



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Affidabilità e robustezza dei piani di costruzione

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Affidabilità e robustezza dei piani di costruzione / S. Mecca; B. Biondi. - STAMPA. - (2007), pp. 83-110.

Availability:

This version is available at: 2158/229641 since:

Publisher:

Edizioni ETS

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

AFFIDABILITÀ E ROBUSTEZZA
DEI PIANI DI COSTRUZIONE

Saverio Mecca, Benedetta Biondi

1. Elementi di scenario per la pianificazione della costruzione

Il progetto come organizzazione

Nella storia delle attività umane i progetti di costruzioni, di cantieri, grandi o piccoli, riusciti o falliti, per i quali le società hanno mobilitato le proprie migliori risorse hanno un ruolo importante non solo per i risultati ottenuti, ma anche per lo sviluppo delle competenze e capacità organizzative che hanno richiesto.

La concezione di progetto come organizzazione¹ per secoli è stata di competenza quasi esclusiva di architetti, ingegneri, maestri costruttori, che attraverso lunghi processi formativi imparavano sul campo ad affrontare progetti anche complessi. I progettisti hanno sempre avuto una netta percezione del loro particolare modo di agire e delle condizioni di incertezza in cui era necessario operare, ma solo in casi rari hanno registrato, analizzato e valutato sotto questa prospettiva le strategie seguite e i risultati ottenuti.

In questi ultimi decenni nelle società ad economia più sviluppata in relazione a dinamiche di «turbolenza ambientale» quali la crescente competitività dei mercati ed innovazione dei prodotti e l'evoluzione delle esigenze della collettività in termini di qualità ed efficienza si è diffusa al di fuori del settore delle costruzioni una cultura della pianificazione dei progetti, mentre nel settore edilizio continua a dominare una cultura «artigianale» della gestione del progetto, che determina negli utenti una percezione di debolezza, di incertezza della capacità dei progettisti e dei costruttori di soddisfare le esigenze.

L'introduzione di innovazioni (tecniche, normative) non adeguatamente sostenute da pratiche sociali di sperimentazione, la crescente competitività del mercato che chiede sempre più elevate prestazioni in termini di qualità, di tempo, di costo, nel rispetto di condizioni di sicurezza e di compatibilità ambientale, non hanno trovato un'adeguata la crescita della cultura e della pratica della pianificazione del progetto di architettura e della sua costruzione in particolare: il costo ridotto del processo di progettazione in confronto al costo dei processi di costruzione e di gestione e l'utilizzazione di risorse umane meno qualificate contribuiscono a nascondere la reale importanza delle competenze di pianificazione e di organizzazione nel determinare i risultati dei progetti di costruzione.

Certamente la pianificazione della costruzione è un processo difficile, comprende un grande numero di decisioni, spesso distribuite in un lungo arco di tempo, con molte interdipendenze in un ambiente altamente incerto, con molte attori professionali e produttivi coinvolti, e in particolare con un ritorno di informazioni sui risultati precedentemente ottenuti lento e inefficace: la costruzione di un'architettura è una temporanea e specifica organizzazione fondata sulla cooperazione fra attori quali committenti, progettisti, produttori e costruttori, una relazione di cooperazione che richiede loro un forte, reciproco e continuo adattamento per una produzione che richiede una unica e irripetibile combinazione di prodotti e di processi, pur se in gran parte non innovativi.

L'instabilità dei processi: unicità versus ripetitività

La logica del produrre per progetti è sempre una logica di differenziazione e di contestualizzazione delle risposte disponibili in funzione di una unicità della situazione e del problema da risolvere: la

¹ S. Mecca, *Comprendere il cantiere*, Edizioni ETS, Pisa, 2002.

funzione principale della pianificazione del progetto è determinare la strategia organizzativa più soddisfacente nel mettere in relazione l'obiettivo specifico che si persegue con le capacità e i processi standard degli operatori.

Nelle operazioni reali l'unicità, la specificità della strategia non appare così nettamente; molto spesso, anche nel progetto di costruzioni, la singolarità del problema, delle esigenze da soddisfare si associa a forme di standardizzazione delle risposte, si configura principalmente come un insieme «singolare», unico, di risposte standardizzate: non solo molte costruzioni come le abitazioni sono prodotti ripetitivi, ma soprattutto il processo di costruzione è esso stesso ripetuto nei suoi caratteri essenziali da progetto a progetto. In ricerche si è verificato che anche fino all'80% degli input di edifici è ripetuto da progetto a progetto, molte delle attività di manutenzione e riparazione utilizzano processi ripetuti².

La caratterizzazione della singolarità della produzione edilizia si ottiene mediante una combinazione unica di lavorazioni, processi, elementi individuati in un «catalogo» di lavorazioni, un mix irripetibile di processi e di elementi in una evoluzione rapida e continua.

Il problema centrale del piano di costruzione sta qui nella gestione di una strategia di costruzione che individui ed integri il mix di processi e di attori sociali capaci di raggiungere il risultato atteso.

La separazione fra progetto e costruzione

La separazione in un doppio progetto tecnico e organizzativo in due grandi fasi, separate dalla selezione degli esecutori, caratterizzate da diverse logiche di direzione strategica ed operativa diversa condotta da operatori differenti, caratterizza il progetto edilizio:

- il processo a monte, fase di concezione, negoziazione e definizione del prezzo al termine della quale si ha la definizione degli obiettivi di qualità, costo e tempo e degli operatori che si assumono contrattualmente la responsabilità dell'esecuzione, è guidato dal committente e dall'architetto;
- il processo a valle, finalizzato alla realizzazione dell'opera, (preparazione, predisposizione dei mezzi necessari ed esecuzione di cantiere) sotto vincoli di costo, tempo, qualità, è guidato tradizionalmente dall'impresa di costruzioni.

La pianificazione della realizzazione di un progetto deve spesso operare su una struttura organizzativa caratterizzata dalla scomposizione in lotti o insiemi di opere, ciascuno affidato ad un operatore diverso con procedure di competizione mediante contratti separati.

Questo meccanismo di coordinamento, quasi sempre non sostenuto da un piano di costruzione formalizzato e condiviso, consente in misura trascurabile aggiustamenti, affinamenti, compromessi e adattamenti fra i responsabili dei lotti. Gli aggiustamenti e i compromessi richiedono e inducono una visione globale, mentre organizzare e integrare il progetto prima articolandolo in lotti come segmenti autonomi, associando a ciascuno di questi un contratto di fornitura e quindi ricomponendo con una semplice sommatoria il progetto, induce lo sviluppo di visioni parziali e locali, oltre che rischi elevati e meccanismi di soluzione di conflitti basati su rapporti di forza contrattuale.

Questa struttura organizzativa del cantiere non sviluppa una metodica pianificazione del processo di costruzione né organizza un comportamento cooperativo per il raggiungimento degli obiettivi del progetto nelle condizioni di incertezza che caratterizzano e di rischio tecnico che ne caratterizzano la costruzione. Gli obiettivi facili da raggiungere sono ottenuti senza portare vantaggi per gli obiettivi difficili che generano facilmente superamenti dei limiti di costo e di tempo; allo stesso modo risorse eccedenti in un lotto non possono essere riversate in altro lotto in cui sono insufficienti quelle assegnate³.

² Department of the Environment, Transport and the Regions DETR, *Rethinking Construction*, London, 1998, chapter 3, *Improving the Project Process*.

³ Varie esperienze inglesi (Win-Win di Kyle Stewart, UK) e francesi (Dossier BPE di CBC etc.) individuano in una forte cooperazione in fase di formulazione dell'offerta o di progettazione esecutiva e di programmazione costruttiva l'elemento di innovazione determinante e la basano su una struttura organizzativa che centrata su contratti di associazione temporanea, stipulati anticipatamente, permette di limitare le derive di costo e di tempo e incoraggia gli operatori a ottimizzare la loro attività all'interno di un orizzonte di azione condiviso. Cfr. M.C. Torricelli, S. Mecca, *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Alinea, Firenze, 1995.

La competenza del «processo di costruzione»

Il problema del coordinamento e delle competenze è una questione non sufficientemente sviluppata. Se definiamo una costruzione come un processo di integrazione unico di processi di produzione, potremmo quindi analizzarne le competenze di progettazione coinvolte, e fra queste, la competenza del processo di costruzione, identificando chi opera, quali strumenti di analisi e decisione, quali criteri di valutazione delle decisioni, quali risultati si ottengono.

Nella produzione industriale la ricerca dell'ottimizzazione della coppia prodotto-processo di produzione è uno dei vettori di innovazione in termini di qualità del processo, di riduzione dei costi e dei tempi di produzione. Questa ottimizzazione si basa sullo sviluppo della *competenza sul processo di costruzione*. Questa competenza può essere articolata in due parti:

- una *competenza di produzione* propria di ciascuna tecnica o impresa specializzata;
- una *competenza di coordinamento* delle attività di ciascuna tecnica e delle imprese specializzate, sia che il coordinamento sia assicurato da un'impresa generale che da un operatore specializzato.

La *competenza di processo di costruzione* consiste, dunque, principalmente nella capacità di interpretare e di proporre condizioni di efficienza delle decisioni architettoniche e tecnico-costruttive e nella capacità di selezionare di adattare e attuare specifiche soluzioni costruttive sulla base di tecniche predefinite.

La *competenza di coordinamento* consiste nella capacità di mobilitare e integrare un insieme complesso e non omogeneo di fornitori e di imprese di produzione e di servizio.

La competenza di processo di produzione si articola quindi in capacità di *gestire processi produttivi* e in capacità di *dirigere, simulare e controllare il processo*, di dirigere e gestire il progetto. I contratti e i meccanismi di coordinamento e di soluzione dei conflitti fra partners differenti non sono separati dai problemi tecnologici connessi; se gli operatori devono coordinarsi è soprattutto perché lavorano su elementi tecnici che devono essere integrati, che sono connessi da interfacce che sono prima tecniche e poi organizzative.

Nell'edilizia tradizionale è al momento dell'avvio delle attività di cantiere che si esplica la competenza di processo sotto la forma di saperi individuali degli operatori e della loro capacità di risolvere insieme i molteplici problemi e di reagire agli imprevisti che sorgono. Ciò richiederebbe una competenza aggiuntiva e differente: la *competenza di coordinamento*, di *pianificazione* che è non solo il saper mobilitare e coordinare le competenze tecniche nel cantiere, ma anche saper anticipare i problemi di realizzazione e saper simulare, valutare e comunicare il processo di produzione.

In interviste condotte con operatori abbiamo potuto verificare che le disfunzioni del cantiere trovano generalmente la loro causa nell'assenza di una fase di preparazione e di pianificazione, in cui i diversi operatori validano le decisioni costruttive assunte. Dall'analisi di esperienze straniere⁴ si rileva un interesse crescente nello sviluppo di modelli e regole di anticipazione delle modalità e dei vincoli del processo di realizzazione. Queste innovazioni organizzative non sono ancora facilmente sviluppabili nel settore edilizio in Italia a causa della separazione fra la fase di progettazione e la fase di costruzione di cantiere: interessanti possibilità di sviluppo operativo possono essere individuate nei processi tipo «*design and build*», che richiedono una maggiore integrazione di competenze di processo nella fase di concezione e una diffusione di conoscenze e strumenti di simulazione e pianificazione di processi.

L'integrazione delle competenze nel progetto

La ricerca di un compromesso in un equilibrio «soddisfacente» fra le molte variabili di un piano di costruzione diviene un'azione collettiva in cui ciascun operatore partecipa con il suo sapere e la sua competenza.

⁴ si veda ad esempio oltre al processo sperimentale «Dossier BPE» (J. Bobroff, *La gestion de projet dans la construction*, Presses de l'ENPC, Paris, 1993) e al processo «sequenziale» (S. Mecca, B. Naticchia, *Costruire per sequenze*, Alinea, Firenze, 1996) il processo LastPlanner sviluppato secondo i principi della Lean Construction.

Nel settore edilizio si tende ad utilizzare una struttura organizzativa formale del processo basata sulla netta suddivisione delle competenze fra operatori caratterizzati da un'identità professionale e tecnica e, conseguentemente, da ruoli formalmente distinti: il committente, il progettista (l'architetto, l'ingegnere, etc.), l'impresa generale, le imprese subappaltatrici, etc.

