

# L'Analisi del Valore nella scelta del tipo di fondazione per un edificio adibito a residenza assistenziale per anziani

## 1. Introduzione: il Metodo

L'Analisi del Valore è uno strumento metodologico operativo che consente di raggiungere elevati obiettivi di qualità.

Gli Analisti del Valore attribuiscono alla soluzione esaminata un **indice di valore** e potranno suggerire eventuali soluzioni alternative, indicandone i rispettivi indici, al fine di poter prospettare al Committente/Utilizzatore la soluzione che comporta, a parità di risposta funzionale (meglio se con una migliore risposta funzionale) il più basso costo globale possibile, compatibilmente con i richiesti livelli prestazionali<sup>1</sup>.

L'apporto di esperti non appartenenti al gruppo progettuale risulta determinante per la verifica della completezza e della qualità del progetto, dal momento che tutti i progetti possono essere migliorati e resi più rispondenti alle esigenze in rapporto ai costi globali.

Le fasi di applicazione del criterio metodologico dell'AV sono:

### 1. FASE INFORMATIVA: (analisi preliminari e lista delle idee per ottenere un abbassamento dei costi)

- Lista delle idee
- Scelta degli ambiti ad elevato potenziale di risparmio
- Elencazione e classificazione delle funzioni (principali e secondarie)

### 2. FASE CREATIVA: (brain storming)

- Soluzioni alternative che esplicano le stesse funzioni e DETERMINAZIONE DEL VALORE

### 3. FASE ANALITICO- SELETTIVA

- Scelta delle soluzioni da sviluppare (in termini di vantaggi, svantaggi, affidabilità..)

### 4. FASE DI SVILUPPO E PRESENTAZIONE

- Sviluppo e presentazione delle soluzioni prescelte

Per ogni funzione viene determinato l'indice di valore  $V$  (value), che per definizione, è il rapporto fra l'utilità  $W$  (worth) - minimo prezzo stimato che si è disposti a pagare per ottenere la funzione in esame, in un dato luogo ed in determinate condizioni ambientali - ed il costo  $C$  (cost) del componente che esplica quella funzione:

$$V = W / C$$

La soluzione proposta è pertanto valida quando risulti  $V > 1$ .

L'indice di valore aumenta:

- migliorando l'utilità a parità di costo
- mantenendo l'utilità ad un costo più basso
- intervenendo sull'utilità e sul costo

<sup>1</sup> Per maggiori informazioni sull'argomento si rimanda alle opere e gli scritti del Prof. Pier Luigi Maffei, autore di innumerevoli pubblicazioni in materia di Analisi del Valore, ispiratrici del presente lavoro

Gli indici di valore delle funzioni così stimati vengono a costituire dei veri e propri indicatori funzionali ed in ogni caso sarà già significativo riscontrare che alla soluzione alternativa prospettata corrisponda un valore maggiore di uno.

Quando un oggetto ha una sola funzione, la misura dell'utilità della stessa viene a coincidere con l'utilità del prodotto, mentre allorché esso svolge più di una funzione, detta misura viene ripartita per le varie funzioni.

*L'Analisi del Valore offre in definitiva l'occasione di ricondurre l'indeterminata definizione di qualità a quella concreta di valore.*

## 2. Descrizione del caso di studio

Il caso di studio si prefigge di utilizzare l'Analisi del Valore applicandola ad un sistema edilizio, più precisamente alla scelta del tipo di fondazione per un fabbricato destinato a residenza assistenziale per anziani.

Tale analisi è stata condotta durante le esercitazioni del corso di *“Organizzazione del Cantiere”* tenuto dall'Ing. Alessandro Frolla, presso la Facoltà di Ingegneria Edile dell'Università di Pisa, nell'anno accademico 2005-2006.

