

POLITECNICO DI MILANO
FACOLTÀ DI INGEGNERIA EDILE / ARCHITETTURA
Corso di Laurea in Ingegneria dei Sistemi Edilizi



ACE - AIDED COST ESTIMATE
Un modello parametrico per la stima del costo di costruzione

Relatore: Prof. Ing. Massimo MINOTTI

Studente:
Gabriele VADACCA
Matricola: 805006

Anno Accademico 2013-2014

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	OGGETTO DEL LAVORO	4
1.2	FINALITA' E DESTINATARIO DELL'OPERA	5
1.3	CONTESTO.....	6
1.3.1	IL MERCATO DELLE COSTRUZIONI	7
1.4	INSERIMENTO DEL MODELLO NEL CONTESTO.....	14
1.5	REQUISITI RICHIESTI AL MODELLO.....	14
2	FONDAMENTI DI ESTIMO.....	17
2.1	PROGRAMMAZIONE E CONTROLLO: QUADRO ECONOMICO E BUDGET	17
2.1.1	LA CLASSIFICAZIONE DEI COSTI IN EDILIZIA	25
2.1.1	DEFINIZIONE DEL BUDGET	36
2.2	CRITERI DI MISURAZIONE	38
3	STIMA DEI COSTI - STRUMENTI IN USO	45
3.1	NECESSITA' DELLA STIMA.....	45
3.2	SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE	51
3.3	APPLICAZIONE ALL'INDUSTRIA EDILE.....	52
3.4	STRUMENTI IN USO.....	54
3.4.1	METODI STOCASTICI-ANALOGIE.....	54
3.4.2	SISTEMI MISTI - ANALOGIE EVOLUTE E CERs	56
3.4.3	SISTEMI DETERMINISTICI - COMPUTI METRICI	57
4	INTRODUZIONE AL METODO.....	58
4.1	SCELTA DEI PARAMETRI INFLUENTI	60
4.1.1	SCAVI E STRUTTURE INTERRATE	66
4.1.2	STRUTTURE FUORI TERRA.....	67

4.1.3 INVOLUCRO	68
4.1.4 PARTIZIONI INTERNE.....	69
4.1.5 FINITURE	69
4.1.6 SISTEMAZIONI ESTERNE.....	70
4.1.7 IMPIANTI.....	71
4.2 CLASSIFICAZIONE E INDICIZZAZIONE DEI PARAMETRI	71
4.2.1 INFORMAZIONI NECESSARIE PER LA DETERMINAZIONE DEGLI INDICI.....	73
4.2.2 CONCEZIONE DI UN EDIFICIO IDEALE ALLA BASE DEL MODELLO	74
4.2.2.1 Caratterizzazione morfologica dell'edificio	74
4.2.2.2 Caratterizzazione tecnologica dell'edificio	77
4.2.3 DETERMINAZIONE DEGLI INDICI	88
4.2.3.1 Indice scavi e strutture interrato (x_1).....	89
4.2.3.2 Indice strutture di elevazione fuori terra (x_2)	90
4.2.3.3 Indice involucro (x_3)	91
4.2.3.4 Indice partizioni interne (x_4)	92
4.2.3.5 Indice finiture (x_5).....	93
4.2.3.6 Indice sistemazioni esterne (x_6).....	95
4.2.3.7 Indice impianti (x_7).....	95
4.2.4 ANALISI DIMENSIONALE DEGLI INDICI	96
4.3 GENERAZIONE DEL MODELLO TRAMITE TEORIA DELLA REG. LIN. MULTIPLA	96
4.3.1 REGRESSIONE LINEARE MULTIPLA – CENNI TEORICI	97
4.3.2 APPLICAZIONE DELLA TEORIA AL MODELLO	97
4.3.3 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI.....	99
4.4 GENERAZIONE DEL MODELLO TRAMITE CONFRONTO CON CASI DI STUDIO	100
4.4.1 DESCRIZIONE DEI CASI DI STUDIO.....	100
4.4.1.1 Caso 1 - Segrate - Residenziale	102
4.4.1.2 Caso 2 - San Donato Milanese - Terziario ad uso uffici.....	106
4.4.1.3 Caso 3 - Pisa - Terziario ad uso commerciale.....	109
4.4.1.4 Caso 4 - Faenza - Terziario ad uso uffici con magazzino	112
4.4.1.5 Caso 5 - Udine - Terziario ad uso uffici	115
4.4.2 PROCESSO DI GENERAZIONE DEL MODELLO	118
4.4.2.1 Generazione dei modelli base	119
4.4.2.2 Generazione dei modelli mediati	132

4.4.3 MODELLO DEFINITIVO – ACE	143
5 VERIFICA DELLA VALIDITA' DEL MODELLO ACE	147
5.1 PRESENTAZIONE NUOVI CASI	148
5.1.1 CASO T1 – TORINO – TERZIARIO AD USO UFFICI	148
5.1.2 CASO T2 – BRESCIA – TERZIARIO AD USO COMMERCIALE	151
5.1.3 CASO T3 – BOLOGNA – TERZIARIO AD USO UFFICI	153
5.1.4 CASO T4 – MILANO – RESIDENZIALE	155
5.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO E ANALISI DEI RISULTATI	157
6 CONFRONTO TRA ACE E ALTRI STRUMENTI IN USO	160
6.1 APPLICATIVO “COST ESTIMATING MODEL FOR BUILDING”	160
6.2 APPLICATIVO CRESME	161
6.2.1 CONFRONTO ACE - CRESME	163
7 SVILUPPI FUTURI E CONCLUSION	168
7.1 RISPOSTA AI REQUISITI	168
7.2 SVILUPPI FUTURI	178
7.3 CONCLUSIONI	178
BIBLIOGRAFIA	180

1. INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO DEL LAVORO

L'oggetto di questo lavoro di tesi è l'individuazione di un metodo di stima ex-ante dei costi di costruzione degli immobili, con l'elaborazione di un conseguente algoritmo di calcolo; la verifica della validità del metodo attraverso il confronto tra il costo previsto e il costo effettivo definito per mezzo degli importi dati dalle offerte vincenti in sede di gara di appalto.

Il modello proposto, appartenente alla famiglia dei CERs (Cost Estimate Relationships), denominato ACE (Aided Cost Estimate), a differenza dei principali modelli in uso indagherà le relazioni esistenti tra le variabili che influiscono sul costo di costruzione, senza eseguire un confronto con modelli teorici di base dipendenti dalla tipologia edilizia.

La pretesa è quella di generare un modello "universalmente valido", senza alcuna limitazione dovuta alla destinazione d'uso o alla tecnologia costruttiva. Si indicherà, quindi, un metodo di lavoro, che potrà essere sviluppato per ogni tipologia edilizia ma che, in questo specifico caso, sarà limitato agli immobili di uso residenziale e terziario per uffici e centri commerciali.

1.2 FINALITA' E DESTINATARIO DELL'OPERA

La necessità di calcolare, seppure in maniera approssimativa, un costo di realizzazione nasce da svariati motivi. Innanzitutto, è evidente che il committente dell'opera sia intenzionato ad avere sin dalle prime fasi di progettazione il controllo degli aspetti finanziari che potranno derivare dalla messa in opera. La stima dei costi, infatti, permette al committente di scegliere già in fase preventiva un progetto piuttosto che un altro, oppure di scartare eventuali scelte progettuali troppo onerose prive di un'adeguata copertura finanziaria. La possibilità di conoscere sin da subito quanto possano costare in termini concreti le scelte progettuali che si vogliono realizzare influirà sulla capacità del progetto di rispondere alle esigenze espresse dalla committenza, spesso anche con maggiori oneri di gestione nel corso della vita utile dell'opera.

