione delle nuove figure sembra sia più adeguata alla preparazione di ispettori piuttosto che di coordinatori o se vogliamo di progettisti della sicurezza.

La situazione non cambia quando si va ad analizzare l'ondata di letteratura che ha accompagnato l'entrata in vigore del decreto legislativo; anche qui da più parti è riconosciuta l'importanza del problema del coordinamento ma di fatto non si trovano indicazioni metodologiche nel merito.

La stessa cosa accade infine nel campo dei software di assistenza alla redazione dei piani di sicurezza che in massa sono stati immessi sul mercato; qui il modello condiviso dalla gran parte dei prodotti è quello dell'ipertesto che struttura in modo operativo i vari disposti legislativi connessi con il tema della sicurezza.

L'immagine che insomma il settore delle costruzioni offre di se è quella di un compartimento culturalmente stagnante nel quale un'importante occasione d'innovazione culturale non viene colta. Questa prova di scarsa reattività avviene inoltre alla vigilia di un altro importante evento come quello dell'introduzione diffusa della certificazione di qualità.

### **Progettare la costruzione**

Ciò che a mio avviso non è stato infatti colto con sufficiente chiarezza è che per la prima volta una disposizione legislativa introduce, sia pure limitatamente al tema della sicurezza, il concetto di progettazione della costruzione<sup>3</sup>.

Questo fatto apre la strada ad una diversa concezione del progetto che non si ferma alla definizione e alla prescrizione delle qualità del manufatto, ma si estende nella definizione e valutazione del processo realizzativo al fine di prevederne tanto la fattibilità tecnica quanto la fattibilità operativa e gestionale.

---

<sup>1</sup> anche se questi non sono ancora stati specificati nei dettagli attraverso il decreto annunciato all'art.12 comma 2.

<sup>2</sup> Dai dati a mia disposizione relativi ai programmi di un gran numero di corsi organizzati nelle provincie di Ancona, Ascoli Piceno, Macerata, Teramo e Pescara risulta ad esempio che solo il 3% dei contenuti è relativo ad argomenti connessi con le metodiche di gestione del coordinamento. La percentuale sale ad appena il 6% se consideriamo tutti gli argomenti connessi alle metodiche di programmazione operativa.

<sup>3</sup> concetto peraltro condiviso dalle tematiche dei Sistemi di Qualità delineate nelle UNI EN ISO 9000.

Tale concezione è legata alla convinzione che il momento dell'ideazione e quello della realizzazione non possano esistere distintamente, in una relazione reciproca di causa effetto ma tendono a influenzarsi reciprocamente. Un buon progetto cioè non è tale se non è costruibile, e per esser tale il progetto deve costituire il punto d'incontro tra l'idea e il gesto che la realizza in modo efficiente e in sicurezza.

La difficoltà nell'individuare una sequenza operativa efficiente, affidabile e compatibile con i mezzi materiali e culturali del contesto tecnologico a cui si fa riferimento, necessariamente innesca e influenza una rielaborazione dell'idea progettuale.

Il tentativo d'importare nel settore delle costruzioni il concetto di programmazione, principale motore delle rivoluzioni organizzative che negli ultimi anni hanno profondamente rinnovato la produzione industriale, non trova la necessaria cultura manageriale adatta al suo recepimento.

In questo senso è necessario valutare l'influenza di molteplici fattori tra i quali alcuni sono legati all'efficacia intrinseca delle tecniche impiegate, altri ai materiali, mano d'opera e attrezzature disponibili, altri ancora all'organizzazione finanziaria, alla gestione dell'informazione e così via. Si comprende quindi come un processo possa essere efficiente e sicuro in un contesto e inefficiente e pericoloso in un altro e come di conseguenza il suo trasferimento non garantisca in genere i risultati ottenuti nel contesto d'origine.

Il fatto nuovo che qui vogliamo portare all'evidenza è cioè la consapevolezza che la qualità non possa essere semplicemente prescritta ma deve essere programmata e gestita. Ciò implica un approccio diverso al rapporto tra tecnologia e progetto, un rapporto che implica una progettualità che vada oltre la semplice prescrizione prestazionale.

Il punto è che tra l'evocazione di una situazione e la realizzazione della situazione il passo non è immediato ma si presuppone una programmazione delle diverse fasi della realizzazione, nel coordinamento delle risorse e delle operazioni, nella progettazione del cantiere e così via.

D'altro canto l'attuale struttura del progetto esecutivo, per come esso è definito nella legge quadro in materia di lavori pubblici<sup>4</sup>, è orientata ad un obiettivo puramente contrattuale. Il progetto esecutivo deve cioè avere tutte le caratteristiche necessarie perchè l'appalto, non la costruzione, sia esperito nel corretto modo e in tal senso assume un ruolo centrale la definizione minuziosa e coerente delle caratteristiche dell'opera.

Le tavole grafiche, il capitolato, il computo, l'elenco prezzi e tutti gli altri elaborati del progetto esecutivo sono allora indirizzati alla descrizione del prodotto finito, come questo lo si desidera, quando nella data stabilita e al costo stabilito, esso sarà riconsegnato al committente.

Quasi nulla il progetto esecutivo ci dice sull'organizzazione del processo costruttivo e sulla possibilità di controllare che questo stia divergendo durante il suo svolgimento in modo non accettabile dal giusto corso.

L'approccio prescrittivo, alla base di tale concezione del progetto, postula che la corretta definizione delle caratteristiche del prodotto costituisca un'adeguata garanzia del loro ottenimento.