Nel processo classico si ha infatti una distinzione di ruoli formalmente precisa: il committente è responsabile della formulazione della domanda, il progettista è responsabile della risposta e l'impresa generale della realizzazione. Nella realtà abbiamo potuto verificare che quando si ha un buon livello di cooperazione, si verifica che i contributi dei diversi operatori non corrispondono sempre in modo preciso a questa suddivisione di responsabilità; si innescano dei meccanismi di adattamento che si traducono in una mobilitazione delle competenze degli operatori oltre le loro strette responsabilità.

Le operazioni più efficaci possono risultare dunque quelle in cui si riduce la separazione fra la scomposizione delle responsabilità degli operatori e le loro competenze e la loro partecipazione alla gestione del progetto.

Le nuove pratiche di integrazione e pianificazione del processo in ambito industriale si basano sull'adozione sistematica di regole organizzative appropriate alla gestione di processi complessi ed incerti⁵ che contribuiscono all'arbitraggio fra le diverse dimensioni e all'integrazione delle esplorazioni in una visione coerente con gli obiettivi del progetto:

- individuazione di operatori con la missione dell'integrazione o responsabili del progetto;
- applicazione di principi e strumenti di lavoro collettivo capaci di stimolare un miglior dialogo, una comprensione comune dei vincoli e degli impegni e una maggiore reattività all'imprevisto;
- l'adozione esplicita di criteri di giudizio e di validazione delle decisioni coerenti con gli obiettivi, i confini e le caratteristiche del progetto (la sua specificità) al fine di finalizzare le energie, le intelligenze, le competenze su un obiettivo globale e pertinente;
- una gestione delle risorse umane che assicuri la continuità degli operatori lungo tutto il progetto, condizione che si rivela estremamente importante per mantenere la coerenza della traiettoria del progetto e la capitalizzazione delle esperienze e degli apprendimenti all'interno del progetto;
- l'affermazione di un senso del tempo che privilegi l'anticipazione, la ricchezza delle esplorazioni prima del congelamento delle soluzioni, al fine di sfruttare al massimo i gradi di libertà che si hanno all'inizio del progetto di progettazione e di evitare le rimesse in discussione e le rielaborazioni successive che sono penalizzanti in termini di costo, tempo e in molti casi di qualità per le incoerenze che sorgono fra le decisioni⁶;
- in sintesi lo sviluppo di strumenti, primo fra tutti il piano di processo, appropriati per permettere l'espressione dei differenti punti di vista e attuando una comunicazione reale e strumentata fra i partner del progetto.

Il problema centrale è integrare non tanto gli operatori quanto le conoscenze, le tecnologie, di determinare nuovi confini dei ruoli e delle responsabilità dei soggetti che devono concorrere al successo del progetto.

Come si colloca il settore edilizio tradizionalmente rispetto all'integrazione del processo?

Disgregazione, rapporti di potere e nuove organizzazioni

Nel settore edilizio, che si caratterizza come abbiamo detto prima per una grande varietà di processi, di tecnologie in senso più ampio, sono presenti, e in alcuni casi convivono, diversi modi di integrazione del processo di progettazione.

Il più diffuso e caratteristico *modo di integrazione* è quello di un *processo disgregato* che procede per prove/errori separatamente sulle differenti dimensioni: ogni imprevisto, ogni elemento di turbo-

⁵ Particolarmente interessante può essere l'approfondimento delle teorie della contingenza e del controllo dell'incertezza riconducibili alle ricerche di Emery e Trist, di Woodward, di Lawrence e Lorsch e di Thompson. Per un primo esame della rilevanza di questi contributi nell'interpretazione della gestione del progetto si può vedere G. Bonazzi, 1998; S. Mecca, B. Naticchia, 1995 e M.C. Torricelli, S. Mecca, 1996.

⁶ Si veda l'esperienza CBC documentata in J. Bobroff, 1993.

lenza emerso in una dimensione del progetto (di processo, ma anche fondiaria, funzionale, architettonica o tecnica, finanziaria) si ripercuote sulle altre dimensioni del progetto con conseguenze più pesanti, a volte catastrofiche, quanto più è avanzato il processo di realizzazione.

Un *secondo modo di integrazione* è quello del *rapporto di potere*: uno degli operatori è o appare come dominante ed impone la propria logica agli altri operatori con la forza data da contratti. Non si hanno compromessi o mediazioni ragionate, ma la struttura delle prestazioni rispecchia e massimizza i criteri dell'operatore dominante. La soluzione di piano di costruzione è dunque il risultato di una gerarchia di autorità e non di una razionalità, di un'intelligenza applicata alla ricerca della soluzione globalmente più soddisfacente. Questo rapporto di potere può esplicarsi in differenti modi: più spesso sull'imposizione di uno scadenziario dei lavori (che non è un piano), sull'imposizione di costi, su vincoli relativi alla scelta obbligata di materiali o di componenti precedentemente selezionati al di fuori del progetto, sull'imposizione di consuetudini e saper fare consolidati anche se impropri per lo specifico progetto.

Un *terzo modo di integrazione* è quello della pianificazione del progetto che trova la massima espressione nelle pratiche dell'*ingegneria concorrente* o del *progetto integrato* fondato sulla concertazione e la partecipazione aperta alle decisioni progettuali e alla pianificazione dell'intero processo, sull'anticipazione, sull'analisi sistematica delle dimensioni da integrare, sulla comunicazione intensa fra gli operatori.

I ruoli e gli strumenti di integrazione

Nelle imprese manifatturiere il «capo progetto» o responsabile di commessa è la figura che rappresenta l'integrazione delle diverse dimensioni del progetto e il coordinamento del processo. L'evoluzione attuale tende ad allargare il perimetro di azione nel tempo e nello spazio delle variabili che controlla (il ciclo di vita del prodotto) e a rafforzare il suo statuto e il suo potere. La gestione della qualità e della sicurezza, la gestione dell'ambiente prossimamente, tendono sia ad aumentare la necessità di estensione del perimetro di azione sia a rafforzare il ruolo del «capo progetto».

In edilizia il ruolo di «capo progetto» non è chiaramente delineato anche a causa della scomposizione del processo in più fasi ciascuna dominata da un diverso operatore, anche se non significa che la funzione non sia svolta da un operatore o da un insieme di operatori in maniera collettiva. Il ruolo di responsabile del procedimento, anche nella sua denominazione, tradisce l'origine e la missione amministrativa e non progettuale. Nella realtà la funzione di integrazione, quando si ha, non è svolta da operatori professionali incaricati formalmente.

Non è tanto l'appartenenza ad una professione o la denominazione che determina la capacità di integrazione, quanto il tempo disponibile, la continuità di intervento dell'operatore nel progetto, la competenza specifica sui problemi più rilevanti del progetto e la sua capacità di decisione; in sintesi sono le risorse di tempo, economiche, di competenza e di autorità che gli sono affidate che sostanziano un ruolo.

Gli strumenti tecnici e organizzativi della pianificazione costituiscono il terreno più importante di innovazione per perseguire l'integrazione delle dimensioni del progetto; l'obiettivo che gli operatori possano esprimere il loro punto di vista, contribuire con la loro competenza ad anticipare i problemi e le prestazioni e di negoziarli per giungere ad un compromesso e quindi contribuire ad un insieme di decisioni fondate su migliori e più estese conoscenze, non può essere perseguito con il solo coinvolgimento precoce o anticipato degli utenti finali nella progettazione, che non garantisce necessariamente l'esplicitazione dei loro criteri di apprezzamento, né d'altra parte il coinvolgimento nelle fasi iniziali degli operatori del cantiere non si traduce automaticamente nell'integrazione nel progetto delle loro competenze e valutazioni.

Nell'ambito industriale si è preso coscienza che questo problema è importante per l'efficacia della cooperazione fra professionalità differenti. La mediazione con strumenti idonei consente di migliorare la comprensione reciproca e la negoziazione e di passare da un arbitraggio politico dei conflitti a un'esplorazione dei compromessi pertinenti.

Il piano di costruzione costituisce un elemento portante della strumentazione per l'integrazione. La

direzione del progetto si basa sulla esplicitazione dei criteri, sulla comparazione delle opzioni, sulla capacità di misurare gli scarti fra le previsioni e le realizzazioni, di poter trarre informazioni e conoscenze in grado di migliorare le operazioni successive.

Nel settore industriale le strategie di partenariato fra imprese si basano su sistemi di qualificazione (certificazioni a priori, fiducia basata su collaborazioni ripetute e continue in ambienti sufficientemente stabili); nel settore edilizio questo tipo di processo nonostante sia più necessario incontra maggiori difficoltà a causa della instabilità da un progetto all'altro dell'insieme di imprese che li realizza, instabilità che nella debolezza finanziaria e culturale delle imprese induce spesso a comportamenti opportunisti e di breve periodo.

Gli sviluppi recenti sul rapporto fra forme contrattuali e comportamenti cooperativi basati su modelli di cooperazione, di partenariato, di concertazione, consentono di chiarire la natura e il ruolo del piano di costruzione e del progetto più in generale: questi modelli si basano sulla constatazione dell'inadeguatezza del mercato per risolvere problemi specifici posti dalla progettazione in condizioni di elevata incertezza, asimmetria di informazioni e conoscenze degli operatori, unicità ed irreversibilità del processo e individuano nel piano lo strumento di coordinamento e di integrazione tecnica e sociale essenziale.

Innovazioni e incertezza

Le dinamiche di innovazione nel rendere obsolete le teorie e le pratiche del progetto e della costruzione consolidatesi nella ricostruzione post-bellica, ripropongono il progetto e il suo piano come principale strumento per affrontare la complessità e l'incertezza dei processi edificativi, non solo nella sua dimensione di invenzione architettonica in senso stretto, ma anche nella dimensione organizzativa e la sua capacità di gestione sistematica della costruzione.

La proposta classica del «Project management» tende a proporre per i progetti di costruzioni, sia di grande dimensione sia innovativi sul piano tecnico, un modello di processo di pianificazione che integri tutte le fasi secondo i metodi della teoria del «project management» e fondato sulla teoria classica della produzione: nessuna impresa né cultura di un singolo operatore si impone agli altri e quindi tutti secondo un contratto «forte» devono adottare le «specificazioni organizzative» del progetto (il piano) elaborato da un gruppo ristretto di pianificatori esperti come condizione per potersi coordinare correttamente.

Questo modello di gestione, non solo si è dimostrato costoso nella gestione e ad alto rischio sul piano dei tempi e dei costi⁷, non solo non è applicabile in modo diffuso e sistematico, al punto che nei settori industriali è sempre più diffusamente considerato un modello non più idoneo per gestire progetti in condizioni di incertezza, ma è in realtà percepito da chi lavora per la costruzione di opere di architettura e ingegneria civile come non appropriato, non adeguato, insufficiente nella rappresentazione del processo di costruzione.

Senza una gestione del processo edilizio e del progetto efficace le risorse della società non trovano le condizioni di efficienza ed efficacia richieste, i nuovi prodotti non arrivano al momento opportuno sul mercato, i difetti di qualità rischiano di rendere insoddisfatto un cliente sempre più esigente e di rovinare la reputazione sul mercato, i costi e i tempi di realizzazione del progetto vanno alla deriva.

Il miglioramento dell'affidabilità del progetto, della capacità di essere strumento efficace di governo di problemi complessi, diviene dunque una condizione necessaria per ripensare il processo edilizio per come realizza i suoi progetti in una prospettiva di incremento dell'insieme delle prestazioni ottenute.

Nell'ambito della produzione industriale si diffondono e si sperimentano nuove prassi di gestione del progetto sono dette «lean construction»; «ingegneria concorrente» o «simultanea», «process re-engineering» e consistono nella concezione sistematica integrata e simultanea dei prodotti e dei processi loro connessi, nel considerare sistematicamente tutti gli elementi del ciclo di vita del progetto, dalla concezione alla consegna agli utilizzatori, e nel ricercare una soluzione soddisfacente sotto la di-

⁷ Si veda Morris, Hough, 1987,

mensione della qualità, dei costi, dei tempi, della sicurezza e dell'impatto con l'ambiente, accentuando i processi di comunicazione e di gestione delle conoscenze, ponendo al centro di questo processo di gestione il *piano*.

La costruzione di nuove conoscenze

Nella cultura del progetto e della costruzione sono presenti tradizionalmente elementi di un approccio «concorrente», quali la percezione dell'unicità delle soluzioni, il carattere esplorativo del processo progettuale, il carattere combinatorio di integrazione di elementi anche divergenti.