La soluzione prospettata originariamente consisteva in fondazioni a T rovescia, di uguale sezione nelle due direzioni ortogonali (il dimensionamento è stato effettuato allo scopo di rispettare i limiti di tensione sul terreno come da perizia geologica), con i seguenti parametri dimensionali:

- Larghezza base: 0,85 m
- Larghezza costola: 0,35 m
- Spessore ala: 0,25 m
- Altezza totale: 1,20 m

Materiali utilizzati:

- CALCESTRUZZO Rck 300 aereato  
Rapporto acqua/cemento massimo: 0,59  
Aria inglobata minima: 4-6%  
Impermeabilità secondo norma ISO 7031  
Requisiti di getto: consistenza semifluida diametro max inerte mm20  
Resistenza di calcolo a compressione  $\sigma_c = 97,5 \text{ Kg/cm}^2$   
Tensione tangenziale di soglia  $\tau_{c_0} = 6,00 \text{ Kg/cm}^2$   
Tensione tangenziale massima  $\tau_{c_1} = 18,28 \text{ Kg/cm}^2$
- ACCIAIO in barre del tipo ad aderenza migliorata FeB 44K  
Tensione massima di calcolo  $\sigma_{amm} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$   
Copriferro strutturale minimo: 2cm

La soluzione è stata sottoposta a verifiche funzionali in rapporto ai tempi di realizzazione, al materiale utilizzato, ai costi globali e al sostentamento dell'edificio stesso.

### 3. La fase informativa

Ricorrendo all'Analisi del Valore si definiscono le funzioni ed in particolare si evidenziano le seguenti funzioni primarie delle fondazioni:

- trasferire i carichi delle strutture verticali (pilastri, pareti) al terreno di fondazione
- rendere compatibili le sollecitazioni impresse alla caratteristiche di resistenza al suolo, sia nei confronti della portanza, che della deformazione istantanea e differita in base alla normativa vigente

#### Considerazioni generali

Per fare sì che si verifichi quanto sopra descritto sono state individuate tre tipologie di soluzioni da analizzare, rispetto agli ambiti funzionali precedentemente individuati e meglio evidenziati nella fase analitico selettiva:

- a. *fondazioni con plinti isolati*
- b. *fondazioni a trave rovescia*
- c. *fondazioni a platea*

### 4. La fase creativa

#### *Soluzione 1: fondazioni con plinti isolati*

I plinti sono elementi strutturali di forma quadrata o rettangolare disposti al piede del pilastro, in modo tale da diffondere il carico sul terreno di fondazione; la loro altezza è determinata principalmente dall'entità del carico.

Le fondazioni a plinti isolati si adottano quando il terreno di fondazione presenta buone caratteristiche di potenza e ridotti cedimenti differenziali ed i carichi in fondazione non sono tanto elevati da dare luogo a plinti di eccessive dimensioni.

La reale distribuzione delle tensioni indotte dal plinto al suolo di fondazione è assai complessa e dipende dall'entità del carico, dalla rigidezza del plinto e dalle caratteristiche del terreno.

I plinti si suddividono in funzione della loro altezza in:

- Plinti alti: quando l'altezza è maggiore dell'aggetto rispetto al pilastro;
- Plinti bassi: quando l'altezza è inferiore all'aggetto.

#### *Soluzione 2: fondazioni a trave rovescia*

In genere s'utilizzano quando sono progettati allineamenti strutturali con pilastri ubicati a interassi non superiori a 6,00-7,00 ml ed il terreno di fondazione presenta caratteristiche geotecniche soddisfacenti: trovano valida applicazione quando tale terreno non presenta elevate capacità portanti e si necessita di elementi molto rigidi capaci di caricare in modo pressoché uniforme lunghe parti di suolo.

La rigidezza delle travi di fondazione dipende dal rapporto tra l'altezza della trave e la sua luce, ovvero l'interasse pilastri.

Per rapporti  $h/L > 1/6$  le travi di fondazione possono essere considerate infinitamente rigide.

#### *Soluzione 3: fondazioni a platea*

Le platee sono costituite da un'unica soletta, generalmente di spessore costante a meno che non siano presenti forti disomogeneità di carico, posta come fondazioni di tutto il sistema strutturale.

Vengono realizzate quando il terreno non presenta buone caratteristiche di portanza, con elevata deformabilità, cosicché è necessario minimizzare il carico della pressione indotta sul suolo di fondazione.