In realtà l'esperienza dimostra il contrario. La mancata valutazione in sede progettuale degli aspetti costruttivi, implica alcune gravi e frequenti conseguenze. In primo luogo è in tal modo possibile che la soluzione tecnica data dai diversi specialisti ai problemi progettuali non sia adatta al contesto tecnico in cui si opera. In secondo luogo la probabilità che

---

<sup>4</sup> Legge 109 11 Febbraio 1994

sfuggano al controllo del progettista importanti correlazioni esecutive la cui mancata gestione può pregiudicare la qualità dell'opera o la sicurezza con cui questa viene ottenuta è così molto elevata.

Infine si deve considerare l'ipotesi, anch'essa molto probabile, che sia invece l'impresa a non percepire il peso di alcune correlazioni tecniche pregiudicando in modo rilevante la corretta esecuzione di altre lavorazioni.

Le rappresentazioni che il progettista deve utilizzare per affrontare tali questioni non possono fermarsi alla semplice descrizione dell'oggetto costruito ma devono includere i meccanismi operativi, d'integrazione e di soluzione dei conflitti, tenendo conto delle interrelazioni tecniche e sociali che insieme determinano il comportamento organizzativo.

Ciò che deve essere individuata con chiarezza è la struttura gerarchica di controllo della progettazione e di conseguenza dell'opera.

Una struttura che articoli con chiarezza le dipendenze funzionali e tecniche delle parti dell'opera e le responsabilità dei relativi esecutori.

L'organizzazione per competenze<sup>5</sup> del progetto esecutivo non consente di affrontare con metodo la progettazione delle interfacce tra gli operatori e la eventuale risoluzione dei relativi conflitti. Il paradigma della progettazione come simulazione è in tale questione quanto mai eloquente; solo simulando l'evoluzione del processo è infatti possibile percepire tutti i tipi d'interdipendenza prima esemplificati. La simulazione sottintende un progetto orientato alla sperimentazione delle fasi del processo, che definisca cioè gli stadi attraverso i quali il cantiere deve evolvere e di conseguenza le interrelazioni da valutare e gestire stadio per stadio.

La possibilità di attuare un approccio progettuale che abbia i caratteri della sperimentazione, passa necessariamente per l'assunzione di un paradigma di rappresentazione che consenta di porre il costruito progettuale in confronto con sollecitazioni esterne alla descrizione stessa al fine di valutarne la risposta.

La forma tipica del progetto esecutivo non possiede queste due caratteristiche. Negli elaborati esecutivi non esiste infatti alcun legame tra gli elementi tecnici descritti e la loro costruibilità. Un dettaglio costruttivo poco o nulla dice infatti relativamente all'organizzazione delle risorse, all'abilità operativa necessaria per la sua realizzazione, alla dipendenza della qualità di esecuzione dalle cultura tecnica del contesto nel quale esso viene realizzato.

Il paradigma sul quale si può proporre una riflessione, come base per un approccio nuovo alla progettazione esecutiva è quello della progettazione per fasi.

Un approccio questo che interpreta la progettazione come un'attività di simulazione o sperimentazione del processo, concentrandosi oltre che sulla definizione dell'oggetto finito sulla definizione della struttura di coordinamento che ne garantisce la costruibilità.

Un passaggio fondamentale diventa allora quello della progettazione delle fasi in cui si realizzano interfacce tra sottosistemi. Per ognuna di queste fasi, è necessario elaborare una serie di documenti che pongano in chiara evidenza le correlazioni e gli effetti delle azioni non corrette di una operazione sullo svolgimento delle altre.

La conseguenza di un progetto così organizzato è quella di coordinare le azioni esecutive nel giusto momento con la massima efficienza e qualità di risultato. Esso dovrà includere non solo le prestazioni tecniche ma anche le relazioni organizzative e quelle temporali,

---

<sup>5</sup> per specializzazioni degli operatori

seguendo le seguenti operazioni:

- progetto esecutivo, organizzato per competenze, con definizione completa dell'opera;
- definizione delle operazioni costruttive da eseguire e delle regole di precedenza tecniche anche in funzione delle condizioni contestuali del cantiere, delle normative tecniche, dati climatici, ecc.;
- definizione della struttura di interdipendenze tra parti d'opera, operatori, compiti e responsabilità;
- definizione della struttura organizzativa del cantiere e delle risorse necessarie per ciascuna operazione costruttiva, con specificazione del tempo, del costo, e della qualità nel quadro della struttura organizzativa definita;
- valutazione e controllo dei tempi, costi e qualità in funzione della struttura organizzativa individuata;
- eventuali rielaborazioni della struttura organizzativa al fine di adeguare le prestazioni del processo in termini di tempi costi, qualità e sicurezza ai requisiti attesi per il progetto;
- eventuali rielaborazioni del progetto esecutivo che non mostra un soddisfacente livello di costruibilità, per il quale cioè non si riesce ad individuare un'adeguata struttura organizzativa con la quale ottenere i risultati attesi.

### **La gestione dell'informazione**

Un tema di rilevante importanza per l'efficienza della progettazione del coordinamento è quello della gestione dell'informazione, del corretto trattamento cioè di tutti i dati che possono essere utili all'individuazione degli scenari di rischio.

Il primo passo in questo senso è quello della strutturazione di un modello informativo efficace ed efficiente. Efficace in merito alla capacità di portare alla luce rischi anche non evidenti ed efficiente per quanto riguarda la facilità con cui tale compito può essere svolto.

In questo senso è utile ad esempio far notare che non è la stessa cosa rappresentare direttamente le misure di sicurezza associate a certe situazioni tipiche di rischio o rappresentare invece il modello di deduzione delle stesse misure basato su informazioni più analitiche.