L'attenzione sarà rivolta alla fase preliminare che costituisce, a causa dello scarso livello di definizione del progetto, il momento in cui l'incertezza della stima è più alto. Avere un'informazione sufficientemente precisa, già in fase preliminare, consente al promotore dell'attività edilizia di redigere il budget riducendo il rischio di non poter rientrare nelle spese.

Se le considerazioni fatte sinora valgono nel settore privato dell'edilizia, a maggior ragione esse sono di importanza rilevante nel settore pubblico. In questo campo il controllo delle spese dovrebbe essere molto rigido e condizionato da vincoli molto rigorosi; infatti, ancora prima di sviluppare un progetto a livello preliminare, i parametri finanziari di un'opera sono indicati all'interno del *documento preliminare della progettazione (dpp)*. E' inoltre

previsto che nel progetto preliminare siano contenuti dati di calcolo sommario della spesa che indichino le quantità caratteristiche e i corrispondenti costi standard, i parametri desunti da interventi simili, il computo metrico estimativo di massima e il piano economico finanziario di massima. Le informazioni riguardanti il costo della realizzazione sono, dunque, sufficienti già di per sé a giustificare lo scopo di questa tesi.

Per quanto detto, il soggetto a cui tale lavoro si rivolge è il promotore dell'attività edilizia, sia esso privato o pubblico. Saranno affrontati gli aspetti riguardanti il costo di costruzione, inteso come prezzo che dovrà essere corrisposto all'imprenditore costruttore. Non si entrerà nel merito di come questo prezzo sia composto in relazione alle quantità di bene prodotto, costo della manodopera, spese tecniche e generali ed utili del costruttore.

Tuttavia, non si esclude l'utilità per progettisti e impresa che concretamente si troverà a dover realizzare il progetto. Essa potrà avvalersi di uno strumento predittivo come confronto tra i costi da sostenere e quelli previsti dal committente in fase iniziale. La presenza di eventuali discrepanze fra le due stime può essere un importante segnale d'allerta sia per l'impresa appaltatrice che per il committente, perché nelle valutazioni di costo vi potrebbero essere errori significativamente negativi ai fini della realizzazione.

1.3 CONTESTO

Per giustificare l'utilità di un modello di stima preliminare e per capire quali siano i requisiti che deve avere è importante conoscere il contesto in cui sarà applicato. A tale scopo è utile capire quale sia l'andamento del mercato delle

costruzioni, non solo in Italia ma anche a livello globale, e conoscere le previsioni per futuri andamenti.

1.3.1 IL MERCATO DELLE COSTRUZIONI

Secondo le stime più recenti di SIMCO¹, il sistema informatico del Cresme² sul mercato mondiale delle costruzioni, e i dati forniti dall'OCSE³, alla fine del 2013 sono stati investiti in tutto il mondo 6.511 miliardi di euro che, se rapportati al prodotto interno lordo globale, forniscono un'idea del contributo complessivo del settore e del suo indotto alla formazione della ricchezza mondiale. Un contributo che ammonta oggi ad oltre l'11,5%. Questo significa che, dopo oltre un lustro di progressivo indebolimento della crescita degli investimenti, il peso delle costruzioni e del suo indotto è ormai tornato ai livelli del 2006.

¹ SIMCO è il sistema informativo avviato dal CRESME per conoscere le dinamiche evolutive e gli scenari prospettici del settore delle costruzioni in 150 Paesi (una copertura del 98% della popolazione e del 99% del PIL mondiale).

² Il CRESME (Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio) è un centro studi italiano di carattere socio-economico nato nel 1962 come Associazione senza fini di lucro, allo scopo di promuovere la conoscenza dell'edilizia e delle trasformazioni del territorio, per effettuare ricerche e studi e favorire incontri fra operatori pubblici e privati.

³ L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) è un'organizzazione internazionale di studi economici per i paesi membri, paesi sviluppati aventi in comune un sistema di governo di tipo democratico ed un'economia di mercato. L'organizzazione svolge prevalentemente un ruolo di assemblea consultiva che consente un'occasione di confronto delle esperienze politiche, per la risoluzione dei problemi comuni, l'identificazione di pratiche commerciali ed il coordinamento delle politiche locali ed internazionali dei paesi membri[1].

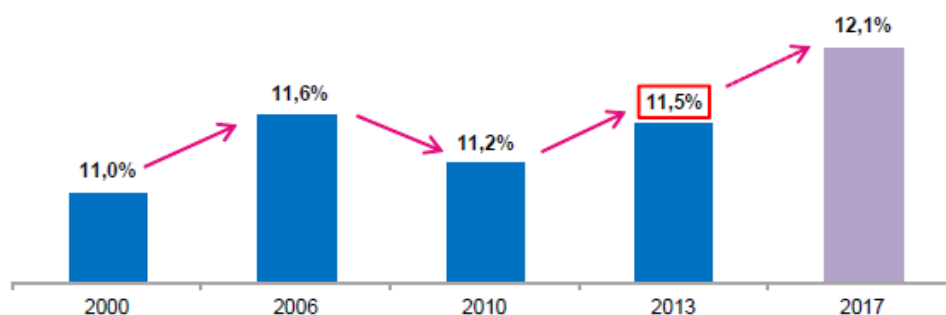


Fig.1 - Contributo delle costruzioni alla formazione della ricchezza mondiale

Tuttavia, se nel 2006 il 57% del mercato mondiale era concentrato in Europa e Nord America, oggi il 50% degli investimenti si localizza in Asia e solo il 39% in Europa (inclusa la Russia) e Nord America. In altre parole, il centro geografico delle costruzioni si sta spostando sempre più verso oriente. La Cina oggi produce e consuma più della metà del cemento mondiale (1,5 miliardi di tonnellate), gli investimenti in una nuova edilizia non residenziale in India sono cresciuti fino a superar di oltre sei volte il mercato italiano (oltre 115 miliardi di euro contro 18 - nel 2000 erano praticamente sullo stesso livello), l'Indonesia è tra i primi 15 mercati mondiali e dopo Cina e Australia, è il Paese che ha vissuto l'espansione più rapida degli ultimi 5 anni (+42% di investimenti tra 2008 e 2013). Tutto questo mentre in Europa il mercato, dopo 5 anni di recessione ininterrotta, si è riportato addirittura al di sotto dei livelli di inizio secolo (1.533 miliardi nel 2013 contro i 1.586 del 2000).

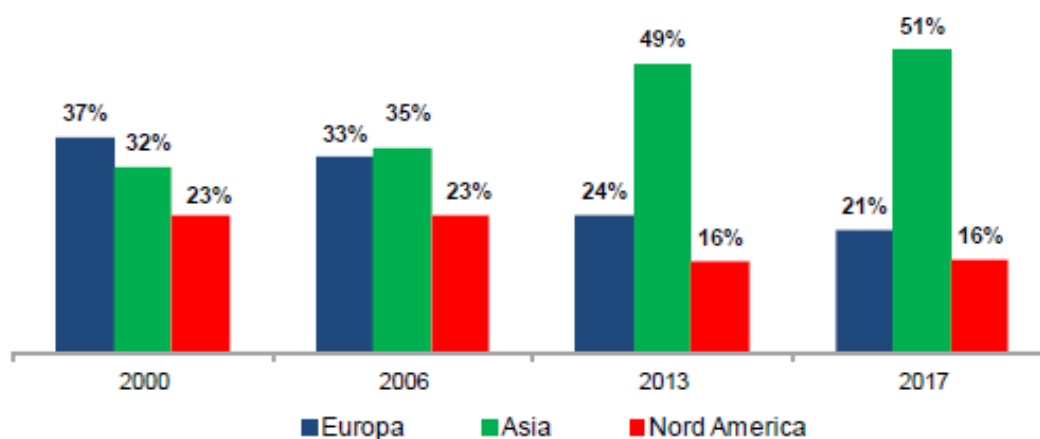


Fig.2 - Quota mondiale degli investimenti in costruzioni

La scomposizione dei trend globali a livello di aggregati geografici risulta fuorviante per via dell'eterogeneità dei Paesi che li compongono. L'aggregato europeo comprende l'Unione Europea dei 15, ma anche la Russia e i Paesi emergenti dell'est Europa e dei Balcani. L'Asia include assieme al Giappone, che da anni ha completato il processo di infrastrutturazione di base e di trasformazione edilizia, e Corea del Nord, un mercato edilizio ormai maturo, anche Paesi come la Cina e l'India, che hanno vissuto negli ultimi 10-15 anni un vero e proprio salto di scala nella dotazione di capitale fisso.