La percezione dell'unicità induce spesso a concentrare i metodi, gli strumenti e le risorse nella gestione contingente, caso per caso, lasciando irrisolta la questione dell'apprendimento e della accumulazione delle conoscenze nell'ambito delle organizzazioni. In approcci tradizionali di integrazione, di concertazione sono più spesso dominanti tendenze alla moderazione, alla prudenza nell'innovazione, alla negazione di innovazioni percepite come rischiose, alla mediazione verso il basso. Come rivelano i processi di riorganizzazione per progetti in corso in alcuni settori industriali⁸ non si tratta di combinare diversamente le competenze esistenti, ma di introdurre processi di innovazione e trasformazione delle competenze, delle conoscenze, dei paradigmi tradizionali.

Nel progetto edilizio proprio a causa delle condizioni di instabilità delle organizzazioni questo processo vitale non trova ancora sufficiente considerazione e strumentazione. Le medesime condizioni di instabilità ed unicità dei progetti rendono difficile per una singola impresa o studio di progettazione la progettazione e attuazione di processi di accumulazione delle conoscenze: le condizioni di stabilità possono quindi essere trovate a livello sovraprogettuale, istituzionale, sia nelle associazioni professionali dei progettisti e delle imprese, che ancor di più nella formazione superiore e nelle istituzioni di governo.

In conclusione esistono in queste condizioni possibilità di evoluzione della gestione del progetto di costruzione?

Possono esistere a condizione che si sviluppi da un lato una nuova e più adeguata cultura del progetto, del piano e della sua gestione in tutti gli operatori del processo edilizio e dall'altro che si introducano sistematicamente metodi e strumenti organizzativi e tecnici efficaci nella pianificazione ed integrazione dei processi di progettazione.

La gestione della qualità, nel suo approccio Total Quality Management e di gestione del rischio, possono costituire la base per avviare processi di innovazione della cultura e della conseguente gestione.

In senso più generale la gestione della qualità consente di individuare in modo contingente, progetto per progetto e parte per parte, il mix di strategie più opportuno in relazione alle specifiche condizioni di rischio d'insuccesso, è quindi orientata allo sviluppo della «reattività» dell'organizzazione e di ciascun operatore alle incertezze, agli insuccessi nella ricerca continua della qualità, una reattività fondata sulla valorizzazione delle competenze e della condivisione delle conoscenze⁹.

Una condizione per la gestione della qualità è l'acquisizione del concetto di incertezza che significa introdurre nella pratica, anche quotidiana, di gestione un metodo scientifico-sperimentale¹⁰: pur nella sua apparente semplicità può risultare di grande impatto nel processo edilizio, nel proporre l'adozione di metodi semplificati, ma espliciti e trasparenti di produzione di conoscenze, in risposta all'esigenza di conoscere le cause degli insuccessi lungo tutta la filiera del processo, di rendere tale conoscenza comunicabile, e reimpiegabile, utile per il miglioramento generalizzato del processo. È facilmente intuibile come ciò possa essere contraddittorio con le prassi consolidate del piano del progetto e del cantiere, come pertanto la sola attività di formazione possa difficilmente dare risultati in un settore resistente, anche nei quadri tecnici laureati, all'uso sistematico del metodo sperimentale.

⁸ Si veda ECOSIP, 1992 e Ch. Midler, 1993.

⁹ La reattività può essere definita come «la capacità di modificare rapidamente la definizione del progetto per tenere in conto di informazioni nuove che rimettono in causa in modo significativo delle ipotesi di lavoro sulla quale la programmazione corrente è basata». Giard, 1991, p. 145.

¹⁰ Il modello PDCA corrisponde al metodo sperimentale applicato alla gestione: fai un'ipotesi (Plan), sperimentala (Do), controlla il risultato (Check), generalizza il risultato se l'ipotesi ha trovato conferma (Action).

Associare all'attività di produzione una formale attività di conoscenza della progettazione e della produzione richiede una profonda revisione dell'organizzazione dei compiti e delle responsabilità, della scomposizione delle attività e delle competenze; organizzare per conoscere, oltre che per produrre, significa considerare l'utilità e la produttività di sviluppare negli operatori, dai progettisti agli operatori del cantiere, competenza, autonomia, capacità e possibilità di agire e di migliorare.

2. Rischi nei piani di costruzione

Progetto, piano ed insuccessi

L'azione normativa sviluppata in Italia negli anni '90 ha posto al centro dell'attenzione la certezza, prima amministrativa e poi tecnica, del progetto, presupponendo che la fase di costruzione fosse conseguentemente certa sulla base del progetto e della certificazione delle imprese. Nonostante lo sviluppo e la diffusione di metodi e strumenti di supporto alla programmazione e di gestione del progetto si rafforza nella società la percezione di una debolezza, di un'incertezza sulla capacità del progetto e dei progettisti di soddisfare le esigenze poste alla base delle norme vigenti di migliori prestazioni del processo di progettazione, non solo in termini di qualità, di tempo, di costo, ma anche nel rispetto di condizioni di sicurezza e di compatibilità ambientale.

La costruzione del progetto edilizio è fra i processi forse quello più difficile da gestire: comprende un grande numero di decisioni, spesso distribuite in un arco di tempo di anni, con molte interdipendenze in un ambiente altamente incerto, con molte figure professionali coinvolte, e in particolare con un «feedback» di informazioni sui risultati precedentemente ottenuti lento e inefficace.

Il ridotto costo e «peso» del processo di progettazione e di pianificazione in confronto al costo dei processi di costruzione e di gestione nasconde alla società la loro reale importanza nel determinare i risultati dei progetti di costruzione: nonostante l'importanza che gli specialisti gli attribuiscono, in particolare in Italia la ricerca sulla gestione del processo di costruzione si mantiene costante su un livello pressoché inesistente.

Il progetto di costruzione come costruito razionale

Il processo di costruzione inteso come un processo di progettazione è sostenuto da un fecondo dissidio: deve essere aperto al caso e al particolare, essere esso stesso costruttore di nuova conoscenza ambigua e complessa, causa di incertezza, ma deve essere anche «razionale», pianificato e controllato in modo efficace per poter rendere minimi gli effetti della complessità e dell'incertezza.

Un processo di progettazione è ormai rappresentato in modo efficace come un processo di produzione di conoscenza che si struttura in relazione ai risultati attesi e alle credenze relative ai rapporti di causa effetto, costruendo un modello di interpretazione e individuazione della decisione soddisfacente.

La sua razionalità tecnica può essere valutata secondo due criteri: strumentale ed economico, il primo legato alla relazione fra azioni intraprese e risultati ottenuti, il secondo al rapporto fra risultato ottenuto e risorse impiegate.

Un progetto di costruzione si basano sempre più spesso su insiemi complessi di tecniche; la varietà e l'articolazione degli obiettivi, per i quali individuano e si integrano insiemi di tecnologie specifiche, sono rilevanti e crescenti.

Ogni progetto è caratterizzato da una *tecnologia intensiva (intensive technology)*¹¹, in quanto è identificabile da un insieme vario di tecniche capaci di sostenere il processo di trasformazione e la scelta, la combinazione e l'ordinamento delle operazioni è determinabile solo mediante un'interazione di retroazione con l'oggetto stesso: un progetto è definibile solo in *interazione con l'obiettivo del progetto*.

La tecnologia intensiva è la *tecnologia dei processi non ripetitivi*, il cui successo dipende «dalla disponibilità di tutte le capacità potenzialmente necessarie e, in egual misura, da una adeguata combina-

¹¹ J.D. Thompson, *L'azione organizzativa*, Isedi, Torino, 1994.

zione abituale di capacità selezionate in accordo alle necessità del caso o del progetto specifico».

La razionalità tecnica, intesa come sistema delle relazioni di causa effetto che conducono ad un determinato risultato, è un limite possibile solo in situazioni di sistema chiuso in cui tutte le variabili significative sono individuate, pianificate e sotto controllo e sono relativamente indipendenti da effetti perturbanti.

Nei progetti costruzione, che qui ci interessano, in quanto tecnologie intensive è, invece, la situazione specifica propria di ciascun progetto a definire le decisioni progettuali, gli elementi e le attività determinanti, la loro combinazione ed ordinamento, riducendo il campo delle decisioni che possono essere modellizzate con metodi e protocolli predefiniti indifferenti alle specificità del problema specifico da risolvere.

La razionalità tecnica è una razionalità «chiusa», una componente necessaria, ma non sufficiente a garantire una razionalità di un progetto che è qualificato da una «razionalità» aperta all'interazione della comunicazione con l'ambiente del progetto stesso.

I progetti devono operare ad un doppio livello di razionalità: la risposta può essere trovata proprio in una logica comportamentale, in un'azione progettuale che ricerchi la propria razionalità sviluppando strategie orientate sia ad aprire il progetto al caso e all'incertezza dell'innovazione, sia, nel contempo, a ridurre l'impatto delle variabilità ambientali, delle incertezze e delle conoscenze parziali, ad anticipare e ad adattarsi alle incertezze ambientali esterne ed interne che non possono essere evitate o attenuate, a identificare e caratterizzare i rischi e a ridurli ad un livello accettabile utilizzando le conoscenze disponibili, ad attuare strategie di precauzione quando le conoscenze sono incerte e parziali.

Il programma di costruzione, come ogni progetto, non può essere configurato unicamente come un insieme di azioni strumentali preordinate precedentemente e pianificate a parte, bensì principalmente come un insieme di azioni di interrogazione, di verifica delle ipotesi, di analisi di risultati parziali, di comunicazione che siano capaci di ri-pianificare in progressione le azioni strumentali e ridefinire, dettagliare gli obiettivi di progetto.

In questo senso un cantiere, un programma di costruzione, è, non solo metaforicamente, un progetto-programma di ricerca, un progetto di costruzione di conoscenze.

La progetto di costruzione come gestione dell'incertezza

Il paradosso del progetto (o piano) di costruzione è che le condizioni di incertezza in cui si sviluppa sono tali che sono necessari approcci di gestione che trovano riferimenti solo nelle esperienze più avanzate di gestione del progetto, avendo mostrato lo stesso approccio classico del «project management», a cui si richiama la normativa vigente, un'inadeguatezza teorica di fronte a progetti complessi od incerti, per i quali le soluzioni organizzative «tradizionali», riconducibili a razionalità «chiuse», hanno una validità nel tempo inversamente proporzionale all'incertezza dell'ambiente, conducendo a risultati finali molto diversi dai risultati attesi.

Se l'attività di progettazione e controllo di un piano di costruzione consiste nella riduzione dell'incertezza, questo risultato non può essere perseguito semplificando e negando la complessità reale del sistema, perché queste strutture risolverebbero solo parzialmente e temporaneamente, ma estendendo e approfondendo l'analisi delle variabili rilevanti e delle relazioni esistenti fra loro.

Le tecniche di Qualità Totale, di analisi dei rischi, di prevenzione, di valutazione e di controllo dei progetti negli ultimi decenni sviluppate e approfondite¹², trovano il loro senso e la loro funzione solo se inserite e coerenti in un processo decisionale: il livello di conoscenza dell'ambiente con cui si interagisce, del progetto e la capacità di pianificazione (previsione e controllo) che ne derivano per la gestione di un progetto sono il fattore che determina il grado di turbolenza e quindi il grado di rischio.

È ampiamente riconosciuto che lo sviluppo di un progetto si caratterizza per la dinamica di due variabili quali il livello di conoscenza sul progetto e l'ampiezza dello spazio delle soluzioni accettabili.

La funzione di direzione del progetto si può definire come la funzione di condurre l'insieme delle

¹² S. Mecca, M. Masera, *Il rischio nel progetto di costruzioni*, Edizioni ETS, Pisa, 2002.

operazioni necessarie allo studio, allo sviluppo e alla realizzazione di un progetto, mediante l'affermazione di un'identità del progetto e la gestione della convergenza delle due variabili della conoscenza e della capacità d'azione.

Il livello di conoscenza sul progetto all'inizio è naturalmente minimo e tecnicamente insufficiente e si accresce via via che il progetto si sviluppa e soltanto alla fine si è in una situazione di relativamente debole incertezza, quando però lo spazio delle soluzioni accettabili e compatibili con le decisioni precedenti è progressivamente ridotto al minimo.

L'obiettivo di un miglioramento dell'affidabilità del piano di costruzione è aumentare il livello di conoscenza disponibile nella fase di pianificazione, è *costruire una nuova conoscenza fondata sulla integrazione delle conoscenze necessarie e socialmente disponibili*.

I più specifici problemi organizzativi di individuazione della struttura organizzativa del cantiere e del sistema di gestione per la qualità in particolare si correlano con i processi di decisione e di acquisizione di informazioni, di conoscenze, mediante cui si passa da una condizione iniziale di massima libertà con minime informazioni a una condizione finale di minima libertà e massima conoscenza.