Nel primo caso ad esempio si ottiene un'elevata efficienza nell'elaborazione delle misure in quanto si tenta di rintracciare nel caso studiato le situazioni tipiche sulle quali è basato l'archivio informativo, d'altro canto però in tal modo si raggiunge una scarsa efficacia qualora si configurino condizioni atipiche. Nel secondo caso invece si ottiene una scarsa efficienza ma una buona efficacia nell'individuazione di condizioni anche anomale di rischio.

#### *Il modello del manufatto*

Il nucleo informativo principale è sicuramente quello relativo al manufatto da realizzare. Ogni operazione svolta sarà infatti finalizzata alla costruzione di parti d'opera o al supporto a tali attività.

È necessario dunque effettuare in primo luogo un'analisi approfondita del progetto esecutivo prendendo in considerazione almeno cinque successivi momenti:

- la scomposizione degli elementi tecnologici e dimensionali dell'opera;
- l'analisi delle prestazioni tecnologiche richieste;
- l'analisi delle specifiche tecniche degli elementi da realizzare;
- l'analisi dei particolari costruttivi;
- l'analisi dei materiali e semilavorati impiegati.

L'analisi deve ovviamente essere supportata dagli elaborati di progetto (in modo particolare sono utili gli elaborati grafici, il computo metrico e il capitolato) la cui qualità influenza notevolmente l'efficienza dell'analisi stessa.

L'analisi del progetto consente di elaborare un database PBS (Product Breakdown Structure) nel quale è descritta una scomposizione gerarchica dell'opera in parti fino ai semplici materiali.

Quest'operazione può facilmente essere supportata da strumenti informatizzati basati su strutture di conoscenza relativamente semplici e reperibili.

#### *Il modello del processo*

Il passaggio successivo nella costruzione del modello informativo è relativo all'elaborazione della struttura operativa del processo costruttivo .

Per la determinazione delle fasi il primo passo è quello della scomposizione delle opere in compiti elementari in una WBS (Work Breakdown Structure) e la successiva loro concatenazione legata da un lato alle propedeuticità imposte dalla tecnologia impiegata e dall'altro dalle necessità organizzative legate alla conformazione dell'opera stessa, del cantiere e alla disponibilità di risorse.

Quest'operazione è quella che tipicamente si fa quando si costruisce il diagramma reticolare per la programmazione dei lavori. Il confine per ciascun compito elementare è determinato da una competenza esecutiva, dalla utilizzazione di uno strumento, da un cambiamento di materiale o di luogo.

Ai confini dei compiti, nei cambiamenti nascono i problemi di organizzazione: i difetti di qualità, le perdite di tempo, i rischi per la sicurezza. L'elaborazione della lista dei compiti costituisce la prima tappa e la struttura stessa del processo.

Alle singole attività devono poi essere associate le risorse necessarie per il loro svolgimento. Per far ciò sarà necessario ipotizzare una struttura d'impresa, le attrezzature e i mezzi impiegati. Inoltre sarà necessario individuare una lista dei materiali impiegati in modo da costruire un database RBS (Resource Breakdown Structure) nel quale ad ogni attività sarà associata una lista di risorse.

#### *Il modello dell'incidente*

Questa parte del modello informativo è quello che più direttamente è connesso con il problema della sicurezza.

La formalizzazione dell'incidente è argomento intorno al quale è nata una disciplina scientifica, l'Ingegneria dell'Affidabilità (Reliability Engineering), che ha avuto un grande sviluppo soprattutto nei settori della costruzione di impianti e macchine il cui eventuale malfunzionamento comporta rischi notevoli.

Ciò è sufficiente per far intuire come sia disponibile un elevato numero di modelli le cui caratteristiche sono legate alle specificità del campo di applicazione.

Una delle tecniche di rappresentazione più diffuse e immediate nella sua comprensibilità è quella dell'albero delle cause.

L'obiettivo di base di questa rappresentazione consiste nel descrivere le cause possibili o le combinazioni di cause che possono condurre ad un evento finale sfavorevole.

Questa tecnica presuppone l'individuazione di un 'evento finale' di particolare interesse per le conseguenze che comporta. Da tale evento si procede a ritroso fino alla individuazione degli eventi iniziatori di ogni possibile percorso che conduce all'incidente.

Con l'utilizzazione di tale tecnica è possibile ottenere due tipi di vantaggi:

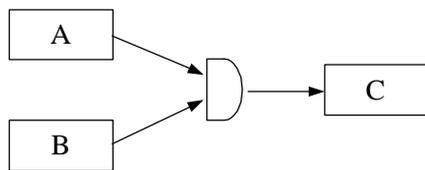
- individuazione immediata dell'evento finale;
- possibilità di utilizzare i simboli di prodotto e somma logica che consentono di introdurre significative differenziazioni nell'analisi delle relazioni fra gli eventi dell'albero.

L'individuazione dell'evento dal quale procedere allo sviluppo dell'intero albero è diretta ed immediata, in quanto lo stesso evento è quello su cui si concentra l'attenzione per gli effetti immediatamente tangibili che produce.

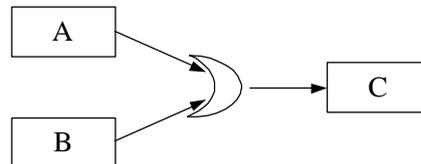
Circa la tecnica di costruzione dell'albero delle cause possiamo distinguere le seguenti fasi:

- Per prima cosa occorre individuare l'Evento Finale, che per le sue caratteristiche determini una situazione particolarmente gravosa in termini di pericolo per l'incolumità.
- Si passa poi allo sviluppo dell'albero ripercorrendo a ritroso i percorsi di eventi che possono condurre all'evento finale. Il risultato di questa fase di analisi della procedura è costituito dall'individuazione degli Eventi Iniziatori di tutti i percorsi analizzati.