Molto più sensato, ad un primo livello di analisi, sarebbe invece raggruppare i Paesi secondo il livello di sviluppo economico raggiunto, ad esempio suddividendo il campione di 150 Paesi del database SIMCO (che rappresentano il 99% del PIL mondiale) tra Paesi in via di sviluppo o emergenti ed economie avanzate, partendo dalla classificazione della Banca Mondiale (che si basa, sostanzialmente, su parametri di reddito pro-capite).

Emerge allora che negli ultimi anni sono stati ridimensionati gli investimenti in costruzioni di molte economie avanzate, come conseguenza di fattori ciclici

(inversione del ciclo edilizio, crisi economica, credit-crunch⁴), a cui si contrappone la rapida crescita dell'attività edilizia e di infrastrutturazione di base nelle economie in via di sviluppo, legata ai "naturali" processi che stanno alla base dello sviluppo economico, tra cui infrastrutturazione, urbanizzazione ed edificazione degli spazi produttivi.

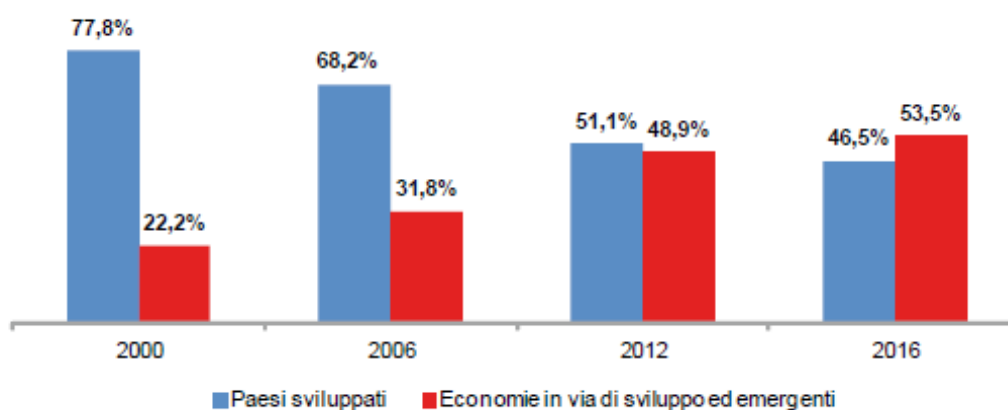


Fig.3 - Quota mondiale degli investimenti in costruzioni per livello di sviluppo economico

Così, se nel 2000 quasi l'80% degli investimenti in costruzioni mondiali si concentrava nei Paesi di vecchia industrializzazione, oggi praticamente la metà riguarda attività edilizia localizzata nei Paesi in via di sviluppo, una quota che, secondo le previsioni del CRESME, nel 2016 avrà superato il 53%.

Anche alla luce di quanto detto, nonostante il rallentamento delle dinamiche espansive in Occidente, la crescita degli investimenti al livello mondiale nel

⁴ Il termine indica credit-crunch un calo significativo (o inasprimento improvviso delle condizioni) dell'offerta di credito al termine di un lungo periodo espansivo, in grado di accentuare la fase recessiva.

Il credit-crunch avviene solitamente al termine della fase di espansione, quando le banche centrali alzano i tassi di interesse al fine di raffreddare l'espansione ed evitare il rischio di inflazione, spingendo gli istituti di credito ad alzare i propri tassi di interesse o chiudendo l'accesso al credito per chi non può permettersi la spesa. In altri casi, può avvenire che, sull'onda di fallimenti bancari e ritiro della liquidità, le banche applichino una chiusura del credito per evitare esse stesse il fallimento.

medio breve periodo sarà quindi garantita dallo sviluppo edilizio ed infrastrutturale delle economie emergenti (trainato da sviluppo economico, espansione demografica e urbanizzazione), che non implica solo la realizzazione di infrastrutture, ma anche di abitazioni e spazi produttivi.

L'analisi delle dinamiche aggregate del settore delle costruzioni a livello mondiale, mette in luce l'esistenza di altre due tendenze che stanno radicalmente modificando gli assetti interni al settore.

In primis ci si trova dinanzi al ridimensionamento degli investimenti residenziali. Questo settore, che aveva caratterizzato gli investimenti per tutta la prima parte del decennio, dopo l'esplosione della bolla immobiliare in Occidente ha subito un forte ridimensionamento a favore degli investimenti in opere infrastrutturali.

Tale inversione di tendenza è avvenuta in quanto poiché la spesa in opere pubbliche ha assunto una funzione anticiclica (l'incremento della spesa in infrastrutture è stato un aspetto comune a moltissimi piani anticrisi).

In secondo luogo, il settore delle infrastrutture ha continuato a beneficiare del processo di infrastrutturazione di base, particolarmente accentuato in molte economie emergenti e in Africa. Il processo è stato funzionale allo sviluppo economico di medio-lungo periodo.

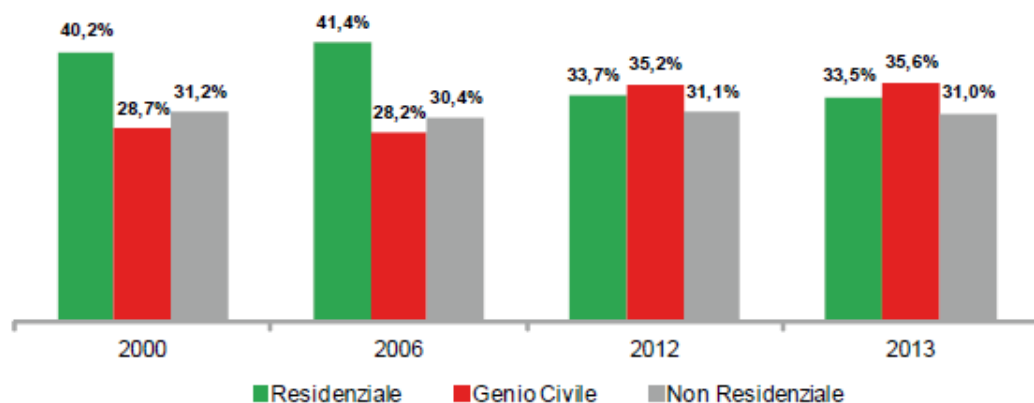


Fig.4 - Segmentazione del mercato globale

In altre parole, la rapidissima redistribuzione della quota degli investimenti in favore del settore del Genio Civile è il risultato della combinazione di due fattori, uno congiunturale, o di breve termine (la risposta di stampo Keynesiano⁵ di molti paesi alla crisi economica e il crollo contingente degli investimenti negli altri settori), e uno di carattere strutturale, legato alla fase di crescita infrastrutturale attraversata dalle economie in via di sviluppo.