Le strategie di miglioramento della affidabilità del piano di costruzione di un progetto, e di gestione del rischio in modo particolare, operano all'interno di questo processo intimamente contraddittorio, organizzando un insieme di comportamenti e di strumenti tecnici per anticipare la convergenza dei due processi antagonisti, agendo sia sulle informazioni che sulle decisioni, per ridurre il rischio d'insuccesso.

Ambivalenza dell'alea in un progetto di ricerca

Il caso, la produzione di eventi casuali, sono spesso stigmatizzati dal lancio di un dado. L'impossibilità della previsione, non potendo prevedere esattamente quale numero uscirà, rende interessante, nel caso del dado, il gioco d'azzardo. Il progettista si trova in una posizione assai differente, ha una propensione, in quanto tecnico, di base differente: egli tende ad un obiettivo e le incertezze legate al suo ottenimento sono sempre mal sopportate. Se quindi vogliamo confrontare l'atteggiamento di un tecnico nei confronti di un sistema aleatorio che vogliamo ridurre ad un sistema di gioco, egli ci apparirà sempre disposto a limitare ogni incertezza, così come agisce un baro che è disposto a truccare il gioco, pur di vincere.

Il caso affligge i programmi di costruzione che devono fronteggiare fenomeni aleatori e per i quali risulta difficile compiere delle previsioni certe. L'approccio osservabile in un progettista di un cantiere non è quello di colui che disposto a subire l'aleatorietà dei processi, quanto quello di chi vuole, o dovrebbe, governare il caso ed è quindi disposto a «truccare» la sorte pur di ridurre la variabilità degli eventi sfavorevoli allo spazio degli obiettivi prefissati.

In un progetto di ricerca l'alea, o meglio l'evento impreveduto e imprevedibile, non ha una caratterizzazione unicamente «in negativo» ed è riconsegnata ad una sua naturale e feconda ambivalenza per il progetto: l'indeterminatezza, o la definizione di un obiettivo non in modo puntuale ma come un'area di validità, non è di per se stessa portatrice unicamente di errori progettuali e di perdite economiche, bensì costituisce uno spazio di adattabilità delle decisioni che rappresenta una risorsa irrinunciabile per affrontare gli effetti delle turbolenze ambientali ed apre a nuove conoscenze, per tollerare le variazioni non come deroga più o meno ammissibile, ma come adattamenti del progetto all'interno del campo delle soluzioni accettabili e compatibili.

La ricomposizione degli obiettivi del progetto in uno spazio di soluzioni ammissibili è il risultato di un progetto che ammette il caso nel proprio universo per limitarne quanto più possibile gli effetti. In questo approccio gli obiettivi e i risultati di un piano di costruzione sono definiti sulla base di una sistematica valutazione del rischio connesso con gli obiettivi e con le azioni capaci di condurre al raggiungimento degli obiettivi e in una prospettiva di un bilanciamento dei rischi.

I rischi di un progetto di un cantiere

In prima approssimazione possiamo delimitare in un piano di produzione di cantiere due principali domini di sorgenti di rischio:

- il primo dominio interessa studi preparatori e la diagnostica a cui spetta il compito di costruire un quadro di conoscenze affidabile ma di cui occorre anche valutarne l'incertezza;
- il secondo dominio riguarda il cantiere e i procedimenti operativi esposti spesso a rischi ambientali ed organizzativi che possono gravare il programma di ricerca con le possibili conseguenze e rispetto ai quali occorrono misure tempestive.

Il rischio caratterizza tutto lo studio preparatorio e la diagnostica che, in questo contesto, assumono grande rilevanza rispetto al cantiere di edilizia corrente, proprio perché è necessario costruire un sistema di conoscenze rivolte all'azione molto accurato per ridurre i rischi di errore.

Gli strumenti di diagnosi sono spesso parziali e soggetti ad errori (incertezza contraddizione nelle fonti, difficoltà nell'individuare elementi singolari, parzialità delle diagnosi, difficoltà di interpretazione dei dati raccolti, limiti di affidabilità delle diagnosi). Tuttavia il loro uso combinato permette di costruire un quadro «sintomatico» rispetto al quale si può operare sviluppando strategie ispirate al principio di precauzione.

Tendenzialmente il cantiere tende a configurare un rapporto circolare, interdipendente, di sovrapposizione temporale, fra programmazione e costruzione, là dove la logica del progetto amministrativo risponde ad una rigida divisione, tayloristica, fra concezione ed esecuzione.

La percezione dell'incertezza degli obiettivi che oscillano fra pericoli e opportunità è alla base della costruzione di un progetto capace di mantenersi valido nell'interazione con gli imprevisti: il rischio è difatti un concetto ambivalente, schiude nuove opportunità là dove prima non vi era conoscenza e/o mette in pericolo la riuscita del progetto.

Tale condizione, necessaria nella moderna concezione della progettazione, costituisce un elemento di complessità, ma anche ammissione di vulnerabilità della gestione e del controllo dei processi di produzione. L'accettazione della fallibilità, della vulnerabilità, dell'incerto e dell'imprevedibile diviene dunque il fondamento su cui costruire una strategia di progettazione capace di tollerare un adattamento dei percorsi e dei risultati finali, un progetto come un sistema reattivo, flessibile, adattabile all'incertezza contingente delle situazioni.

Un approccio organizzativo e gestionale al progetto che riduca i pericoli ed migliori le opportunità può essere definito un progetto robusto.

Il principio di precauzione

I principi generali di valutazione e contenimento dei rischi, da una parte, e di precauzione, dall'altra, divengono due dimensioni complementari e integrate, utili per adottare misure preventive, per eliminare o, quanto meno, limitare il rischio ad un livello minimo, compatibile con i livelli di rischio socialmente accettabili per la salute e per l'ambiente.

Il «*principio di precauzione*» ha per riferimento una dimensione che supera le problematiche connesse con i rischi in un orizzonte di breve o medio termine: riguarda aspetti e implicazioni la cui portata temporale è il lungo periodo e il benessere delle generazioni future.

Nelle attività di progettazione in generale e di pianificazione in particolare, quando assumiamo decisioni che si cautelano della mancanza di un quadro completo di tutte le conoscenze scientifiche, stiamo adottando, in modo più o meno consapevole ed esplicito, una strategia che è riconducibile al «*principio di precauzione*».

Nei piani di costruzione, si deve costantemente affrontare il dilemma di equilibrare le esigenze di efficienza e di riduzione dei tempi dedicati alla pianificazione e l'esigenza di ridurre o eliminare il rischio di risultati non conformi. L'adozione del principio di precauzione contribuisce a distinguere due aspetti: la decisione di agire o di non agire, informata dai fattori che richiedono l'utilizzazione del principio di precauzione e, in caso affermativo, di come agire, vale a dire quali sono le misure derivanti da tale utilizzazione del principio di precauzione.

Per pervenire a decisioni proporzionate, non discriminatorie, trasparenti e coerenti, in grado di garantire il livello di efficacia prestabilito in termini di qualità, di durata e di costo è necessario un processo decisionale strutturato basato su informazioni particolareggiate e obiettive di carattere scientifi-

co o di altro tipo. Una tale struttura può essere fornita dai tre elementi dell'analisi dei rischi: la valutazione del rischio, la scelta della strategia di gestione del rischio e la comunicazione del rischio. In modo particolare la valutazione dei rischi dovrebbe essere fondata su conoscenze sulle relazioni causa effetto dei fenomeni interessati e su dati scientifici e statistici esistenti.

3. L'affidabilità di un piano di costruzione

La questione dell'affidabilità¹³ è molto vasta e impegna tutti i principali settori tecnologici; è soprattutto in ambito informatico ed aeronautico che il dibattito è più avanzato e le ricerche si sono sviluppate maggiormente, producendo numerosi modelli e strumenti la maggior parte dei quali non è applicabile al settore delle costruzioni.

Questo processo ha portato ad una definizione più precisa anche se non ancora univoca di affidabilità: possiamo definirla come «la probabilità che l'elemento/sistema esegua una specifica funzione, sotto specifiche condizioni operative ed ambientali, ad un dato istante e/o per un prefissato intervallo di tempo». È evidente come la definizione di affidabilità sia estremamente sensibile al piano di costruzione che è il «sistema» di riferimento; esso infatti può essere sia all'insieme assemblato di componenti, che costituisce parte funzionale di un'apparecchiatura, sia una sequenza di operazioni e procedure necessarie per eseguire un servizio o realizzare un prodotto.

Il campo coperto da questa definizione comprende operazioni ed elementi ascrivibili al mondo delle costruzioni, anche se, a meno di particolari ambiti di ricerca che vedremo in seguito, il termine e il sistema concettuale non è prossimo quella tecnica di settore.

I concetti di «reliability» o di «reliability tool» sono ormai acquisiti da tempo nei problemi di gestione dei sistemi informatici (hardware, software and server reliability) e di controllo dei sistemi di reti (reti di trasporto, sistemi neurali, electronics quality, energy systems, nuclear engineering, material engineering, military engineering): la principale causa della difficoltà di trasferimento è determinata dal grado di «chiusura» e di determinazione del comportamento probabile dei sistemi e dal grado di affidabilità che tali settori richiedono e che sono in grado di raggiungere e garantire. Nella «Server Reliability», ad esempio, si parla di affidabilità richiesta, espressa attraverso una percentuale compresa tra il 99,99% ed il 99,999%. Simili ordini di grandezza si incontrano nella gestione dei sistemi elettronici ed energetici, ma è evidente che il principio del «numero di nove» non è applicabile ad un settore quale l'edilizia.

Esistono soprattutto nel campo dell'ingegneria militare interessanti possibilità di esplorazione e di approfondimento che concentra i propri sforzi sulla continua ricerca del perfezionamento della propria logistica e della crescente affidabilità nelle procedure, anche attraverso il miglioramento delle «reazioni» immediate ad eventi imprevisti, base di quel principio del «Reactive Management» che costituisce uno dei principali filoni del dibattito sull'affidabilità con interessanti applicabilità in ambito edilizio.

Approcci alla affidabilità nel project management

Analizzando la letteratura scientifica nel settore del project management si può verificare che il dibattito tangente il tema dell'affidabilità di un piano e di un processo è piuttosto acceso, anche se nella maggior parte dei casi non si fa esplicito e puntuale riferimento all'affidabilità come elemento determinante; abbiamo individuato diversi interessanti approcci al tema nel suo complesso:

- l'approccio più generale del TQM: Total Quality Management;
- l'approccio TSI: Total System Intervention, in cui si cerca di equilibrare i fattori tempo, costo, qualità;

¹³ Il termine affidabilità si scopre che esso non esiste su molti dei dizionari italiani, essendo entrato nell'uso della lingua italiana come traduzione del vocabolo inglese *reliability* (sostantivo derivato dal verbo «to rely»: affidare). Il termine affidabilità ha due significati: affidabilità è «il grado di fiducia che si può riporre in qualcuno o in qualcosa», ed è anche «la rispondenza di uno strumento o di un intero sistema alla funzione cui è destinato» ovvero «sicurezza di funzionamento», accezione questa, cui si fa principalmente riferimento in ambito tecnologico.

- la Teoria dei Conflitti;
- l'approccio del Reactive Management, in cui l'affidabilità di un piano è valutata in base alla rapidità con cui si prevede di poter attivare meccanismi di reazione ad eventi imprevisi;
- l'approccio Last Planner, elaborato da Glenn Ballard e dal Lean Construction Institute, che è l'unico a far esplicito riferimento all'affidabilità come obiettivo dell'attività di pianificazione.

Ai fini di questa analisi dei diversi approcci la fase della pianificazione della costruzione si caratterizza, in via del tutto generale, per essere l'azione complessa nel quale, in condizioni di elevata incertezza, vengono prese decisioni circa il futuro assetto di un contesto; è un momento in cui normalmente si trovano a contatto soggetti diversi, spesso portatori di molteplici esigenze tra loro differenti se non addirittura contrastanti. Pertanto la nostra attenzione si è concentrata sugli strumenti in grado di gestire tale conflittualità e la conseguente complessità della fase di pianificazione con lo scopo di migliorarne l'affidabilità. Durante la pianificazione infatti vengono utilizzati strumenti che, permettendo di risolvere i problemi e di gestire la complessità insita nell'operazione, conducono alla realizzazione di un piano che costituisce il prodotto tangibile dell'azione pianificatrice.