I simboli di prodotto e somma logica permettono di differenziare le relazioni esistenti fra gli eventi nel modo seguente:

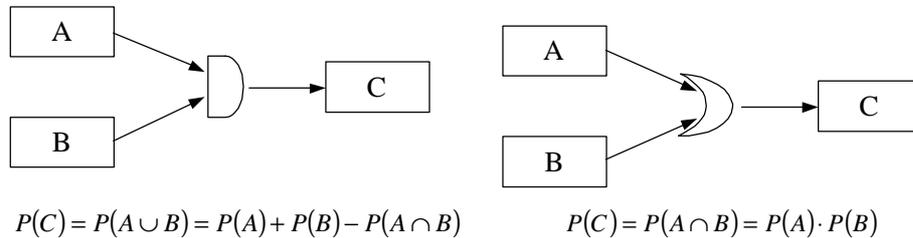


L'evento C si verifica se almeno uno degli eventi A e B si verifica



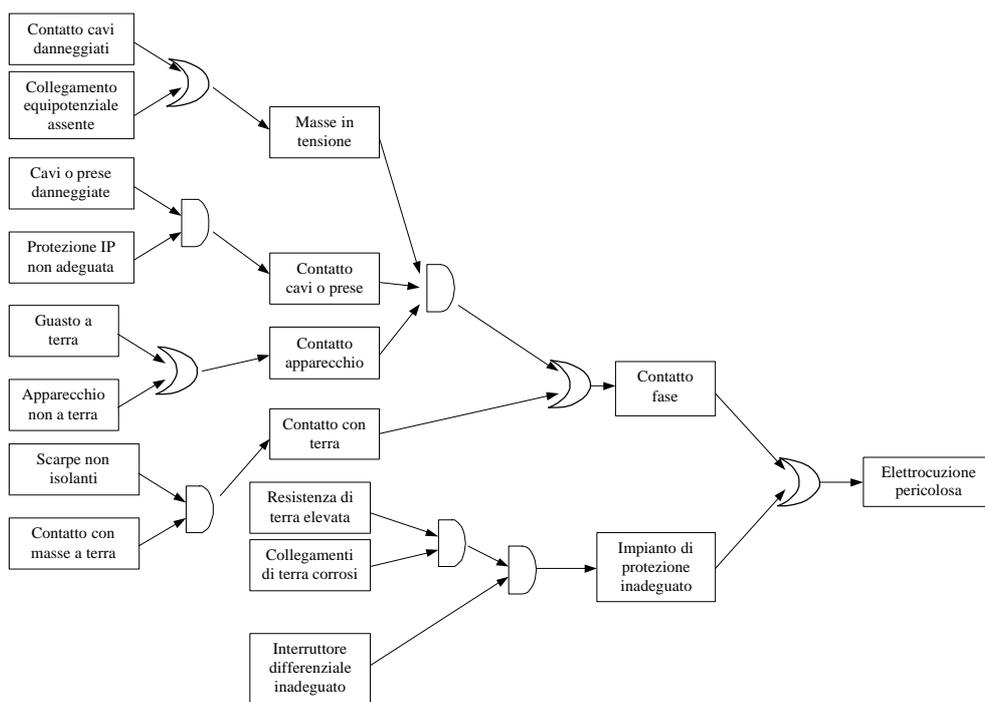
L'evento C si verifica solo se entrambi gli eventi A e B si verificano

- Il passo successivo consiste nel valutare la probabilità che gli Eventi Iniziatori hanno di verificarsi. La validità del risultato finale dell'analisi, costituito dalla probabilità che ha di verificarsi l'Evento Finale dipende ovviamente dalla validità delle previsioni che vengono effettuate nella determinazione di tali probabilità.
- A questo punto non resta che eseguire i calcoli delle probabilità degli eventi successivi agli eventi iniziatori seguendo le seguenti regole:



- Infine si passa ad evidenziare i percorsi che hanno la maggior probabilità di giungere all'Evento Finale. In tal modo è possibile individuare su quali eventi iniziatori può intervenire la direzione per ridurre la probabilità complessiva che l'Evento Finale si verifichi.

Nella figura seguente è rappresentato un esempio di albero delle cause (non completo) relativo al rischio di elettrocuzione.



L'albero delle cause costituisce lo strumento attraverso il quale individuare la genesi e le misure di gestione dei rischi.

La rappresentazione dell'albero in figura rende ad esempio disponibile una serie di possibili percorsi che partendo dalle cause prime portano ad un incidente che spesso risulta letale.

### *L'analisi dei rischi*

Le metodologie di analisi dei rischi nel merito della sicurezza delle persone e dell'ambiente costituiscono uno dei contenuti centrali della disciplina del Safety Management, il cui obiettivo di base è quello della gestione dei rischi nella fase della progettazione.

Tali metodologie tendono ad assicurare che il progettista prenda cognizione delle problematiche di sicurezza connesse al sistema progettato fornendo anche indirizzi per la riduzione del livello di rischio.