Un altro fattore di cambiamento caratterizza in questi anni le dinamiche del settore a tal punto da rappresentare un elemento cruciale nella definizione degli scenari futuri, soprattutto in Occidente. Si tratta dello sviluppo del mercato del rinnovo e della riqualificazione del patrimonio edilizio esistente.

Nel 2006, quando si era registrato il picco della nuova produzione in Occidente in concomitanza con il culmine dell'espansione della bolla immobiliare, gli investimenti in nuove opere hanno rappresentato il 60% del mercato europeo e oltre il 70% di quello nordamericano (il 77% negli Stati Uniti). Oggi, invece, quasi la metà degli investimenti in Europa è rappresentata da interventi di riqualificazione (il 64% in Germania, il 68% in Italia, il 50% in Francia e il 52% in Spagna); anche in Nord America il mercato del rinnovo dell'esistente è arrivato a detenere una quota superiore al 32% (il 43% in Canada).

Anche in questo caso è possibile individuare sia elementi congiunturali sia fattori di carattere strutturale:

⁵L'economia Keynesiana è una scuola di pensiero economica basata sulle idee di John Maynard Keynes, economista britannico vissuto a cavallo tra il diciannovesimo e il ventesimo secolo. Keynes ha spostato l'attenzione dell'economia dalla produzione di beni alla domanda, osservando come in talune circostanze la domanda aggregata è insufficiente a garantire la piena occupazione. Di qui la necessità di un intervento pubblico statale a sostegno della domanda, nella consapevolezza che altrimenti il prezzo da pagare è un'eccessiva disoccupazione.

- *Crollo della nuova produzione edilizia in Occidente* - negli ultimi cinque anni si è osservato l'effetto del ridimensionamento della nuova produzione a seguito dell'esplosione della bolla immobiliare e alla crisi economica (che ha completamente inibito il mercato immobiliare e quindi, gli investimenti in nuove abitazioni degli Stati Uniti e in Europa).
- *Riqualificazione del patrimonio edilizio preesistente* – causata dalla necessità nei Paesi di vecchia industrializzazione di intervenire sul costruito per via dell'obsolescenza delle sue componenti (specialmente nei centri urbani di maggiori dimensioni), o dell'esigenza di personalizzare un'abitazione appena acquistata (proprio perché il volume delle compravendite negli anni 2000 è stato elevatissimo).
- *Riqualificazione in chiave di efficienza energetica* – l'elemento centrale del prossimo ciclo espansivo, che rappresenterà una novità rispetto al passato, è rappresentato dalla necessità di accelerare i ritmi di trasformazione del parco edilizio e infrastrutturale in chiave di efficienza energetica, allo scopo di rispondere in maniera adeguata alle sfide poste dal cambiamento climatico, dall'esauribilità delle risorse e dai costi crescenti (ambientali, finanziari e geopolitici) delle fonti fossili.

Invece, entrando nel merito del contesto italiano, la crisi che sta affrontando il sistema delle costruzioni, è certamente la più grave del secondo dopoguerra, molto più intensa, pervasiva, molto più duratura e scoraggiante di quelle attraversate nella seconda metà degli anni '70 e nel 1993-1994. In questo contesto, gli attori della filiera delle costruzioni si trovano di fronte a dover comprendere i tempi e le entità del ridimensionamento delle attività. Non è cosa da poco immaginare quale sarà il mercato con cui confrontarsi alla conclusione di questa lunga recessione e quanto ancora diminuiranno le risorse per il settore.

E' altresì certo che un impoverimento in termini di risorse implica un maggiore controllo e attenzione nel loro utilizzo. Per tale motivo, risulta facilmente comprensibile come nel 2013 il settore della consulenza tecnica sia cresciuto del 10,6% rispetto all'anno precedente.

1.4 INSERIMENTO DEL MODELLO NEL CONTESTO

Dallo scenario ritratto nel paragrafo precedente emerge una realtà complessa e frastagliata, che varia in funzione del contesto geografico e dalla situazione economica che i singoli Paesi stanno vivendo.

Ciò che accomuna tutti gli scenari è l'utilità di uno strumento di controllo dei costi. Nelle economie in forte ascesa esso è richiesto dalla mole di investimenti che sono previsti per i prossimi anni; per le economie in recessione, invece, la riduzione delle risorse ne impone un utilizzo più attento e, quindi, controllato.

Lo strumento deve poter essere coniugato con tutte le differenti realtà; pertanto, deve essere basato su un modello replicabile indipendentemente dal territorio geografico, dalla tipologia edilizia ed essere valido sia per le nuove costruzioni che per il recupero del patrimonio esistente. Come visto, ogni Paese, in funzione del proprio andamento economico, sviluppa mercati e trend diversi.

1.5 REQUISITI RICHIESTI AL MODELLO

Ogni mercato, sia che viva un periodo di maturità che un incipiente sviluppo, necessita di buone strategie di programmazione e controllo. Per tale motivo i promotori delle attività edilizie richiedono sempre più la assistenza di figure quali

i “cost consultant”. Il modello è pensato come uno strumento che si frappone tra questi due attori del processo edilizio, coadiuvando il promotore in fase preliminare: non si ha la velleità di sostituire del tutto la figura del consulente (nelle fasi successive di sviluppo del progetto è necessario che questi accompagni il promotore nel controllo dei costi).

Per tali ragioni i requisiti richiesti al modello sono gli stessi che si richiederebbero ad un buon consulente:

- **Accuratezza della stima, nonostante un flusso di informazioni non esaustivo.** Il modello deve garantire, durante le fasi di studio di fattibilità e progettazione preliminare, una precisione che permetta le opportune valutazioni e la definizione corretta del budget.
- **Facilità di utilizzo del metodo.** Il modello si sostituisce alla prima consulenza di un cost consultant; pertanto è necessario che sia utilizzabile da un utente con buona conoscenza delle nozioni di edilizia ma poca familiarità con gli aspetti economici.
- **Validità della stima, indipendentemente dal mercato in cui si colloca l'intervento da stimare.** Come detto precedentemente, il mercato delle costruzioni è soggetto a dinamiche di tipo economico che variano in funzione del contesto geografico e di quello socio-politico. Qui si fa riferimento al primo aspetto; con un esempio già all'interno di uno stesso Paese esistono aree geografiche diverse in cui costruire con la stessa tecnologia ha costi sostanzialmente diversi (si pensi ad una costruzione in legno lamellare edificata in provincia di Bolzano ed alla stessa identica replicata in provincia di Ragusa), che sono funzione di numerosi aspetti quali reperibilità del materiale, trasporto dello stesso, presenza in zona di manodopera specializzata, ecc. Il modello deve poter tenere conto di questi aspetti e fornire un'indicazione di stima valida per qualsiasi area geografica e qualsiasi mercato.

- **Applicabilità alle nuove costruzioni e agli interventi di recupero del patrimonio esistente.** I due tipi di intervento, seppur con rapporti diversi in base al contesto in cui ci si trova, si contendono equamente il mercato delle costruzioni edilizie (escludendo le infrastrutture). Non considerare una delle due significherebbe perdere il 50% dei possibili casi di utilizzo del modello.
- **Applicabilità a qualsiasi intervento edilizio, indipendentemente dalla tipologia dell'immobile.** Con lo stesso principio del punto precedente, poter considerare più tipologie edilizie aumenta l'utilità del modello.
- **Considerazione delle peculiarità di ogni singolo intervento edilizio.** La produzione edilizia, a differenza di quella industriale, non è un fenomeno standardizzabile. Ogni oggetto prodotto avrà sue caratteristiche peculiari, che lo rendono unico e irripetibile, arrivando a definirlo un prototipo. Ciò implica che anche in termini di costi, due progetti uguali ma siti in aree diverse potranno avere importi diversi. I fattori che incidono su questa diversità sono principalmente legati all'area su cui gli immobili verranno edificati, in termini di caratteristiche del terreno (eventuali opere di fondazione speciali possono avere una forte incidenza sui costi totali) e accessibilità al cantiere.