Il piano, regolando l'impiego delle risorse e programmando l'uso di un bene, di un servizio o di una struttura, garantisce anche le prestazioni del sistema che descrive e delle procedure previste per realizzarlo; in questo senso si parla di un piano affidabile.

Occorre specificare che in letteratura un piano assume diversi significati:

- un quadro di previsione, in cui si affronta l'incertezza sul futuro mediante la proiezione e l'articolazione di interventi;
- un quadro di coordinamento, in cui si individua la compresenza di settori di intervento diversi ma in mutua relazione e se ne regolano le interazioni;
- un quadro delle regole, in cui le azioni, condotte da una pluralità di soggetti, sono orientate attraverso norme.

La pianificazione dunque si sviluppa con diverse concezioni e finalità, ricorrendo pertanto a modelli differenziati; si possono però distinguere delle fasi di elaborazione che la caratterizzano nelle diverse accezioni elencate:

- percezione e costruzione del problema;
- decisione di intervenire e precisazione degli obiettivi;
- previsione attraverso analisi, conoscenza ed informazione;
- proposta, progettazione attraverso la formulazione di alternative;
- valutazione;
- scelta;
- attuazione;
- verifica.

Il controllo, la gestione ed il perfezionamento dei processi che si svolgono durante le fasi indicate sono l'obiettivo strategico di qualsiasi teoria, procedura, sistema o strumento che abbia lo scopo di migliorare l'affidabilità nella fase di pianificazione e, di conseguenza, la qualità del prodotto finale.

Total Quality Management

Il Total Quality Management (TQM) è ed è stato centrale nel dibattito sull'industria delle costruzioni, ma, malgrado gli sforzi fatti, è rimasto in una posizione marginale e poco conosciuta.

Uno degli aspetti che ne ha ostacolato la diffusione è la percezione del TQM, da parte dell'industria delle costruzioni, come di uno strumento estraneo al settore, essendo importato dall'industria manifatturiera; se poi l'implementazione dei modelli viene imposta meccanicamente il problema appare insormontabile.

Ci sono stati però diversi tentativi di rimodellare il TQM sul mondo delle costruzioni, quali lo sviluppo di specifici indicatori per la qualità e di una matrice di misura della qualità.

Barrie e Paulson (1984) definirono così caratteristiche e finalità del processo costruttivo: «La co-

struzione è un processo dove i piani e le specifiche tecniche fornite dai progettisti vengono convertiti in strutture fisiche e servizi. Ciò coinvolge l'organizzazione e il coordinamento di tutte le risorse (lavoro, attrezzature, materiali temporanei e permanenti, forniture e servizi, denaro, tecnologia, metodologie e tempo) per portare a termine il progetto secondo quanto previsto dal budget e rispettando gli standards di qualità ed esecuzione specificati dal progettista».

Dopo aver illustrato le difficoltà di implementazione del TQM nel settore delle costruzioni (unicità e non ripetitività, alto livello di incertezza e di rischio tecnico, eterogeneità, discontinuità e temporaneità delle organizzazioni) si individua nel Total Quality Management il nucleo centrale rappresentato dalla procedura PDCA (*Plan-Do-Check-Act*):

- *Pianifica* ciò che deve essere fatto (priorità, obiettivi e livelli di qualità);
- *Fa'*, esplicita il programma identificando il target, costruendo sistemi di controllo ed implementandoli a piccola scala;
- *Controlla* ciò che hai fatto;
- *Agisci*, per prevenire errori o per migliorare il processo,

valutandone l'applicabilità a processi continui e ciclici, come quelli manifatturieri.

Rettig e Simons, nel 1993, hanno proposto una variazione del ciclo PDCA in modo che potesse essere più funzionale al settore software, trasformandolo in un processo il cui acronimo è PADRE (*Plan, Approve, Do, Review and Revise, Evaluate*), in questa forma risulta più facilmente applicabile anche ai processi costruttivi.

Creech, nel 1994, ha definito il TQM come «un approccio globale col quale conseguire la qualità in ogni aspetto della gestione» ed ha individuato i seguenti cinque pilastri del TQM: il prodotto, il processo, l'organizzazione, la leadership e l'impegno contrattuale.

Perché un processo basato sul TQM possa avere successo, essere affidabile, devono essere presenti alcuni elementi:

- *Ambiente*: i principali elementi che definiscono l'ambiente nel quale si opera sono gli impegni contrattuali, la consapevolezza e l'identificazione degli operatori. Ogni componente del team deve essere consapevole di questi impegni ed essere coinvolto nel perseguimento della qualità.
- *Conoscenze ed abilità*: ogni persona coinvolta nel progetto deve avere le adeguate conoscenze e capacità; queste possono essere assicurate attraverso la formazione e l'istruzione, i principi base della qualità e la capacità di risolvere i problemi.
- *Organizzazione*: un concetto chiave è che i confini funzionali sono irrilevanti perché i problemi sono spesso trasversali rispetto ad essi. Gli elementi principali sono, in questo caso, un comitato di controllo della qualità ed un gruppo che lavora per migliorarla. Deve essere effettuata la pianificazione, stabilite le priorità, definite le risorse, comunicate le variazioni intervenute rispetto a quanto previsto, valutati i progressi.
- *Sistema*: sono necessari dei «sistemi» per stabilire i metodi di valutazione, per mettere a fuoco i settori che devono essere migliorati e per formulare le modalità di azione. Le parole chiave sono: azioni correttive, misurazioni, predisposizione degli obiettivi.

I fattori contingenti per il gruppo di progettazione sono i seguenti:

- *Struttura*: una organizzazione di tipo «meccanicistico» è caratterizzata da lavori che sono ristretti quanto a finalità, con ruoli specifici e fissati, linee di controllo rigide, ruoli e procedure ben conosciute. Una organizzazione di tipo «organico» è invece flessibile e dinamica, con responsabilità diffusa, ruoli e procedure scarsi, flessibili e non programmabili sia nei processi di decisione che di pianificazione. Normalmente nei processi costruttivi è adottato il primo paradigma, ma se si vuole implementare un approccio TQM occorre orientarsi verso una maggior flessibilità, anche se alle strutture di tipo organico può essere contestata una certa mancanza di controllo e di autorità. Così un gruppo di progettazione può risultare in difficoltà nello scegliere fra due modelli organizzativi, l'uno che migliora le possibilità di controllo ed uno che conduce al miglioramento dell'efficienza e del TQM.
- *Sistema di controllo*: se viene scelto il secondo approccio sarà allora fondamentale condurre una accurata scelta delle persone da impiegare in relazione agli obiettivi specifici del progetto.

- *Stile di comando*: i conflitti, in un processo di costruzione, tendono facilmente a crescere a causa del numero e della differenza fra i diversi gruppi coinvolti; il sistema di esercizio del comando può variare da quello più autoritario, che predilige il rigido rispetto dei compiti assegnati, a quello più amichevole e democratico che preferisce favorire le relazioni umane.
- *Valore*: il valore di un sistema organizzativo può variare da un estremo, in cui si ricerca la massima stabilità e si vuol evitare ogni rischio, a quello opposto in cui si sperimentano l'innovazione e la gestione del rischio.

Total System Intervention

L'approccio «Problem-Solving», detto anche «Total Systems Intervention» (TSI), mira ad ottenere l'equilibrio fra i tre fattori che maggiormente incidono sull'esecuzione di un'opera o sul suo valore finale: Tempi, Costi e Qualità; essi devono essere valutati anche in relazione agli aspetti sociali e comportamentali del processo produttivo.

Le questioni più importanti per i committenti dell'industria delle costruzioni sono la qualità, i costi ed i tempi ma la gestione della maggior parte dei progetti tiene conto solo del tempo e del costo (Bennett e Grice, 1990), lo stesso project management nelle sue codificazioni più diffuse tende ad occuparsi solo di tempi e costi, lasciando ad altre discipline ed operatori la responsabilità della qualità (Hughes e Williams, 1991).

Per Herbsman ed Ellis (1991) l'aspetto più deludente dell'approccio tradizionale è dato dai massicci ritardi rispetto ai tempi previsti, all'eccedenza dei costi, a seri problemi circa il livello qualitativo e ad un generale aumento dei reclami delle controversie legali ricevute dal mondo delle costruzioni mentre Lansley (1993), pur appoggiando questo punto di vista, ragiona soprattutto sull'importanza di studiare gli aspetti comportamentali del management.

Pertanto per pianificare e gestire un progetto o un processo secondo criteri di affidabilità i parametri che devono essere considerati sono tre: il tempo, il costo e la qualità.

La convinzione è dunque che un progetto ha maggiori possibilità di successo se l'attenzione rivolta a queste tre componenti è ben bilanciata; sebbene sia spesso affermato che tempo, costi e qualità sono tutti quanti inseriti in maniera adeguata nella gestione del progetto basta una ricerca più approfondita per vedere che il sistema di gestione di tempo, costi e qualità ha fallito nel tentativo di equilibrare i tre fattori.

Il completamento nei tempi previsti di un progetto è frequentemente considerato l'unico criterio di riuscita del progetto stesso; sforzi maggiori devono essere pertanto indirizzati affinché si comprenda l'interdipendenza dei tre fattori e che il tempo possa essere considerato come un parametro di controllo dei costi e della qualità: questo è l'obiettivo del TSI.

L'obiettivo è la soddisfazione del committente, dal cui punto di vista la qualità può essere definita come «valore in cambio di denaro», ma è anche la messa a punto di un sistema di gestione della qualità che divenga uno strumento chiave per conseguire in maniera affidabile i risultati prefissati.

Teoria dei Conflitti

La Teoria dei Conflitti prende le mosse dalla constatazione che i conflitti, a causa di una presenza pervasiva nei progetti di costruzione, si devono considerare come uno degli elementi principali che possono caratterizzare la strategia di gestione del progetto, nell'ambito dell'industria delle costruzioni. Il riconoscimento del ruolo dei conflitti, dei cambiamenti, e la loro gestione come fattori determinanti per il successo di un progetto di costruzioni è ritenuto centrale nella determinazione delle strutture organizzative efficienti.

Sembra opportuno quindi riorganizzare il processo gestionale e valutativo dei progetti in modo da spostare i «picchi» di conflitto dalle fasi di esecuzione (come accade attualmente) a quelle preliminari e di progettazione, durante le quali le eventuali discussioni, anche accese, potrebbero essere affrontate con maggior disponibilità e, addirittura, costituire un momento utile di riflessione e di arricchimento del progetto. Per mettere a punto un metodo operativo che si basi su questa teoria occorre pe-

rò che i problemi organizzativi ed operativi siano affrontati con una visione multidisciplinare, coinvolgendo tutti gli attori del processo, compreso l'appaltatore, i consulenti alla progettazione ed il committente.

In un progetto di costruzione, come abbiamo detto, si possono generare molti motivi di conflitto passando da una generica dichiarazione di intenti al progetto dettagliato, ma, d'altra parte, i cambiamenti sono inevitabili e spesso necessari durante l'intera durata del progetto e non solo in fase progettuale.

L'analisi dei conflitti ha mostrato che è importante sperimentare e simulare l'insorgere dei problemi, ed i relativi meccanismi di soluzione, con i pianificatori e con gli altri addetti in modo da rendere comprensibili gli interessi e le motivazioni delle singole parti che possono entrare in conflitto, allo scopo di trovare un accordo prima che sia inficiato il lavoro di progettazione esecutiva.

Un rifiuto inatteso in una riunione di pianificazione, ad esempio, può generare ritardi significativi, costi aggiuntivi e conflitti interpersonali, in particolar modo se riguardano dettagli di scarsa rilevanza.

I conflitti relativi agli accordi contrattuali, invece, possono insorgere per un'ampia varietà di ragioni a partire semplicemente dai numerosi legami che normalmente esistono fra la struttura organizzativa del progetto ed il committente; si differenziano in questo caso per le procedure previste dal contratto e per le modalità di comunicazione informale adottate. In questo campo una delle alternative proposte è quella di usare contratti del tipo «*develop and build*», nei quali una parte sostanziale del progetto deve essere già completa prima della stipula del contratto d'appalto.

Ovviamente anche la mancanza di fiducia fra committente e realizzatore è una fonte di conflitti che, se non controllata, può condurre a serie incomprensioni e contrasti aperti: le esperienze più interessanti nella gestione di un progetto sono quelle in cui si è sperimentato la creazione e il coordinamento di una rete di comunicazione fra i partecipanti, che regoli ed ottimizzi il flusso di informazioni durante tutte le fasi del progetto nel tentativo di avvicinare, anche se non fisicamente almeno attraverso la comunicazione, i diversi attori del processo.