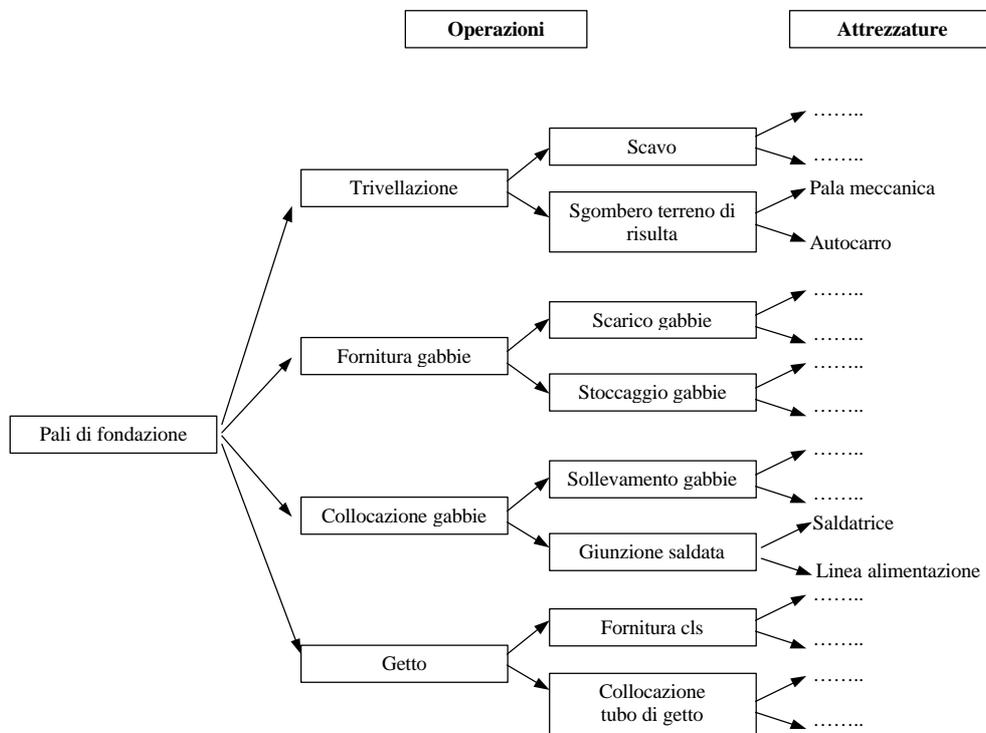
L'attività di gestione del rischio prevede diversi livelli di analisi in dipendenza della complessità e pericolosità del contesto. Essa prevede sempre la definizione almeno qualitativa degli obiettivi, l'individuazione delle misure generali e specifiche di sicurezza da seguire e delle normative da rispettare, infine la revisione del piano operativo al fine di eliminare le fonti di rischio altrimenti non fronteggiabile.

L'analisi di rischio considera sempre non tanto la singola attività quanto tutto il processo integrato in cui l'interazione tra le singole fasi comporta la possibilità che il sistema possa manifestare situazioni anomale di diversa gravità. Da qui discende la necessità di prendere in considerazione eventi nel campo dell'incerto, quindi basate sul calcolo probabilistico.

Dalla definizione di rischio, come funzione della probabilità di accadimento di un evento e dell'entità delle conseguenze ad essi associate, possono essere dedotte alcune fasi che devono essere sviluppate per condurre l'analisi di rischio:

- individuazione degli eventi incidentali possibili;
- valutazione della probabilità con la quale tali eventi possono verificarsi;
- valutazione delle conseguenze di un incidente;
- individuazione della 'funzione di rischio' che rappresenti il rischio specifico del problema che si sta esaminando;
- confronto con i criteri di accettabilità stabiliti;
- processo decisionale: individuazione della necessità di misure per ridurre le frequenze e le conseguenze degli eventi incidentali e definizione delle misure più opportune.

Nel nostro caso il confronto degli eventi dell'albero con gli eventi determinati attraverso l'analisi del progetto è la base per un'analisi dei rischi che riesce a cogliere bene quei pericoli che derivano da interazioni tra operazioni diverse.



Se infatti confrontiamo l'analisi del progetto con l'albero delle cause possiamo individuare la presenza in quest'ultimo di elementi che compaiono anche nell'albero delle cause.

Questo abbinamento consente di associare facilmente a tali elementi scenari di rischio.

Ad esempio confrontando l'albero relativo all'elettrocuzione con la WBS e la RBS della posa dei pali, è possibile rendersi conto che la linea di alimentazione della saldatrice elettrica, ottenuta con cavi posati sul fondo dello scavo, è un elemento che se danneggiato compare in più punti dell'albero.

Ora dalla stessa analisi dell'attività si può facilmente intuire che alcune attività possono essere causa di tale danneggiamento. In particolare la pala meccanica o in genere i mezzi cingolati che lavorano sul fondo dello scavo possono inavvertitamente schiacciare e rompere l'isolamento dei cavi producendo così un guasto di terra che mette in tensione la carcassa della saldatrice o entrare direttamente in contatto con la fase mettendo così il mezzo stesso in tensione attraverso i cingoli. Entrambi gli eventi fanno parte di percorsi che portano all'elettrocuzione.

L'approccio probabilistico all'analisi del rischio ci fornisce inoltre un'ulteriore informazione che riguarda la non certezza dell'efficacia delle misure.

Purtroppo si è spesso portati intuitivamente a dare un'interpretazione deterministica all'albero delle cause commettendo così un errore metodologico molto grave.

In tal senso ad esempio la presunzione di corretto funzionamento dell'impianto di terra e di protezione differenziale potrebbe far trascurare ulteriori misure da prendere in merito al rischio di elettrocuzione.

In effetti però la certezza del corretto funzionamento dell'impianto di protezione non è assicurata e inoltre non è detto che una elettrocuzione anche debole, ammessa dalle caratteristiche dell'impianto, non possa risultare molto dannosa se non letale in particolari condizioni come ad esempio in caso di esteso contatto attraverso acqua o in particolari soggetti come ad esempio in individui affetti da cardiopatie.