In conclusione, l'obiettivo è quello di creare un modello sempre valido, anche se nel corso dello svolgimento di questo lavoro di tesi, per ovvi motivi legati alla vastità dell'argomento, saranno analizzati solo alcuni requisiti. Nel capitolo conclusivo saranno comunque trattati i temi non sviluppati e proposte soluzioni volte a dimostrare l'universalità del metodo.

2 FONDAMENTI DI ESTIMO

2.1 PIANIFICAZIONE, PROGRAMMAZIONE E CONTROLLO: IL BUDGET

Qualsiasi attività economica, a prescindere dal ramo aziendale, è basata sui concetti di efficienza, efficacia ed economicità. Un'azienda è considerata efficiente quando utilizza in maniera economica le risorse a propria disposizione in tutte le fasi del processo produttivo: acquisto, produzione e vendita; in sintesi si tratta di perseguire il massimo rapporto tra risultati ottenuti e mezzi impiegati.

E' efficace quando raggiunge gli obiettivi prefissati; si tratta di una valutazione ex-post del livello di raggiungimento dei desiderata, quali ad esempio il grado di soddisfazione della clientela, i guadagni conseguiti, ecc.

Infine, l'economicità è la capacità dell'azienda di persistere nel tempo e di perseguire le finalità per cui è nata.

Per perseguire questi tre obiettivi e sopravvivere sul mercato, le aziende non possono essere amministrate con un approccio gestionale frutto di improvvisazione, privo di programmazione, in cui le strategie non sono definite

in anticipo e in cui non avviene un controllo operativo quotidiano sui singoli soggetti verificando che i compiti specificatamente attribuiti vengano eseguiti in modo efficace ed efficiente.

Ne consegue che una buona gestione aziendale deve essere affiancata da attività di: **pianificazione**, ossia il processo mediante il quale si individua la strategia attraverso cui rendere coerenti gli obiettivi di medio-lungo periodo e quelli di breve periodo facendo discendere questi ultimi dai primi; **programmazione**, ossia la scelta della tattica attraverso la quale vengono individuati e formalizzati i piani di azione concreta che si inseriscono all'interno di un quadro sistematico di individuazione, reperimento, allocazione e impiego di risorse umane, strumentali e finanziarie; **controllo**, verifica periodica e costante delle scelte strategiche e che le risorse siano reperite e impiegate efficientemente ed efficacemente per il raggiungimento degli obiettivi d'impresa.

Tali attività sono di fondamentale importanza per un'azienda che, nel corso della gestione, può incontrare alcune condizioni di criticità (mancanza di risorse, obiettivi diversi e confliggenti, molteplicità di soggetti da gestire, numerosità di competenze richieste, ecc.) anche nei casi in cui si tratti di un contesto di successo.

A maggior ragione, programmazione e controllo diventano uno strumento ancor più rilevante in un contesto di recessione economica.

Analizzando il territorio italiano, costituito per lo più da piccole e medie imprese, è possibile valutare l'impatto che la recessione economica ha avuto. Molte imprese sono fallite, o comunque, hanno dovuto attraversare procedure concorsuali. Altre, per evitare il peggio, sono state messe in liquidazione prima che avvenisse l'irreparabile.

Aziende solide, per sopravvivere alla contingenza e sopperire alle carenze di liquidità e alle difficoltà di accesso al credito, hanno dovuto far ricorso a

drastiche riorganizzazioni: CIG (cassa integrazione guadagni) per i dipendenti, esternalizzazione di attività aziendali, cessione di singoli asset o di interi rami d'azienda.

Le esperienze pregresse, come ad esempio la crisi del mercato immobiliare dei primi anni novanta, hanno dimostrato come adeguate politiche di programmazione e controllo, sia mediante la redazione di budget economici e finanziari, sia attraverso l'implementazione di un sistema di contabilità analitica dei costi, possano rappresentare uno strumento indispensabile per garantire la sopravvivenza delle imprese in un periodo di recessione come quello attuale.

Poche realtà industriali, tuttavia, ne hanno compreso l'importanza. Più spesso, è stato opposto un rifiuto motivato dal costo della consulenza. I fatti hanno dimostrato si sia trattato di un caso esemplare di miopia gestionale. Indubbiamente un processo di programmazione e controllo di gestione è un'attività complessa e, come tale, ha i suoi costi. Ma quanto, invece, è costato alle aziende l'aver "navigato a vista" in tempi di crisi?

Ecco alcuni esempi: alcuni, confidando ciecamente nelle proprie capacità, hanno mantenuto elevati livelli di produzione o di approvvigionamento, nella falsa certezza di essere comunque in grado di realizzare le vendite. Tutt'oggi, costoro hanno magazzini saturi di scorte invendute e drammatici problemi di contenimento dei costi. Altri, più accorti, avvertendo il "cambiare del vento", hanno quanto meno provveduto a contenere i livelli di stock in base ai ricavi attesi, focalizzando la propria attenzione solo su quest'ultima variabile, senza monitorare adeguatamente l'andamento dei costi. Il risultato è stato, nella migliore delle ipotesi, un fine esercizio con utili modesti e con l'illusione di "essere in controtendenza nonostante la crisi".

Altri, non facendo programmazione finanziaria, non sono stati in grado di fornire alle banche alcuna informativa sui flussi di cassa attesi, ovvero sulla concreta possibilità di restituire i capitali presi a prestito; sono coloro i quali oggi si

lamentano del peggioramento della propria “bancabilità” e se la prendono con gli istituti di credito. Costoro non hanno compreso che la logica conseguenza del peggioramento del loro merito creditizio è stata l’aumento degli oneri finanziari a loro carico.

Taluni hanno portato avanti indiscriminate politiche di investimento: ci sono stati infatti anche quelli che hanno ampliato senza criterio la capacità produttiva, senza condurre una analisi preventiva che tenesse conto degli andamenti di mercato; si sono così ritrovati con un notevole incremento dei costi fissi dovendo fare i conti con l’aumento della rigidità strutturale delle loro aziende in un momento in cui i mercati richiedevano flessibilità.

C’è invece chi è riuscito a sopravvivere e, anzi, a prosperare anche in un momento di contingenza negativa. Sono coloro che, prevedendo tempi difficili, hanno saggiamente implementato un sistema di programmazione e controllo. Nel tempo, costoro hanno dimostrato di saper affrontare adeguatamente la crisi, in quanto hanno avuto gli strumenti per porre in essere una gestione consapevole delle risorse, dimostrando doti di anticipazione delle tendenze dei ricavi e dei costi, con positive ricadute sul piano dei rapporti con le banche.

Tale discorso, riferito a tutte le imprese, rimane ancora valido se si focalizza l’attenzione al comparto dell’edilizia, nonostante questo presenti caratteristiche gestionali peculiari che richiedono un approccio specifico alla gestione, ben diverso dalle altre imprese. Nel mondo edile esistono caratteristiche estranee agli altri settori industriali quali la stagionalità, la non trasferibilità dei prodotti, il nomadismo della produzione e la lunga e incerta durata dei lavori. Il settore edile, che come visto rappresenta quasi il 12% del PIL mondiale, è riconosciuto come trainante dello sviluppo del Paese: è molto vasto e variegato, comprendendo oltre che le imprese edili propriamente dette – che producono beni immobili in proprio o su commessa – anche tutto l’indotto costituito dai produttori di materiali e servizi.