Analisi dei dati ottenuti con indagini sul campo suggeriscono che i conflitti che insorgono all'interno del nel team di progettazione possono essere principalmente associati a:

- debole comunicazione fra i partecipanti;
- ritardo nell'arrivo di informazioni relative al progetto;
- aspetti tecnici del progetto.

In particolare per quest'ultimo fattore indagini condotte soprattutto in ambito anglosassone hanno individuato nel progetto esecutivo la causa principale degli errori e di conseguenza di conflitti: ciò che viene realizzato non corrisponde a ciò che ci si attendeva dall'esame del progetto.

I dati sui conflitti relativi alle fasi di costruzione possono essere divisi in cinque aree principali che riguardano gli aspetti interpersonali, l'affidamento dell'incarico, la programmazione, l'esecuzione e la lavorazione, il rischio e l'incertezza: una delle principali fonti di conflitto dipende dal disaccordo su questioni di costi fra gli ispettori e, per ridurre questo rischio, il project manager dovrebbe rafforzare la pratica di trovare un accordo sulle variazioni di prezzo nell'esatto momento in cui si manifestano; in alternativa i conflitti si hanno tra progettisti ed appaltatore. È d'altra parte molto difficile tenere uniti i diversi membri di un progetto, includendo in questa struttura anche i progettisti ed il capocantiere, inducendoli ad operare come una squadra con obiettivi comuni ed una determinazione condivisa a conseguire determinati obiettivi.

In un caso studio analizzato da Gardiner e Simmons (1994) il conflitto si concentra su due aspetti principali:

- la complessità di una parte consistente dell'attrezzatura fornita per un lotto di lavorazione, ha innescato un contrasto fra l'appaltatore, il fornitore ed il committente circa il problema delle informazioni che riguardano le forniture;
- l'eccesso di vincoli, come nel caso di due progetti nei quali determinati oggetti, necessari per la realizzazione dell'opera, potevano esser forniti soltanto da un numero ristretto di fornitori.

Reactive Management

Un altro approccio interessante nel campo del miglioramento dell'affidabilità è quella del cosiddetto Reactive Management, ovvero della gestione degli eventi inattesi attraverso il perfezionamento del sistema di reazione all'imprevisto.

Per ridurre il ricorrente superamento dei tempi e dei costi programmati, testimonianza evidente di una pianificazione inaffidabile, fonte di dispute controproducenti, è fondamentale saper gestire gli eventi inattesi, che essi siano problemi o opportunità; fare ciò richiede una pianificazione attenta, ma soprattutto buone capacità di reazione, in modo che i potenziali benefici possano essere sfruttati al meglio e che le conseguenze dei problemi possano essere controllate e mitigate. Ciò dipende dall'inserimento nell'organizzazione dell'impresa di procedure generali interne prefissate che, con opportuna flessibilità, potranno adattarsi alle diverse situazioni reali.

I sistemi di reazione dipendono dalla natura delle attività che costituiscono i progetti di costruzione e dal modo in cui possono essere distribuiti, o condivisi, i rischi fra i diversi attori del processo; ovviamente questo contesto è molto diverso da quello della produzione industriale, dove ogni organizzazione afferente ad un determinato progetto ha un suo proprio sistema di reazione agli imprevisti e di assunzione dei rischi.

Nei progetti di costruzione sono il committente o l'impresa che generalmente si assumono la maggior parte dei rischi durante l'intero processo.

Attualmente, a fronte di grandi progressi nell'ambito della previsione, della pianificazione e della prevenzione, non si è assistito ad analoghe innovazioni per quanto riguarda la predisposizione di strumenti per reagire agli imprevisti; inoltre la scelta di concentrarsi sulla messa a punto dei sistemi di reazione viene percepita come il fallimento delle ricerche sulla pianificazione e sulla prevenzione, in questo ambito quindi non si sono espresse al meglio le reali potenzialità, quali la presa di coscienza dell'impossibilità di annullare gli eventi indesiderati e la conseguente scelta di trarre dalla loro metabolizzazione il minor danno o il massimo vantaggio.

In realtà è proprio l'insieme di queste attività che, congiuntamente, può garantire l'affidabilità del processo costruttivo, considerato in tutte le sue fasi, a partire da quella di pianificazione fino a quella di realizzazione.

Il sistema di reazione si configura come un aspetto particolare del più complesso sistema di controllo che si occupa di tutti i potenziali problemi, incluso la prevenzione e la pianificazione. Il controllo è parte integrante del piano mentre la reattività è legata alla mitigazione di potenziali perdite, alla capacità di sfruttare le opportunità e di raggiungere quindi elevati livelli di successo del progetto anche al verificarsi di eventi inattesi che potrebbero, se non gestiti correttamente, portare al fallimento del progetto e che, in ogni caso, hanno già inficiato quanto previsto in fase di pianificazione.



Figura 1. Ciclo del sistema di reazione illustrato da Loosemore

Loosemore (1995) afferma che l'efficacia di un sistema di reazione dipende da quanto è ben eseguito ogni insieme di attività prevista all'interno del ciclo da lui proposto, ciclo che è illustrato in fig.1. La rete di reazioni descritta si mette in movimento solo in conseguenza ad un problema ed è in questo che si differenzia dalle altre interazioni che costituiscono il progetto, non essendo queste ultime generate da eventi eccezionali.

Il concetto di «reaction network» costituisce quindi il centro del discorso e l'analisi dello schema aiuta a comprendere la complessità di ciò dovrebbe accadere:

- i problemi imprevisti, una volta notificati generano una deviazione rispetto agli equilibri nei rapporti fra i diversi attori coinvolti;
- a tale deviazione dovrà far seguito la scelta di intervenire sull'evento imprevisto o semplicemente di rilevare la non conformità;
- intrapresa la via della reazione è evidente come ad ogni di problema corrispondano sia una certa rete di reazioni che adeguati comportamenti interpersonali;
- la gestione e la corretta esecuzione di tutte le procedure previste dal «reaction network» porteranno ad una reazione, con conseguente ottenimento del maggior vantaggio o del minor danno, che migliorerà il processo produttivo, e diverrà poi patrimonio operativo dell'impresa.

I problemi, benché imprevisti, devono quindi innescare dei processi prestabiliti e controllabili, che risulteranno tanto più efficaci quanto più caratterizzati dal minimo scambio fra i nodi che costituiscono lo schema.

Un «reaction network» è dunque, oltre che una rete di comunicazione, anche un tentativo di identificare una utile tecnica di mappatura, un meccanismo illustrativo quindi, al pari del tradizionale diagramma organizzativo o del diagramma di flusso.

Per ottimizzare il sistema oltre alle informazioni dovrebbero circolare anche risorse, potere e relazioni interpersonali. Una tecnica di mappatura affidabile deve infatti essere capace di illustrare i modelli di scambio fra i diversi attori al momento in cui, durante il progetto, si innesca un processo di reazione, deve fornire un vocabolario che sia in grado di descrivere questi modelli in maniera universalmente comprensibile e deve, infine, offrire una serie di tecniche affidabili, basate su matrici algebriche, per misurare ed indicizzare le proprietà strutturali a tutti i livelli del progetto.

Il limite di questo strumento, chiamato Communication Network Analysis, è quello di essere in grado unicamente di mostrare dati quantitativi circa la struttura delle transazioni in una rete di reazioni. Per ottenere uno strumento che garantisca l'affidabilità del processo la ricerca deve essere quindi mirata e le variabili su cui si interviene ben controllate.

Se intendiamo elaborare strumenti che guidino le procedure di reazione occorre concentrarsi sui problemi che sfuggono alla pianificazione, per essere certi che il progetto prosegua e si rimodelli in seguito all'attuarsi di meccanismi esclusivamente reattivi.

Come base di analisi e di supporto alla «reazione» è sempre opportuno che siano raccolti dati, anche sottoforma di diario, che possano poi essere utilizzati, dal momento in cui si attiva la rete di comunicazione; tuttavia l'estrema dipendenza da interpretazioni personali rende spesso debole il diario come strumento di supporto. Per garantire l'affidabilità dei dati può essere utile l'instaurarsi di un clima di fiducia e di integrità, dal momento che le informazioni necessarie possono avere carattere anche molto confidenziale e i momenti di «reazione» sono quelli in cui il livello di stress è maggiore.

Nei casi analizzati da Loosemore si può osservare come il project manager rischi di rimanere ai margini del processo di reazione e come la maggior parte delle interazioni tenda ad avvenire nella parte centrale della gerarchia del progetto ovvero fra l'appaltatore, l'architetto ed il responsabile del procedimento. Il processo decisionale è fortemente sbilanciato su tali figure e che le decisioni, nonostante la necessità che esse siano riviste ed affinate numerose volte in corso d'opera, non coinvolgono il project manager rendendo in sostanza inefficace qualsiasi suo tentativo di pianificazione.

Inoltre nel momento in cui occorre preparare una «reazione» ad eventi imprevisti si apre un periodo di tensioni e di conflitti durante il quale la debolezza della struttura organizzativa, delle procedure contrattuali e dei diversi attori coinvolti tendono a diventare molto evidenti ed a mostrare i loro effetti.

Analizzando il processo nelle sue diverse fasi emergono elementi d'interesse:

- il *monitoraggio* delle possibili modalità di cambiamento, è fondamentale per garantire una rapida risposta agli eventi inattesi; inoltre è stata rilevata una chiara tendenza per cui si preferisce attendere che i problemi si manifestino, piuttosto che cercare di anticiparli. Ci sono anche chiare prove che se ad una «parte in causa» è stata affidata la responsabilità di monitorare una specifica fonte di rischio, gli altri membri tendono a fidarsi della sua capacità di farlo;
- il risultato dei continui *cambi nella natura dei problemi*, a causa degli imprevisti, è ovviamente la necessità di apportare modifiche, anche numerose e sostanziali, ai programmi originali. L'implementazione del progetto risulta quindi complessa e talvolta confusa, generando spesso come risultato una globale mancanza di fiducia nelle capacità dell'architetto; certamente essa risulta ancor più difficoltosa se si accumulano perdite economiche e non è chiara la responsabilità finanziaria;
- durante la fase di *revisione* dei programmi originali e di reazione agli imprevisti è sempre necessario un meticoloso supplemento di indagine. Sarebbe ovviamente importante che la gestione di questa fase fosse affidata ad un project manager indipendente, anche se il problema in genere viene enucleato principalmente da attori diversi rispetto al manager;
- la reazione ai problemi che si manifestano dipende anche dai diversi *comportamenti* degli attori e per questo si tende a rinforzare i vincoli contrattuali che possono giocare, insieme ad una corretta motivazione, un ruolo determinante nella risoluzione delle dispute.

Dall'esperienza comunque appare ovvio che i costi reali dovuti ai cambiamenti richiesti in corso d'opera in seguito al rilevamento di non conformità sono minori rispetto a quelli esclusivamente finanziari o dovuti alla penale per il ritardo, ed è per questo motivo che diventa essenziale che le reazioni agli eventi imprevisti siano gestite con estrema cura e portate a compimento il più velocemente possibile.

In conclusione appare evidente come un piano che comprenda la messa a punto di meccanismi reattivi ben strutturati e perfezionati, e di processi di comunicazione rapidi e mirati, che garantiscano azioni correttive efficaci e tempestive, risulti migliorato nella sua affidabilità.

4. Per la robustezza di un piano di costruzione

Il concetto di «robustezza»

La robustezza è un principio di progettazione dei sistemi tecnici o sociali che sono stati progettati o selezionati per la stabilità. Nato nell'ambito degli studi di sistemi industriali il termine «robustness» (o robustezza in italiano) ha molti significati nei molteplici contesti in cui ha senso.

Prima di proporre una definizione appropriata per il contesto del progetto di architettura possiamo provare a costruire una lista di definizioni di robustezza, anche se incompleta, per esplorare l'ampiezza dei significati di robustezza, pur senza voler individuare una definizione uniforme, ma anzi per analizzare la varietà di significati nelle diverse comunità di ricerca. Si può considerare, al momento, un errore cercare di stabilire un'unica definizione di robustezza, invece di esplorare l'ampiezza dei significati del termine per aumentarne l'espressività e la comunicazione.

Molti altri termini possono essere accostati od usati in sostituzione ed una riflessione su questi può essere di aiuto ad una migliore comprensione dell'esigenza dei progetti e dei progetti di architettura in particolare di essere capaci di mantenere la loro struttura efficace pur nell'interazione con imprevisti. Una discussione sulle definizioni può condurre ad una migliore definizione fra termini spesso usati in modo intercambiabile con robustezza, quali: stabilità, resilienza, affidabilità, persistenza, sopravvivenibilità, tolleranza degli errori, plasticità, etc.