In passato venivano realizzate con nervature di irrigidimento “*estradosse*” fra i pilastri ma l'elevata incidenza di mano d'opera ha portato a realizzare eventuali irrigidimenti all'intradosso della soletta con semplici operazioni di sbancamento a sezione obbligata.

## 5. La fase analitico-selettiva

Per questo caso di studio, sono state prese in considerazione le seguenti funzioni principali, analizzate con raffronti a copie per le diverse tipologie di fondazione esaminate:

- TEMPI DI REALIZZAZIONE
- MATERIALE
- COSTI GLOBALI
- SOSTENTAMENTO EDIFICIO

I pesi sono indicati con raffronti a coppie, attribuendo i seguenti valori:

- 2 se l'importanza di A è molto minore dell'importanza di B;
- 1 se l'importanza di A è minore dell'importanza di B;
- 0 se l'importanza di A è uguale all'importanza di B;
- 1 se l'importanza di A è maggiore dell'importanza di B;
- 2 se l'importanza di A è molto maggiore dell'importanza di B.

(Indicando con A e con B due soluzioni raffrontabili tra loro)

Dopo aver attribuito il valore dei pesi ed ordinati gli stessi in una matrice ponderale, s'effettua la somma dei punteggi che ogni soluzione ha ottenuto riportando tutti i dati così ottenuti in valori espressi in percentuale.

Il totale dei pesi per ogni soluzione si ottiene sommando tutti i punteggi positivi della riga con il valore assoluto di tutti i punteggi negativi della colonna (relativi alla funzione stessa).

Date le seguenti definizioni:

- C<sub>t</sub> = coefficiente di valore rispetto al tempo di realizzazione;  
C<sub>m</sub> = coefficiente di valore rispetto al materiale utilizzato;  
C<sub>c</sub> = coefficiente di valore rispetto al costo generale;  
C<sub>s</sub> = coefficiente di valore rispetto al sostentamento della fondazione;  
I<sub>t</sub> = indice di valore rispetto al tempo di realizzazione;  
I<sub>m</sub> = indice di valore rispetto al materiale utilizzato;  
I<sub>c</sub> = indice di valore rispetto al costo generale;  
I<sub>s</sub> = indice di valore rispetto al sostentamento della fondazione.

Avremmo le seguenti matrici ponderate:

**TEMPI DI  
REALIZZAZIONE**

	A	B	C	peso totale	peso %	It
<b>Plinti A</b>		-1	-2	0	0	0
<b>Travi rovesce B</b>			-1	1	25	0,25
<b>Platea C</b>				3	75	0,75
<b>TOTALE</b>				<b>4</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>

**MATERIALE**

	A	B	C	peso totale	peso %	Im
<b>Plinti A</b>		1	-2	1	25	0,25
<b>Travi rovesce B</b>			-1	0	0	0
<b>Platea C</b>				3	75	0,75
<b>TOTALE</b>				<b>4</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>

**COSTO GENERALE**

	A	B	C	peso totale	peso %	Ic
<b>Plinti A</b>		0	-2	0	0	0
<b>Travi rovesce B</b>			1	1	20	0,2
<b>Platea C</b>				4	80	0,8
<b>TOTALE</b>				<b>5</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>

**SOSTENTAMENTO**

	A	B	C	peso totale	peso %	Ic
<b>Plinti A</b>		-1	-2	0	0	0
<b>Travi rovesce B</b>			0	1	33,33	0,33
<b>Platea C</b>				2	66,67	0,67
<b>TOTALE</b>				<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>

Dalle matrici di confronto sono state ricavate le tabelle con i valori (*coefficients*) e con gli indici di ogni singola funzione (o di ogni insieme di funzioni), ricavando l'**Indice di Valore** nell'accezione di Miles che interpretò il valore come il rapporto tra l'utilità della funzione considerata **W** (minimo prezzo stimato che si è disposti a pagare per ottenere la funzione in esame, in un dato luogo ed in condizioni ambientali) ed il costo globale **C** del componente che la esplica.