E' opportuno definire in cosa consista uno strumento di programmazione e controllo: esso è un processo organizzativo che produce informazioni utilizzate dal management per prendere decisioni allo scopo di programmare, implementare e controllare (misurare e correggere) le attività dell'organizzazione. Il fine con cui è portato avanti è quello di:

- Programmare i tempi e i costi di realizzazione della commessa.
- Monitorare costantemente lo svolgimento della commessa attraverso una serie di controlli in itinere.
- Riprogrammare, nel caso in cui i controlli mostrino che i tempi e i costi di esecuzione non siano in linea con i corrispondenti valori a preventivo.

La programmazione consente di valutare ex ante i vantaggi derivanti dall'acquisizione della commessa e disporre di un archivio di informazioni storiche per il futuro; il controllo fa sì che gli obiettivi prestabiliti, ossia l'utile ipotizzato a preventivo, possano realizzarsi a consuntivo.

Come detto nel capitolo introduttivo, l'attenzione sarà focalizzata sulla programmazione dei costi.

La **previsione dei costi** è un momento fondamentale quando ci si trova a realizzare un'opera edilizia. Infatti, nella realizzazione di un'opera molto spesso (per non dire sempre) ci sono dei limiti di spesa a cui bisogna attenersi: da qui l'importanza della stima dei costi di costruzione. La funzione principale della stima dei costi di costruzione è quella di fornire una previsione del più probabile costo di realizzazione di un progetto, prima che questo sia stato redatto. Ciò al fine di indicare alla committenza dell'opera edile, sia esso pubblico o privato, l'entità dell'eventuale impegno finanziario prima ancora che si passi alla fase di progettazione.

Tuttavia, è importante capire che l'onere economico che il promotore dell'attività edile dovrà sostenere non è dato esclusivamente dal costo di costruzione.

Nel caso di lavori pubblici è obbligatorio, in fase di progettazione preliminare, redigere due importanti documenti: il calcolo estimativo e il quadro economico.

Il calcolo estimativo è definito dall'articolo 6, allegato XXI del "Codice dei contratti Pubblici dei Lavori, forniture e servizi" (D.Lgs 163/06) come *"il calcolo effettuato, per quanto concerne le opere o i lavori, applicando alle quantità caratteristiche degli stessi, i corrispondenti prezzi parametrici dedotti dai costi standardizzati determinati dall'Osservatorio dei lavori pubblici applicati ai computi di dettaglio. In assenza di costi standardizzati si farà riferimento a parametri desunti da interventi similari standardizzati"*.

Lo stesso articolo definisce il quadro economico come quel documento che *"comprenderà, oltre all'importo per lavori determinato nel calcolo estimativo, le ulteriori somme a disposizione della stazione appaltante, determinate attraverso valutazioni effettuate in sede di accertamenti preliminari e, nel caso di appalto in concessione o a contraente generale, gli oneri tipico rispettivamente del concessionario o del contraente generale. Dovrà inoltre indicare gli importi dedotti da uno specifico allegato di analisi, previsti per le opere di mitigazione e compensazione ambientale, nonché quelli per il monitoraggio ambientale"*.

Da queste definizioni è facile capire come la spesa del committente non sia legata esclusivamente al costo di costruzione, ma debba tener conto di altre voci.

Si riporta un esempio di quadro economico per i lavori pubblici:

QUADRO ECONOMICO DI SPESA			
A)	IMPORTO DEI LAVORI:		
a1)	Lavori a misura	€ 393.028,82	
a2)	Lavori a corpo	€ 362.677,50	
a)	Importo per l'esecuzione delle lavorazioni (a1+a2)	€ 755.706,32	
B)	Oneri sicurezza		
b1)	Importo oneri indiretti	€ 21.399,06	
b2)	Importo oneri speciali PSC	€ 14.293,68	
	Totale oneri della sicurezza	€ 35.692,74	
	IMPORTO A BASE D'ASTA di cui € 136,027,14 quale incidenza manodopera (a - b1)	€ 734.307,26	
	TOTALE LAVORI (a + b2)		€ 770.000,00
B	SOMME A DISPOSIZIONE DELL'ENTE		
1)	Lavori in economia IVA compresa	€ 5.467,70	
2)	Rilievi, accertamenti ed indagini geologiche IVA compresa	€ 5.400,00	
3)	Allacciamenti a pubblici servizi	€ 0,00	
4)	Imprevisti (IVA compresa)	€ 1.711,41	
5)	Acquisizione aree	€ 0,00	
6)	Spese tecniche di progettazione lavori e direzione lavori, contabilità e misure compresa IVA (21%) e cassa (4%)	€ 22.020,89	
7)	Spese tecniche per CSP e CSE (IVA compresa)	€ 7.000,00	
8)	Spese per collaudi (IVA compresa)	€ 4.000,00	
9)	IVA ed altre IMPOSTE		
	IVA (22% sul totale lavori)	€ 169.400,00	
10)	Incentivi di cui all'art.92 comma 1 Dlgs 163/2006 detratto il punto 9	€ 15.000,00	
			€ 230.000,00
	TOTALE GENERALE		€ 1.000.000,00

Tab.1 - Esempio di quadro economico

Nel caso di lavori privati, non è obbligatorio presentare il quadro economico. Ciò non toglie che sia comunque indispensabile redigerlo, per poter avere uno

strumento di gestione e controllo dei costi. Infatti, l'aspetto economico riveste un'importanza fondamentale nella progettazione.

E' interesse del promotore, non eccedere la spesa preventivata. A tale scopo, il primo step da effettuare, prima ancora di entrare nel vivo della progettazione, è quello di definire un budget di spesa. Ne segue un'attività di cost control fondamentale per il rispetto dei budget che la clientela pubblica e privata definisce all'inizio di un'operazione immobiliare.

L'importanza di questo aspetto fa sì che spesso il promotore sia affiancato dalla figura del cost consultant. Si tratta di un soggetto esterno che fornisce servizi di consulenza atti a garantire che i progetti proposti siano economicamente realizzabili e offrano un buon rapporto qualità-prezzo. Esso aiuta il cliente e il team di progettazione a valutare e confrontare diverse opzioni e monitorare le variazioni garantendo che i costi rimangano sotto controllo durante l'avanzamento del livello di definizione del progetto.

Le attività del cost consultant variano a seconda della natura del progetto, ma possono includere:

- Aiutare a tradurre le esigenze del cliente in requisiti e intraprendere studi di fattibilità
- Valutare le opzioni a confronto
- Aiutare a definire il budget del progetto
- Confrontare i requisiti con quelli di progetti simili
- Controllare che il progetto in via di sviluppo rientri nel budget
- Valutare il rapporto qualità-prezzo
- Preparare stime, piani di spesa e proiezioni di cash flow
- Consulenza sulle strategie di approvvigionamento
- Preparazione di computi metrici
- Preparazione dei documenti di gara
- Assistere il cliente nella valutazione delle offerte pervenute

- Stimare il costo delle varianti
- Preparare report periodici sui costi
- Curare la contabilità di cantiere

L'aspetto su cui si focalizza l'attenzione adesso è la definizione del budget. Tuttavia, per poter entrare nel merito dell'argomento, è utile conoscere come sono strutturati i costi in edilizia.

2.1.1 LA CLASSIFICAZIONE DEI COSTI IN EDILIZIA

Nella produzione edilizia, la definizione di costo viene declinata in funzione dei diversi soggetti che intervengono nel processo produttivo. Prima di tutto distinguiamo la figura dell'imprenditore tra il costruttore e il promotore.