Robustezza è *la persistenza di specifici caratteri di un sistema di fronte ad un insieme di accidenti*. Robustezza è anche definita come *la capacità di un sistema di mantenere la propria funzione anche in presenza di cambiamenti nella propria struttura interna o nell'ambiente esterno* o come *la capacità di un sistema con una struttura fissata di ottenere molteplici obiettivi funzionali come richiesto in un ambiente che cambia*.

Robustezza viene inoltre definita come *il grado secondo cui un sistema o un componente possono funzionare correttamente in presenza di input non validi o conflittuali* o come *il grado fino al quale un sistema è insensibile agli effetti che non sono considerati al momento della sua progettazione*.

Anche l'espressione di analisi di robustezza o robustness analysis è utilizzata frequentemente con diversi significati nelle analisi di decisioni: ad esempio in Rosenhead (1989) è utilizzato per individuare quell'azione, come prima scelta in una successione di scelte, che è flessibile sufficientemente tale da lasciare molte opzioni relativamente alle scelte da assumere successivamente. In altri studi, si definisce robusta la soluzione che rimane sempre prossima o non contraddice la soluzione iniziale trovata seguendo un metodo riconoscibile; in Mulvey (1995) si propone una differenza fra qualità di una soluzione robusta, applicabile ad una soluzione il cui valore è sempre vicino il valore ottimale per ogni combinazione accettabile di valori, e qualità di un modello robusto, applicabile ad una soluzione che è sempre fattibile o abbastanza fattibile per ogni combinazione di valori; in LaQuere, Sevaux, Trentesaux, Tahom è definita come una «garanzia delle performance» o come la mancanza della necessità di reagire o di cambiare poiché sono già previsti dei «cuscinetti» per assorbire gli eventi imprevisi o indesiderati.

Un sistema o un processo vengono pertanto definiti robusti se conservano un comportamento coerente al manifestarsi di eventi che in precedenza si erano ritenuti estranei alla questione e che hanno origine da un comportamento aberrante dell'ambiente, in termini di materiali, operatori o utilizzatori, o di carenze non previste dello stesso, secondo quanto afferma Silvie Vignes.

In questo modo il concetto di robustezza si integra, pur rimanendone distinto, con quello di flessibilità, che indica invece la capacità di reagire con prontezza ai cambiamenti del sistema.

In altri termini «la robustezza è la misura della persistenza della configurazione dei sistemi nei quali le perturbazioni non sono considerate fluttuazioni dovute ad input esterni o alla variazione di parametri interni, ma che invece rappresentano cambiamenti nella composizione dei sistemi o nella loro tipologia, o in assunti ancor più importanti che riguardano l'ambiente nel quale il sistema opera» (Jan, 2003).

L'analisi della robustezza è dunque un ambito di studio che vuole fornire un approccio alla strutturazione di situazioni problematiche nelle quali l'incertezza è alta e dove le decisioni possono, o devono, essere prese in maniera sequenziale, non possono essere cioè determinate con alto livello di dettaglio già nella fase di pianificazione.

L'obiettivo specifico dell'analisi della robustezza è quello di comprendere in che modo può essere sfruttata al meglio la differenza che così si crea fra piano e decisioni, per mantenere una condizione di elevata flessibilità.

La robustezza di ogni decisione iniziale si può misurare in base al numero di opzioni che si ritengono accettabili, fra quelle che sono state lasciate aperte, in un ambito temporale di riferimento che si reputa compatibile con lo svolgersi delle azioni previste.

La robustezza è quindi il nodo centrale, ma anche il punto critico, di tutti i sistemi complessi che siano soggetti a perturbazioni esterne, fluttuazioni e disturbi; essa è strettamente legata alla definizione ed ottimizzazione della tolleranza che si ritiene accettabile: ciò significa che deve essere prevista l'entità dello scostamento che si può verificare durante l'esecuzione, rispetto a quanto previsto, senza che scattino meccanismi di reazione o correzione.

È fondamentale per il progredire del dibattito sull'argomento comprendere qual è il ruolo dell'analisi della robustezza nella creazione delle strutture organizzative; Carlson e Doyle sostengono che gran parte della complessità degli attuali e sofisticati sistemi di ingegneria non deriva da specifiche tecniche dovute alla funzionalità, ma ad esigenze di robustezza. Analizzando però le interazioni fra la struttura organizzativa e la robustezza si evince che essa non è linearmente legata alla gerarchia del sistema: la robustezza di un livello organizzativo non implica la robustezza di quello inferiore o superiore, sfuggendo così alle regole di controllo diretto e gerarchico che appaiono scontate nei sistemi organizzati, ma riconducendosi invece ai sistemi naturali, o ecosistemi, in cui la robustezza di una specie non assicura la robustezza di un sistema, né viceversa.

Come migliorare la robustezza di un piano

L'obiettivo del miglioramento della robustezza di un piano deve superare molti ostacoli nel settore delle costruzioni:

- l'orientamento del management è verso la correzione degli errori e non nella individuazione di cambiamenti organizzativi in grado di migliorare i processi;
- la pianificazione non è concepita come un sistema ma come strumento e competenze specifiche di soggetti dedicati;
- la pianificazione è intesa come programma temporale e non come piano delle risorse;
- le prestazioni di un piano non sono misurate;
- i fallimenti di un piano non sono analizzati per identificare ed agire sulle cause.

Per contribuire ad irrobustire il processo di pianificazione è necessario migliorare la capacità di osservare le costruzioni reali, di capirne il funzionamento a partire dagli errori, dalle patologie e dai guasti, e quindi di sperimentare progetti e modi di costruire più efficaci grazie all'individuazione anticipata e dalla prevenzione dei rischi di insuccesso.

La riuscita di un piano di qualunque scala dipende sempre più, dalla conoscenza, dalla comprensione, dalla capacità di individuarne, interpretarne, comunicarne e controllarne i rischi, dalla capacità di rispondere alle domande che si pongono in una analisi di rischi quali:

- come capire quali possono essere i rischi di un piano;
- come valutare le possibilità di un errore o di non soddisfacimento di una specifica, con quale probabilità possono verificarsi, quanto gravi possono essere le conseguenze o con quanta facilità posso individuarli prima che si abbiano conseguenze;
- come comunicare le valutazioni sui rischi internamente ed esternamente al progetto in funzione delle decisioni che ne possono scaturire;
- come agire sui rischi identificati e valutati per ridurli fino ad un livello accettabile.

L'aspetto previsionale della pianificazione di un processo di costruzioni porta a lavorare e prendere decisioni con un orizzonte temporale di riferimento lontano, e quindi, in un contesto ad elevato livello di incertezza; le uniche decisioni che possono essere prese in una condizione di buona conoscenza dei dettagli sono quelle che riguardano le fasi più ravvicinate del processo.

Secondo il modo consueto di pianificare si assicurano quindi robustezza e coerenza delle decisioni partendo dalla conoscenza esaustiva dei dati del problema; prendendo però in considerazione la naturale incertezza insita in questa fase l'atteggiamento non può far altro che modificarsi.

La pianificazione naturalmente pone molti problemi, quali:

- la formalizzazione dei ragionamenti svolti sull'azione da intraprendere, i tempi, gli obiettivi, gli eventuali cambiamenti;
- la robustezza del sistema nel caso in cui si verifichino problemi non conosciuti o solo parzialmente determinati;
- il controllo dell'esecuzione e della reattività rispetto ad evoluzioni imprevedute dell'ambiente.

Per rispondere in modo sistematico è forse necessario cambiare alcuni atteggiamenti di fondo nel rapporto fra conoscenze e piano e fra insuccesso e piano (gli errori o i malfunzionamenti avvengono, qualcuno ne è responsabile ed un'azione deve essere intrapresa per correggerne le conseguenze ed ancor di più per modificare le cause che lo hanno generato)

L'obiettivo può essere dunque proporre un insieme di concetti, metodi, strumenti ed esemplificazioni sul tema del rischio nei progetti di costruzioni che potranno contribuire a migliorare l'azione progettuale riducendo il più possibile i difetti, gli sprechi di risorse, i costi del processo edilizio se aiuteranno i progettisti a:

- individuare più facilmente e anticipatamente i rischi potenziali di un progetto, stimarne l'entità e valutarne le conseguenze sul progetto;
- sviluppare le azioni di prevenzione, correzione e controllo per ridurre la possibilità di errore o di ridurne le conseguenze;

- migliorare la capacità di produzione di conoscenze e di apprendimento individuale e collettivo in situazioni di incertezza.

Un piano robusto richiede strumenti (di organizzazione e gestione del progetto)

- piani di diagnosi e prevenzione del rischio (in fase di diagnosi e di intervento);
- analisi di scenario e pianificazione continua orientata agli scenari;
- strumenti di gestione budget e programmi temporali informati da valutazione e stima dei rischi e che li rappresentano.

L'approccio «Last Planner» per la robustezza dei piani di costruzione

L'approccio «Last Planner» è l'unico approccio esplicitamente orientato alla affidabilità del piano di costruzione sviluppato e sperimentato ampiamente in particolare in Gran Bretagna, Danimarca e Stati Uniti: si basa sul principio per cui una delle azioni più efficaci che si possono intraprendere per migliorare la produttività è quella di ottimizzare la pianificazione.

Il miglioramento della pianificazione nell'industria delle costruzioni viene però ostacolato da diversi fattori dovuti a radicate consuetudini, ad esempio:

- l'attenzione del management è solitamente concentrata sul controllo, e quindi sulla prevenzione degli errori, e trascura il cosiddetto *breakthrough*, ovvero la ricerca di azioni o reazioni che innescano cambiamenti positivi;
- la pianificazione è vista come momento creativo affidato alle capacità ed al talento individuale del singolo operatore e non come sistema organico di procedure, valutazioni e scelte;
- la pianificazione viene concepita come compilazione «dall'alto» di una lista preordinata di documenti richiesti dalla normativa e non come programmazione motivata e condotta con la collaborazione di tutti gli operatori;
- manca la previsione e la messa a punto di uno strumento che, ad operazione eseguita, misuri la performance ed il grado di affidabilità del piano;
- mancano in genere le analisi dei precedenti fallimenti della pianificazione con la conseguente difficoltà nell'identificarne le cause e nello studiare i sistemi più appropriati per fornire una corretta soluzione.

Nel 1964 Joseph Juran ha affermato che «Il management ha solo due obiettivi: prevenire i cambiamenti negativi e causare quelli positivi... sono due processi completamente diversi che richiedono differenti tipi di informazione», da questa breve asserzione si comprende l'importanza del *breakthrough* che però, a distanza di quasi quaranta anni, non ha ancora assunto un ruolo indipendente e codificato all'interno del processo gestionale.

Il metodo Last Planner nasce dall'aver osservato che nelle costruzioni, più che in altri settori, la pianificazione viene svolta da persone diverse, in differenti luoghi e tempi; il livello alto della pianificazione tende a concentrarsi su obiettivi globali e sui vincoli che governano l'intero progetto, a livello più basso c'è invece qualcuno che decide qual è il lavoro specifico che sarà svolto il giorno seguente ed assegna i compiti. La base teorica di questo sistema sta nell'ottimizzazione del processo decisionale ottenuto tramite la formazione e la motivazione del gruppo responsabile della assegnazione dei compiti che viene per l'appunto definita il «Last Planner».

L'assegnazione dei compiti è una fase complessa che richiede una adeguata preparazione, il termine stesso genera tensioni nella comunicazione fra il «Last Planner» e la sua squadra ma, in caso di una corretta e proficua applicazione del sistema, i prodotti della pianificazione, finalmente svolta a livello di squadra, diventano un impegno preciso per il resto dell'organizzazione, aumentandone l'efficacia nella successiva fase realizzativa.

Ciò che *sarà* fatto deve essere quindi il risultato di un processo di programmazione che riesce a coniugare al meglio ciò che *dovrebbe essere* fatto con ciò che realmente *può* essere fatto.