### *La misura del rischio*

La misura del rischio è un dato utile ai fini dell'attrazione dell'attenzione su alcuni eventi piuttosto che su altri ritenuti meno importanti. Tale valutazione ha in genere una forte caratterizzazione soggettiva. Molti sono quindi i criteri proposti in tal merito nei modelli elaborati nell'ambito delle discipline del 'Risk Management'. In genere però l'entità del rischio è sempre associata ad una funzione della probabilità di accadimento dell'evento sfavorevole e dell'entità del danno potenziale prodotto. Un'altra variabile che viene spesso introdotta nella valutazione è anche la percettibilità del rischio. Il metodo FMECA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis), nato negli anni '60 nell'ambito del 'Reliability Management' nell'industria aeronautica, propone ad esempio una misura data dal semplice prodotto tra un indice di frequenza, un indice di gravità degli effetti e un indice di non percettibilità dell'evento pericoloso. Così se ad esempio si graduano tali indici nell'intervallo [1,10] la misura del rischio sarà compresa nell'intervallo [1,1000].

## **I modelli di coordinamento**

Tornando all'esempio, L'approccio seguito ci consente di individuare, oltre alle misure classiche di sicurezza che riguardano direttamente l'impianto elettrico, una misura di sicurezza che riguarda l'interazione tra lo sgombero del terreno e l'operazione di saldatura.

Le misure del primo tipo, direttamente connesse alla corretta realizzazione dell'impianto elettrico (come ad esempio la corretta esecuzione dell'impianto di terra, la collocazione di un adeguato interruttore differenziale ecc.), sono facilmente individuabili in quanto fanno parte della cultura classica dell'impiantistica e sono quindi ampiamente documentate nella letteratura e nei software per la redazione dei piani di sicurezza.

Le misure del secondo tipo invece non sono relative ad alcuno specifico campo disciplinare ma riguardano direttamente la gestione del progetto e sono quindi di più difficile individuazione.

In questo caso la misura che deve essere adottata riguarda il coordinamento tra le operazioni. Ad esempio nel caso visto precedentemente potrebbe essere necessario imporre una misura di coordinamento che obblighi all'arresto della pala meccanica quando la saldatrice viene collegata alla rete.

### *Il concetto di coordinamento*

Il coordinamento di risorse o azioni finalizzate ad un comune obiettivo è un tema che occupa una posizione centrale nelle scienze del management.

Possiamo anzi affermare che gli studi sistematici dei problemi organizzativi, sviluppati sin dalla seconda metà del 1800, hanno fondato una specifica disciplina scientifica del coordinamento che vanta una intensa storia di teorie e modelli che hanno prospettato nel tempo diverse chiavi di lettura del problema organizzativo.

Nella grande diversità che intercorre tra le prime teorie organizzative di stampo tayloristico, basate su una concezione gerarchica del coordinamento, e le più moderne teorie di 'concurrent production', emerge comunque un comune denominatore che è la concezione sistemica del processo produttivo.

Alla base cioè del concetto di coordinamento c'è la coscienza che la produzione, come peraltro l'oggetto stesso che deve essere realizzato, è un sistema. Esso cioè non può essere ridotto ai singoli componenti ma deve essere trattato come un'entità il cui senso è dato dalle relazioni che intercorrono tra le parti costituenti.

È facile comprendere quanto ciò sia vero dal punto di vista tecnico. Il progetto dell'opera altro non è che uno strumento di coordinamento degli obiettivi tecnici delle singole operazioni costruttive.

Si fa invece fatica a entrare in quest'ottica quando si parla di progettazione della sicurezza. Anche in questo settore però è necessario prendere atto che le misure individuate per le diverse operazioni considerate ognuna singolarmente, non restituiscono una visione organica della sicurezza.

È sufficiente a tal fine considerare il fatto che il casco, forse il più importante dei dispositivi di protezione individuale, trova la sua giustificazione più forte nell'ipotesi che qualche operazione che si svolge sopra il luogo di lavoro occupato dall'operaio possa procurare un'inavvertita caduta di oggetti sul capo di quest'ultimo. Sono rari invece i casi in cui sia l'operaio stesso nel corso dell'operazione che sta svolgendo a procurare la caduta di oggetti sul suo capo.

Una prima e più istintiva forma di coordinamento è quella che si ottiene per mutuo adattamento qualora si verifichi una situazione di conflitto preventivamente non gestita. In questo caso, che è oggi per le ragioni già accennate quello più ricorrente, il coordinamento viene ottenuto attraverso la rielaborazione in corso d'opera delle misure di sicurezza, non strutturate in un progetto organico, al fine di trovare una possibile situazione di contatto tra le diverse esigenze. In genere però la perturbazione così introdotta è causa di inefficienze e con buona probabilità di successivi conflitti tra altri sottosistemi.

In determinate condizioni può essere conseguito un coordinamento per *normalizzazione* ossia mediante definizione a priori di procedure, regole che vincolino i gradi di libertà decisionali. Questo tipo di coordinamento è tipico di situazioni in cui si impiegano accorgimenti tecnici normati al fine di ridurre il rischio di interferenza.

Quando invece ciò non accade il coordinamento deve basarsi su strutture logiche di *programmazione*. In questo caso si rende necessaria la definizione di modelli di gestione mediante i quali sia possibile guidare l'esecuzione di ciascuna operazione in coerenza con quella delle operazioni interdipendenti.

#### *I tipi di relazioni tra le operazioni costruttive*

In sintesi è dunque necessario prendere in considerazione, oltre ai rischi intrinseci alle singole operazioni, anche quei rischi che sono connessi alle relazioni che sussistono tra le diverse operazioni.

La natura di tali relazioni può essere ricondotta alla condivisione per la realizzazione e manutenzione dell'opera di tempi, di spazi o di risorse.