Da ciò, per passare all'indice di valore **Iv**, ovverosia ad un parametro di riferimento compreso tra 0 e 1, i coefficienti sono stati divisi per il valore relativo alla funzione di maggiore incidenza sul componente (**Vmax**), facendo, in tal modo, una comparazione all'unità di valore.

Ciò favorisce il lavoro di confronto fra soluzioni diverse a parità di funzione o di insieme di funzioni.

Nella scelta del tipo di fondazione da realizzarsi, l'utilità della funzione considerata **W** è il sostentamento, moltiplicato per un coefficiente unitario **C1**, che metteremo al nominatore (deve essere il maggiore possibile: è il parametro che vogliamo ottimizzare); il costo globale **C** del componente sarà costituito dal costo del materiale, dal costo di fattibilità cantieristica e dal tempo di realizzazione.

Tutti e tre questi ultimi parametri andranno al denominatore, perché devono essere minimizzati e saranno moltiplicati rispettivamente per i coefficienti **C2**, **C3** e **C4**.

Riassumendo in formule, dall'espressione del valore:

$$V = W / C$$

Ricaviamo:

$$V = C_1 \text{ sostentamento} / (C_2 \text{ materiale} + C_3 \text{ costo} + C_4 \text{ tempo})$$

Dove si ipotizzano i seguenti coefficienti:

$$\begin{aligned} C_1 &= 1 \\ C_2 + C_3 + C_4 &= 1 \end{aligned}$$

L'indice di valore sarà:

$$Iv = V / V_{max}$$

Le classi di esigenze (tempo, materiale, costi globali e sostentamento) non sono omogenee tra loro: per studiare il problema nella sua interezza e volendo fare un'equiparazione – sicuramente meno significativa rispetto all'analisi dei singoli indice di valore, però globale – si possono “*monetizzare*” i parametri per ottenere una scala di grandezze omogenee.

E' a questo punto dell'AV che si introduce il concetto dell'indice di valore globale – somma degli indici delle singole matrici di confronto: su una scala di priorità si fa una comparazione integrata, traducendo il tutto in costi e sommando: la soluzione da adottare sarà quella che darà il maggior valore, inteso come la somma degli indici di valore delle funzioni.

	C tempo	C materiale	C costo	C sostentamento	$V = Cs*Is / (Ct*It+Cm*Im+Cc*Ic)$	Iv rapportato all'unità
<b>A plinti</b>	0,35	0,25	0,4	<b>1</b>	0	<b>0,00</b>
<b>B travi</b>	0,3	0,3	0,4	<b>1</b>	2,15	<b>1,00</b>
<b>C platea</b>	0,25	0,35	0,4	<b>1</b>	0,87	<b>0,40</b>

Ossia:

Valore della soluzione A (plinti) =	<b>0,00</b>
Valore della soluzione B (travi rovesce) =	<b>1,00</b>
Valore della soluzione A (platea) =	<b>0,40</b>

## 6. Conclusioni

Dall'analisi effettuata risulta che la soluzione ottimale è la seconda, ovvero la tipologia delle fondazioni a trave rovescia, soluzione concorde con la scelta effettuata preliminarmente dal progettista e confermata in questa esercitazione.

## **AUTORI:**

### **Dott. Ing. Alessandro Frolla**

Docente a contratto di “Organizzazione del Cantiere” - Facoltà di Ingegneria dell’Università di Pisa  
Consigliere Nazionale Aiav

### **Ing. Ornella Iualè**

Ing. Triennale e studentessa del corso di “Organizzazione del Cantiere” - Facoltà di Ingegneria dell’Università di Pisa (a.a. 2005 – 2006)

## **BIBLIOGRAFIA**

- Maffei P.L. e altri, 1996, *Qualità Totale e Analisi del Valore nel Processo Edilizio*, ETS, Pisa
- Maffei P.L., 1999, *L'Analisi del Valore per la Qualità del Progetto Edilizio*, Il Sole 24 Ore, Milano
- Maffei P.L., 2001, *Il concetto di Valore nell'architettura tecnica*, Il Sole 24 Ore, Milano

## **SITOGRAFIA**

- [www.aiav-valore.it](http://www.aiav-valore.it)
- [www.costruzioni.net](http://www.costruzioni.net)