Vediamo quali sono i passi fondamentali del metodo Last Planner:

- identificare la dimensione e la complessità del progetto verificando il grado di accuratezza necessaria alla gestione dell'intero processo;

- chiarire con il committente i risultati attesi ed i requisiti dell'oggetto che verrà eseguito, continuando questa operazione anche in corso d'opera quando si verificano eventuali scostamenti dal risultato atteso;
- costituire correttamente il gruppo di lavoro in modo che sia composto da persone formate e motivate per *quel* progetto;
- evitare qualsiasi forma di *multitasking* (più compiti fra loro inconciliabili, per uno stesso operatore) in quanto esso costituisce una delle maggiori fonti di inaffidabilità causate durante la pianificazione del processo;
- evitare continui cambi nella composizione del gruppo di lavoro poiché non consentono la formazione di un robusto *working system*;
- costruire e rafforzare il proprio team *in itinere*, sapendo condividere i momenti di valutazione con tutti i suoi componenti;
- individuare e definire i compiti della figura dei «responsabili di processo» / Responsible Individuals (RIs);
- applicare correttamente il *milestone plan* (programma di verifica dei risultati conseguiti) ed il *pull scheduling* (processo a ritroso) per gestire le interfacce, i tempi, le sequenze e le tolleranze secondo un corretto principio di precauzione ed innescando la possibilità di gestire o addirittura trarre vantaggio dagli eventuali scostamenti rilevati;
- utilizzare il *look-ahead plan* (LAP) per una preparazione del lavoro che, passando attraverso la conoscenza e la corretta individuazione dei vincoli (direttive, prerequisiti, risorse), risulti affidabile;
- prevedere il *weekly work-plan* (WWP) come strumento di base per coordinare e mantenere il controllo del proprio progetto secondo i principi della pianificazione concertata, della coerenza procedurale e dell'affidabilità realizzativa;
- verificare l'affidabilità del WWP assegnando un valore si/no ad ogni compito che doveva essere completato e registrando le ragioni della eventuale non conformità, riadattando di conseguenza ed in continuo lo schema organizzativo (LAP) e le *milestones*;
- misurare l'affidabilità del piano con lo strumento della «percentuale di lavoro completato» (PCC) dove per completato si intende solo un lavoro definitivamente concluso secondo le indicazioni fornite dal WWP;
- misurare le caratteristiche e la qualità della pianificazione attraverso quattro criteri:
 - quanto e quale lavoro il team riesce ad anticipare: *controllo degli anticipi*;
 - quanti e quali lavori inattesi si sono dovuti realizzare: *controllo degli imprevisti*;
 - quanti e quali lavori possono essere eseguiti rispetto a quelli che avrebbero potuto essere fatti: *controllo fra pianificazioni*;
 - quanti e quali lavori sono stati fatti rispetto a quelli che potevano essere fatti: *controllo dello scarto fra previsto e realizzato*.

La chiave per misurare le performance di un sistema di pianificazione è la qualità dei suoi output, che rispecchiano la qualità del lavoro di programmazione svolto dal «Last Planner» e quindi la qualità del WWP, le cui caratteristiche critiche sono:

- l'individuazione della corretta sequenza delle lavorazioni, illustrata attraverso liste e strategie di esecuzione;
- l'individuazione della corretta mole di lavoro in base alla possibilità della squadra di lavorare senza revisioni di budget, dopo avere esaminato nel dettaglio il lavoro che deve essere fatto;
- l'individuazione di lavori «realistici», nel senso che tutti i lavori precedenti, e prerequisito per quello in programma, sono stati finiti, e tutte le risorse necessarie sono disponibili.

Questa valutazione, insieme al PCC, offre delle informazioni sullo scarto tra previsto e realizzato che può rimanere un mero indice quantitativo, oppure divenire la base per più interessanti riflessioni sulle cause di tale scarto, che sono generalmente riconducibili a:

- informazioni incomplete fornite dal «Last Planner»;
- eccesso di lavoro programmato dal «Last Planner»;

- mancato coordinamento delle risorse condivise;
- cambio delle priorità o assegnazione temporanea di lavoratori ad altre unità;
- errore di progettazione o di acquisto.

È evidente a questo punto come l'analisi del motivo per cui i lavori programmati non sono stati eseguiti possa concentrare l'attenzione su uno o più dei moltissimi processi legati alla realizzazione del progetto, che essi siano interni o esterni all'impresa; il loro controllo, quando possibile, riducendo i motivi di fallimento, permette un aumento del PPC, assicurando così un miglioramento della produttività, della qualità, della puntualità, della sicurezza e di altri aspetti dell'esecuzione del progetto, in una parola, dell'affidabilità del procedimento.

5. Riferimenti bibliografici

- Abdul-Rahman H., *Some observations on the management of quality among construction professionals in the UK*, «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 6, Novembre 1996.
- Abdul-Rahman H., *The cost of non-conformance during a highway project: a case study*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 1, Gennaio 1995.
- Ahmad I., Sein M.K., *Construction project teams for TQM: a factor element impact model*, in «Construction Management and Economics», vol. 15, n. 5, Settembre 1997.
- Al-Hajj A., Horner M.W., *Modelling the running costs of building*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 4, Luglio 1998.
- Alkass S. et al., *Construction delay analysis techniques*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 5, Settembre 1996.
- Atkinson A., *Human error in the management of building*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 3, Maggio 1998.
- Barrie D.S., Paulson B.C., *Professional construction management*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.
- Bennet J., Grice A., *Procurement systems for Building. Quantity Surveying Techniques*, in Brandon P. (ed.), *New Directions*, BSP Professional Books, Oxford, 1990.
- Bobroff J., *la gestion de projet dans la construction*, Presses de l'ENPC, Paris, 1993.
- Bonazzi G., *Storia del pensiero organizzativo*, Franco Angeli, Milano, 1998.
- Bordoli D.W., Baldwin A.N., *A methodology for assessing construction project delays*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 3, Maggio 1998.
- Carlson J.M., Doyle J., *Highly Optimized Tolerance: Robustness and Design in Complex Systems*, The American Physical Society, 2000.
- Chan A.P.C., Yeong C.M., *A comparison of strategies for reducing variations*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 6, Novembre 1995.
- Commission of the European Communities, *Communication from the Commission on the precautionary principle*, Brussels, 2.2.2000.
- Courtot H., *La Gestion des Risques dans les Projets*, IAE de Paris, Ed. Economica, Paris, 1998.
- Creech B., *The five pillars of TQM: how to make total quality management work for you*, Truman Talley Books/Dutton, New York, 1994.
- Dawood N., *Estimating project and activity duration: a risk management approach using network analysis*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 1, Gennaio 1998.
- DETR Department of the Environment, *Transport and the Regions, Rethinking construction*, London, 1998 (chapter 3, Improving the Project Process).
- ECOSIP. *Economie des Systemes Integres de Production - Pilotages de project et entreprises: diversites et convergences*, ECOSIP; sous la direction de Vincent Giard et Christophe Midler, Paris, c1993.

- Ellis R.D., Herbsman Z., *The Cost/Time Bidding Concept: An Innovative Approach*, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1991.
- El Rayes K., Moselhi O., *Resource-driven scheduling of repetitive activities*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 4, Luglio 1998.
- Gardiner P.D., Simmons J.E.L., *Case exploration in construction conflict management*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 3, Maggio 1995.
- Giard V. *Gestion de projets*, Economica, Paris, 1991.
- Gidado K.J., *Project complexity: the focal point of construction production planning*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 3, Maggio 1996.
- Handa V., Adas A., *Predicting the level of organizational effectiveness: a methodology for the construction firm*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 4, Luglio 1996.
- Hughes T., Williams T., *Quality assurance: a framework to build on*, Oxford BSP, 1991.
- Juran J.M., *Managerial Breakthrough*, Mc Graw-Hill, New York, 1964.
- Kaka A.P., *Towards more flexible and accurate cash flow forecasting*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 1, Gennaio 1996.
- Kometa S.T. et al., *Quantifying client generated risk by project consultants*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 2, Marzo 1995.
- Kometa S.T. et al., *Validation of the model for evaluating client-generated risk by project consultants*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 2, Marzo 1996.
- Kumaraswami M.M., Chan D.W.M., *A study of the factors affecting construction's durations in Honk-Kong*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 4, Luglio 1995.
- Kumaraswami M.M., Chan D.W.M., *Contributors to construction delays*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 1, Gennaio 1998.
- Kumaraswami M.M., Chan D.W.M., *Determinants of construction duration*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 3, Maggio 1995.
- Lansley P.R., Harlow P.A. (eds.), *Systems for managing construction*, London Spon, New York, 1987.
- Lemoine M., Vignes S., *Integrating semi formal and formal specifications: a methodology overcoming the (not so) traditional specification phase*, in *Proceedings of the RCS'02-workshop on Refinement of Critical Systems*, Grenoble (France), Janvier 2002.
- Li H., Love P.E.D., *Developing a theory of construction problem solving*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 6, Novembre 1998.
- Liu A.M.M., Walker A., *Evaluation of project outcomes*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 2, Marzo 1998.
- Loosemore M., *Reactive management: communication and behaviour issues in dealing with the occurrence of client risks*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 1, Gennaio 1995.
- Loosemore M., *The influence of communication structure upon crisis management efficiency*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 6, Novembre 1998.
- Low S.P., Tan W., *Public policies for managing construction quality: the grand strategy of Singapore*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 4, Luglio 1996.
- Mak S.W., *Risk analysis in a construction: a paradigm shift from a hard to a soft approach*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 5, Settembre 1995.
- Masera M., *La pianificazione nel progetto di costruzioni*, Edizioni ETS, Pisa, 2003.
- Mc Cabe S. et al., *Quality managers, authority and leadership*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 4, Luglio 1998.
- Mecca S., *Comprendere il cantiere: verso nuovi paradigmi per l'organizzazione del cantiere edile*, Edizioni ETS, Pisa, 2002.

- Mecca S., Masera M., *Il rischio nel progetto di costruzioni*, Edizioni ETS, Pisa, 2002.
- Mecca S., Naticchia B., *Costruire per sequenze*, Alinea, Firenze, 1996.
- Midler C., *L'auto qui n'existait pas: management des projets et transformation de l'entreprise*, preface de Raymond H. Levy, Paris, 1993.
- Mok C.K., Rao Tummala V.M., Leung H.M., *Practices, barriers and benefit of risk management process in building services cost estimation*, in «Construction Management and Economics», vol. 15, n. 2, Marzo 1997.
- Morris P.W.G., Hough G., *The anatomy of major projects: a study of the reality of project management*, Wiley, Chichester, 1987.
- Mulvey J.M., Vanderbei R.J., Zenios S.A., *Robust optimization of large-scale systems*, in «Operations Research», 43, 1995, pp. 264-281.
- Mustapha F. et al., *A model for assessing the effectiveness of public housing*, in Sana'a (Yemen), «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 6, Novembre 1995.
- Nkado R.N., *Construction time influencing factors: the contractor's perspective*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 1, Gennaio 1995.
- Pietroforte R., *Communication and governance in the building process*, in «Construction Management and Economics», vol. 15, n. 1, Gennaio 1997.
- Rettig M., Simons G., *A project planning and development process for small teams*, Communications Of The Acm, vol. 36, n. 10, October 1993.
- Rosenhead J. *Robustness analysis: keeping your options open*, in Rosenhead J. (ed), *Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*, Wiley, Chichester, 1989.
- Royal Society, *Risk: analysis perception and management*, Royal Society, London, 1992.
- Rwelamila P.D., Hall K.A., *Total systems intervention: an integrated approach to time, cost and quality management*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 3, Maggio 1995.
- Scott S., *Checking the project plan*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 2, Marzo 1995.
- Shammas-Toma M. et al., *The effectiveness of formal quality management systems in achieving the required cover in reinforced concrete*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 4, Luglio 1996.
- Shirazi et al., *Organizational structures in the construction industry*, in «Construction Management and Economics», vol. 14, n. 3, Maggio 1996.
- Thompson J.P., *L'azione organizzativa*, ISEDU, Torino, 1994.
- Torricelli C., Mecca S., *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Alinea, Firenze, 1995.
- Vincke Ph., *Robust solutions and methods in decision aid*, in «Journal of Multi-Criteria Decision Analysis», 8, 1999, pp. 181-187.
- Walker D.H.T., *An investigation into construction time performance*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 3, Maggio 1995.
- Winch G., Usmani A., Edkins A., *Toward total project quality: a gap analysis approach*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 2, Marzo 1998.
- Winch G., Campagnac E., *The organization of building projects: an Anglo/French comparison*, in «Construction Management and Economics», vol. 13, n. 1, Gennaio 1995.
- Yogeswaran K., Kumaraswami M.M., Miller D.R.A., *Claims for extensions of time in civil engineering*, in «Construction Management and Economics», vol. 16, n. 3, Maggio 1998.