Se il costo è riferito al costruttore, si parla di costo di costruzione (C_c) pari a:

$$C_c = C_{tk} + S_g + U_c$$

dove:

- a. C_{tk} è il costo tecnico di costruzione
 - b. S_g sono le spese generali
 - c. U_c è l'utile del costruttore
- a. Il costo tecnico di costruzione rappresenta l'insieme dei costi sostenuti dall'imprenditore edile per la realizzazione del progetto, che sarà sostanzialmente dato dal complesso dei costi necessari allo sviluppo della produzione nel cantiere. Nel costo tecnico di costruzione si distinguono una serie di voci, in relazione alla quantità di produzione, costituite da materiali, manodopera, noli e trasporti.

Per semplificare la gestione e la contabilizzazione dei costi di una commessa, il costo tecnico di costruzione, tradizionalmente, si scompone in due centri di costo sottoposti. Tale semplificazione consente di trattare tutti i costi di commessa con estrema efficienza e capacità di controllo, senza per altro utilizzare modelli preventivi e consuntivi eccessivamente complicati.

Si parla quindi di distinguere i costi diretti da quelli indiretti.

I costi diretti danno visibilità a quei centri di costo che possono essere direttamente imputabili a uno specifico elemento della classificazione: ad esempio una specifica lavorazione, legando a questa, in termini semplici ma univoci, il costo relativo, la quantità necessaria (o prodotta) e il ricavo che ne è scaturito. L'insieme dei costi diretti andrà a rappresentare la misura dei bisogni (o consumi) di risorse e delle relative spese che sono direttamente imputabili alle singole voci di lavoro, necessarie allo sviluppo dell'intervento.

Si definiscono, altresì, indiretti quei costi che non possono essere attribuiti a uno specifico elemento della classificazione o lo possono solo attraverso un complicato e costoso meccanismo contabile e gestionale. Per semplificare (senza per altro perdere in efficacia) la gestione (contabilizzazione) di tali costi, si preferisce calcolarli in un ambito generale, relativo alla complessità della commessa e non alla specifica lavorazione. I costi indiretti sono, di norma costituiti da:

- Costi di allestimento, gestione, mantenimento e smobilizzo del cantiere
- Attrezzature di cantiere non direttamente imputabili alle singole lavorazioni
- Costi esterni della sicurezza
- Personale tecnico con mansioni organizzative

- b. Le spese generali d'impresa e includono i costi necessari per sostenere la struttura organizzativa dell'impresa (uffici, relativo affitto, utenze, stipendi del personale impiegatizio, ufficio tecnico d'impresa, gestione magazzino). Esse, secondo le linee guida per la redazione dei prezzari regionali proposte da ITACA⁶, sono pari ad una percentuale variabile tra il 13% e il 15% del costo tecnico di costruzione.
- c. L'utile dell'imprenditore costruttore (sempre secondo ITACA) incide per il 10% della somma del costo di costruzione e delle spese generali.

Se il costo è riferito al promotore, si parla di costo di produzione e si compone in questo modo:

$$C_p = C_a + C_i + C_c + S_t + S_g + O_c + C_{cap} + S_c + U_p$$

dove:

- a. C_a è il costo dell'area
- b. C_i è il costo di idoneizzazione
- c. C_c è il costo di costruzione
- d. S_t sono le spese tecniche
- e. S_g sono le spese generali
- f. O_c sono gli oneri concessori suddivisi in oneri di urbanizzazione e contributo sul costo di costruzione

⁶ITACA - Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale. Costituisce una struttura competente a favorire e ad assicurare, nella Conferenza delle regioni e delle province autonome, un'attiva organizzazione tecnica e funzionale tra le medesime Regioni ed altri enti ed attori del settore. È nato nel 1996 per la stessa volontà delle Regioni italiane. Il lavoro dell'Istituto è di ricerca tecnica e di valutazione delle delibere specialistiche della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. Costituisce, inoltre, un centro tecnico d'appoggio per l'esercizio delle istituzioni Regionali nell'Osservatorio dei contratti degli Enti Pubblici nei vari tipi di appalto.

- g. C_{cap} è il costo del capitale proprio e di debito
 - h. S_c le spese di commercializzazione
 - i. U_p l'utile dell'imprenditore promotore
- a. Il costo dell'area è un costo sostenuto all'inizio del processo produttivo ed è il prezzo pagato dal promotore al proprietario del suolo.

Un terreno su cui è possibile costruire un fabbricato, tenendo conto degli strumenti edilizi in vigore, può essere denominato come area edificabile. Come per gli immobili, il valore delle aree edificabili tiene conto di valori intrinseci ed estrinseci. Essenzialmente si tiene conto della posizione (caratteristica estrinseca), mentre riguardo le caratteristiche intrinseche si tengono in conto i vincoli urbanistici ed infine conformità e natura del territorio.

I piani urbanistici comunali dividono il territorio in zone omogenee da cui dipendono il tipo di edificio che si può realizzare e le dimensioni del fabbricato. Il valore di un'area edificabile può dipendere, oltre che dalla cubatura edificabile, dalla natura del terreno e dalle servitù. La cubatura edificabile è stabilita dal piano urbanistico comunale e dal regolamento edilizio; il parametro di maggiore importanza è l'indice di fabbricabilità che dà un'immediata indicazione sulle possibilità edificatorie dell'area. Altri valori possono essere il rapporto di copertura, l'altezza massima, la distanza dai fabbricati e dall'asse stradale e la larghezza sul fronte stradale. Questi valori vanno ad incidere soprattutto per le aree di piccole dimensioni, per le quali il rapporto di copertura, l'altezza massima, la distanza dalla strada limitano fortemente la reale possibilità edificatoria.

La forma, se irregolare, può essere una limitazione o, addirittura, un impedimento dell'utilizzo edificatorio.

La pendenza, esposizione e vista sono caratteristiche dipendenti fra loro e devono essere valutate a seconda della zona. La pendenza del terreno è una

caratteristica negativa ma, se consente una vista panoramica e una buona esposizione, questo può aggiungere valore all'immobile.

La natura del terreno, che sia di riporto con falde acquifere superficiali o rocciosi, può creare difficoltà all'esecuzione delle fondazioni per le quali occorrerebbero più spese.

La stima di un'area edificabile può avvenire in base a due tipi di procedimento:

- Procedimento di tipo diretto o sintetico
- Procedimento di tipo indiretto o analitico

Nel procedimento sintetico il valore dell'area (V_a) è stimato come quota percentuale del valore di mercato dell'edificazione:

$$V_a = V_{mp} \cdot I_a$$

dove V_{mp} è il valore di mercato post trasformazione e I_a è l'incidenza percentuale dell'edificazione, generalmente compresa tra il 10% e il 30%⁷.

Il valore di mercato post trasformazione è dato dal valore unitario di mercato dell'edificazione (V_e) per la quantità prodotta, ossia l'indice di edificabilità (I_f) per la superficie dell'area (S).

$$V_{mp} = V_e \cdot I_f \cdot S$$

Come esempio, si consideri un'area edificabile quadrata con lato pari a 100m e indice di fabbricabilità pari a 0,3. Si intende realizzare un intervento dal valore economico di 1.850 €/m². Se l'incidenza dell'edificazione è pari al 15%, si avrà che:

$$V_{mp} = V_e \cdot I_f \cdot S = 1.850 \text{ €/m}^2 \cdot 0,3 \cdot 100\text{m} \cdot 100\text{m} = 5.550.000 \text{ €}$$

⁷Dati raccolti da "Gallerani V., Viaggi D., Zanni G.; *Manuale di Estimo - seconda edizione*; McGraw-Hill Education; 2011".

$$V_a = V_{mp} \cdot I_a = 5.550.000 \text{ €} \cdot 0,15 = 832.500 \text{ €}$$

Si ottiene così un valore dell'area pari a 832.500 euro.