Il primo tipo di relazione è quello più intuitivo e riguarda la condizione in cui più operazioni non necessariamente contigue, si svolgono contemporaneamente nel cantiere.

Il secondo tipo di relazione riguarda invece la situazione in cui più operazioni non necessariamente contemporanee, si svolgono sullo stesso luogo o più specificamente sulla stessa parte d'opera.

Il terzo tipo infine è relativo alla condivisione di attrezzature o materiali.

Dalle premesse precedentemente formulate consegue che il coordinamento per la sicurezza si configura come la progettazione delle misure per ridurre i rischi che possono scaturire da queste relazioni tra le operazioni.

I rischi di più facile individuazione sono probabilmente quelli che provengono da situazioni in cui si divide sia il luogo che i tempi di lavoro. Questo è ad esempio il caso dei rischi, peraltro molto trattati nelle normative e nella letteratura, legati alla movimentazione dei carichi sospesi sopra le postazioni di lavoro, ma è anche il caso meno trattato della circolazione o dello stazionamento dei veicoli nei pressi degli scavi che in tali condizioni possono instabilizzarsi anche se sono rispettate le misure di protezione prescritte dai disposti legislativi.

In questo caso sembra ad esempio scontata una misura di coordinamento che impone lo sgombero della zona sotto il ciglio dello scavo nelle fasi in cui vi sia circolazione e stazionamento di veicoli sopra lo stesso. La natura delle misure organizzative tipiche di queste situazioni è in genere quella di un protocollo di coordinamento, espresso in termini di incompatibilità di operazioni e di conseguenti disposizioni di sospensione temporanea o posticipazione dell'attività ritenuta meno importante nel quadro generale dei lavori. Un altro caso emblematico di questo tipo di relazione tra operazioni è quello dell'uso contemporaneo di gru interferenti per la gestione del quale è stata diffusa una specifica Circolare ministeriale<sup>6</sup>.

Meno ovvie ma comunque relativamente di facile individuazione sono invece le misure che riguardano i rischi che scaturiscono dalla condivisione di tempi nell'esecuzione di operazioni costruttive non contigue. In questo caso il rischio è in qualche modo trasmesso a distanza attraverso media di diversa natura.

I più comuni tra i rischi di questa natura sono quelli legati all'emanazione e diffusione di sostanze pericolose sia per l'eventuale tossicità che per l'infiammabilità o esplosività. Questo è ad esempio il caso in cui si impieghino solventi volatili che il più delle volte sono oltre che tossici anche altamente infiammabili. Le misure di coordinamento in questo caso devono salvaguardare chi effettua lavorazioni in zone in cui può realizzarsi una concentrazione pericolosa di vapori. Particolarmente pericolosa è ad esempio l'evenienza che i vapori risultino essere più pesanti dell'aria e di conseguenza di più difficile evacuazione. In tale situazione è ad esempio necessario eliminare ogni contemporaneità con operazioni che si svolgono in locali chiusi a quote inferiori a quella in cui sono usati i solventi.

Un altro esempio di rischio meno evidente è quello che si verifica durante il collaudo in pressione delle tubature. In questo caso è possibile che i tappi temporanei di chiusura delle

---

<sup>6</sup> Circolare Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale n°21527 del 25.03.1985

estremità dei tubi siano espulsi con violenza in ogni sezione della condotta in pressione, anche molto distante dal punto di pressurizzazione. In questo caso la misura di coordinamento deve prevedere l'allontanamento con una segnalazione opportuna, degli operai dalle condutture messe in pressione per la fase di collaudo.

Di più difficile individuazione risultano i rischi connessi alla condivisione non contemporanea dei medesimi luoghi di lavoro. Spesso in questo caso il rischio deriva da una carenza informativa che pone un operatore a contatto con una situazione in cui sono latenti situazioni di pericolo trascurabili per chi ha confidenza con la situazione stessa ma che diventano rilevanti per chi deve ancora assimilare lo stato e la storia del luogo in cui opera.

È questo ad esempio il caso in cui nell'esecuzione di lavori molto delicati come le demolizioni si alternino squadre diverse. Una condizione che potrebbe non essere pericolosa se i lavori fossero eseguiti con una ben precisa sequenza può invece diventare molto insidiosa quando i lavori si susseguono senza un comune programma in modo che non si abbia completa percezione dello stato dei lavori.

La misura di coordinamento è in questo caso informativa e si esprime attraverso un piano di demolizione e il suo stato di avanzamento reso noto ad ogni operatore coinvolto nell'opera. In casi molto delicati è necessario anche che il coordinamento avvenga attraverso la presenza costante di almeno una figura che garantisca la continuità del flusso informativo per tutta la durata del lavoro.

Situazioni analoghe sono quelle in cui il rischio è legato a sequenze di operazioni, intrinsecamente pericolose ma che sono svolte anche qui per limitata conoscenza del contesto operativo. È questo ad esempio il caso in cui per ragioni di efficienza nello svolgimento delle operazioni siano rimosse opere provvisorie di sostegno apparentemente poco importanti o siano utilizzati ponteggi o tavolati al disopra delle condizioni di carico di progetto. Anche in questo caso la misura di coordinamento necessaria è di carattere informativo, espressa ad esempio attraverso un'opportuna segnaletica che deve essere progettata con molta attenzione.

Tra i fattori di rischio derivanti dalla condivisione del luogo di lavoro deve poi essere preso in considerazione la difficoltà di percezione dei pericoli legata alla complessità dello stato del luogo di lavoro. In questo senso è ad esempio utile dire che uno stato disordinato del cantiere è tra delle cause più frequenti di scarsa percezione dei rischi e di conseguenti incidenti. Per questa ragione è necessario prevedere una serie di misure di coordinamento tese alla rimozione delle cause di occultamento di rischio o più direttamente a misure di drastica riduzione dei rischi non facilmente percepibili.

L'ultimo tipo di relazione tra operazioni precedentemente citato è quello di condivisione d'uso di risorse come macchine o materiali pericolosi.

In linea di principio questo caso può essere concettualmente ricondotto a quello della condivisione contemporanea dei luoghi di lavoro, individuando così anche qui nell'individuazione di un protocollo di coordinamento la misura organizzativa più opportuna.

## **Il piano di coordinamento**

Riassumendo in sintesi i casi indicati di misure di coordinamento possiamo distinguere le seguenti due tipologie di disposizioni organizzative:

- disposizioni di coordinamento tecnico;
- disposizioni di coordinamento informativo.

Le prime sono relative a interventi diretti sul processo costruttivo che ne mutano l'articolazione o le modalità esecutive delle diverse operazioni. Tra queste citiamo le disposizioni di posticipazione di attività incompatibili con altre o le specifiche tecniche per l'esecuzione di attività contemporanee.

Le seconde sono invece relative alla diffusione delle informazioni utili alla percezione dei rischi e alla loro riduzione. Tra queste ricordiamo i programmi di lavorazione per le attività particolarmente pericolose come ad esempio le demolizioni o il montaggio di elementi prefabbricati pesanti.

Tutte le disposizioni di coordinamento vanno a costituire una parte fondamentale del 'Piano di sicurezza e di coordinamento' di cui all'art.12 del D.Lgs. 494/96 che possiamo propriamente chiamare 'piano di coordinamento'.

È possibile proporre una struttura del piano di coordinamento che tenga conto di quanto fin qui detto. In tal senso possono essere individuate tre parti:

- programma dei lavori;
- individuazione di interferenze pericolose;
- misure di coordinamento.

L'elaborazione di un programma dei lavori è una condizione necessaria per ogni attività di progettazione della sicurezza. Ciò richiede in genere uno rilevante sforzo previsionale indirizzato alla costruzione di una struttura di relazioni tra le operazioni più che all'individuazione dell'esatta sequenza dei lavori da eseguire.

In altri termini nell'elaborazione del programma dei lavori è importante la chiara evidenziazione dei vincoli tecnici e organizzativi tra le operazioni piuttosto che la tempistica delle attività. Ciò dipende dal fatto che, data la tecnologia e le risorse disponibili, la struttura di vincoli è una rappresentazione relativamente invariante del processo mentre l'articolazione temporale dipende oltre che da tale struttura anche dagli imprevisti e dai conseguenti adeguamenti organizzativi che devono essere presi in corso d'opera.

È allora importante fornire nel piano di coordinamento oltre ad una prima ipotesi di tempistica dei lavori, utile come base di partenza per la redazione del piano di coordinamento, anche la struttura di vincoli tra le attività, necessaria in tutte le rielaborazioni del piano necessarie per il suo adeguamento in corso d'opera.

I modelli impiegabili per la rappresentazione del processo sono molteplici e sono oggetto del settore disciplinare della Ricerca Operativa; i classici diagrammi reticolari si adattano ad ogni modo molto bene alle caratteristiche dei processi edili e di genio civile la cui durata è limitata nel tempo e in cui non sono frequenti attività di rilavorazione.

Le fasi logiche per una corretta rappresentazione del programma dei lavori sono:

- Analisi delle fasi lavorative
  - Individuazione delle attività e delle relative risorse (attrezzature, manodopera, materiali nocivi)
  - Valutazione delle durate delle singole attività
  - Localizzazione delle attività

- Struttura delle fasi operative
  - Analisi reticolare
  - Ipotesi di collocazione cronologica delle diverse fasi (Diagrammi a barre delle attività, della manodopera, delle attrezzature, delle forniture).

Il secondo nucleo informativo del piano di coordinamento riguarda l'identificazione delle interferenze pericolose tra operazioni diverse.

L'elaborazione di questa parte ricalca quanto già detto in merito ai tipi di relazioni tra le operazioni del processo per cui può essere individuata la seguente sequenza di elaborazione:

- Identificazione delle fasi critiche
  - Individuazione delle fasi con particolari problemi di coordinamento (Elevato numero di presenze, attività svolte da imprese diverse, condivisione di mezzi e impianti, condivisione di viabilità, ecc.)
  - Evidenziazione di incompatibilità tra attività contemporanee
- Identificazione delle zone critiche
  - Individuazione delle zone con particolari problemi di coordinamento (Sequenze di attività , attività svolte da imprese diverse)
  - Evidenziazione di incompatibilità tra attività che si svolgono sullo stesso luogo in tempi diversi (Ex. Attività svolte con mezzi che possono provocare il crollo di opere in fase transitoria, attività come le demolizioni che richiedono un forte coordinamento informativo, ecc.)

Nella terza parte del piano di coordinamento sono espresse le misure cautelative di rimozione dei fattori di rischio derivanti dalle interrelazioni operative.

In particolare sarà individuato e descritto un protocollo di coordinamento in cui siano riportate indicazioni relative a:

- espressione di eventuali localizzazioni per l'esecuzione di attività incompatibili;
- espressione di eventuali slittamenti da imporre ad attività per problemi di incompatibilità;
- espressione delle eventuali precedenze da rispettare nell'esecuzione di attività incompatibili;
- espressione delle eventuali precedenze da rispettare nell'impiego di attrezzature con limitata capacità d'uso o di mezzi tra loro interferenti;
- piano per l'allestimento della segnaletica di cantiere con specifica indicazione della localizzazione dei segnali e del periodo nel quale devono essere esposti.