Il procedimento analitico si basa sul valore di trasformazione V_{tr} , dato dalla differenza tra il valore post trasformazione (V_{mp}) e i costi sostenuti per effettuare la trasformazione (K_{tr}):

$$V_{tr} = V_{mp} - K_{tr}$$

Il valore di trasformazione permette di prevedere il costo di un fattore produttivo in relazione al valore di mercato del bene prodotto ed è utilizzato nella stima del valore delle aree edificabili, degli immobili da restaurare/ristrutturare, dei complessi immobiliari dismessi da trasformare e degli edifici e opere non ultimati.

Per quanto riguarda le aree edificabili si ha che:

$$V_a = (V_{mp} - K_{tr}) / q_n$$

dove q_n è il numero di anni necessario alla trasformazione.

Il costo dell'area, in conclusione, è una voce con una forte incidenza sulla spesa totale.

- b. I costi di idoneizzazione sono riferiti ai lavori preliminari necessari all'idoneizzazione del sito e si articolano in costi di demolizione dei manufatti esistenti e costi di bonifica del suolo. Si tratta di una voce che può assumere una forte incidenza e che, soprattutto, può essere sottostimata in fase preventiva. E' necessario, prima dell'acquisto dell'area, condurre opportune indagini e conoscere la situazione pregressa della zona in maniera tale che i costi di idoneizzazione possano essere opportunamente stimati. Ad esempio, se si intende realizzare un intervento edilizio su un' area che in passato era destinata alla produzione industriale, ci si può facilmente aspettare che nel

corso degli anni sia stata soggetta ad un sempre maggiore grado di inquinamento e, pertanto, necessiti di opere di bonifica. Altro aspetto da considerare nell'idoneizzazione dell'area riguarda le caratteristiche geotecniche e geologiche del terreno sui cui realizzare l'opera. Conoscere queste informazioni prima aiuta a stimare in maniera corretta i costi per l'adeguamento del terreno (realizzazioni di opere speciali, presenza di ammassi rocciosi da demolire durante gli scavi, ecc.). Non è possibile stimare un valore percentuale dell'incidenza dei costi di idoneizzazione valido sempre.

- c. Il costo di costruzione è pari a quello relativo all'imprenditore costruttore descritto precedentemente e, nel quadro complessivo, è la voce con la maggiore incidenza sul totale.
- d. Le spese tecniche ammontano a circa il 10% - 12% del costo di costruzione e sono relative alle spese di indagini preliminari, progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva e collaudo.
- e. Le spese generali riguardano le spese di gestione dell'azienda del promotore, spalmate sulla singola attività speculativa in funzione di quanto questa incide sul fatturato. Riassumendo, sono incluse nelle spese generali:
 - Affitto del locale in cui si esercita il commercio
 - Pagamento degli stipendi dei dipendenti
 - Costi per consulenze professionali
 - Spese per acquisto di beni e servizi necessari allo svolgimento dell'attività (energia elettrica, telefono, manutenzioni, pulizie, etc.)
 - Assicurazioni contro il furto delle merci presenti in negozio
 - Imposte inerenti all'attività (rifiuti urbani, Irap, concessioni comunali etc.)

- Contributi assicurativi sulle retribuzioni dei dipendenti
- Costo di acquisto delle merci commercializzati
- Spese per la contabilità
- Altre spese varie per l'espletamento dell'attività commerciale

f. Gli oneri concessori, introdotti con la L.10/77, sono articolati in oneri di urbanizzazione primaria e secondaria e contributo sul costo di costruzione. Vengono stimati in funzione del carico urbanistico prodotto dalla trasformazione secondo specifiche indicazioni del Comune e vengono pagati all'atto del rilascio della concessione edilizia.

L'articolo 1 della L.10/77 recita: "ogni attività comportante la trasformazione urbanistica ed edilizia del territorio comunale partecipa agli oneri ad essi relativi e l'esecuzione delle opere è subordinata a concessione da parte del sindaco". Ciò equivale ad affermare i seguenti principi:

- La trasformazione del territorio comporta il rilascio della concessione edilizia
- Tale rilascio è oneroso

L'articolo 3 specifica che "la concessione comporta corresponsione di un contributo commisurato all'incidenza delle spese di urbanizzazione nonché al costo di costruzione"; pertanto sono due le componenti degli oneri:

- Gli oneri di urbanizzazione primaria e secondaria, determinati dal Comune (art.5)
- Il contributo sul costo di costruzione commisurato al costo dell'edilizia residenziale agevolata (art.6) in quota variabile dal 5% al 10%.

Gli oneri di urbanizzazione primaria costituiscono una copertura delle spese sostenute dal Comune per la realizzazione delle opere di

urbanizzazione necessarie all'insediamento di persone o attività, e si riferiscono alle seguenti opere:

- Strade residenziali
- Spazi di sosta e parcheggio
- Fognatura
- Rete idrica
- Rete di distribuzione energia e gas
- Pubblica illuminazione
- Spazi di verde attrezzato

Gli oneri di urbanizzazione secondaria, invece, sono volti alla realizzazione di:

- Asili nido
- Scuole materne
- Scuole dell'obbligo
- Mercati di quartiere
- Delegazioni comunali
- Impianti sportivi di quartiere
- Chiese
- Impianti sociali
- Attrezzature culturali sanitarie
- Aree verdi di quartiere

L'ammontare degli oneri concessori varia in funzione della tipologia edilizia e della localizzazione dell'intervento; per alcune tipologie di interventi è prevista l'esenzione totale o parziale degli oneri.

Il contributo sul costo di costruzione, invece, si configura come un tributo sul costruito.

L'articolo 11 si prevede che il concessionario possa realizzare direttamente le opere di urbanizzazione in alternativa alla loro monetizzazione secondo la pratica dello "scomputo degli oneri".

Ne deriva che il concessionario possa pagare gli oneri all'atto del rilascio della concessione (in questo caso si ha esborso monetario eventualmente rateizzato secondo le indicazioni del Comune) oppure realizzare le opere con un implicito costo legato all'ammontare delle opere effettuate secondo i tempi dettati dal progetto.

- g. Nella valutazione dei costi bisogna tenere conto del costo del capitale proprio ("cost of equity"), che rappresenta il tasso di rendimento minimo che un'azienda deve offrire ai propri azionisti al fine di remunerare i fondi da questi ricevuti, e del costo del capitale di debito (Return on debt ROD), che indica l'onerosità del capitale preso a prestito da terzi. Come sarà visibile nel corso di questo paragrafo al punto "i", esiste una differenza temporale tra il momento in cui il promotore sosterrà gli esborsi e quello in cui incasserà i ricavi. Per tale motivo, in funzione del proprio capitale iniziale, questi dovrà finanziare la parte restante dell'ammontare per procedere con l'attività. In conclusione, il promotore dovrà tenere conto del mancato rendimento minimo sul capitale iniziale investito e degli interessi sul capitale finanziato.
- h. Le spese di commercializzazione si riferiscono ai costi per la pubblicizzazione del prodotto edilizio e sono stimate in percentuale (2% - 3%) sui ricavi totali.
- i. Il profitto del promotore rappresenta la remunerazione ed è dato dalla sua capacità imprenditoriale e dal rischio assunto nell'investimento. Come noto, il profitto dell'imprenditore è la differenza tra i ricavi ottenuti dalla vendita di un prodotto e il suo costo totale. In edilizia, però, c'è da tener conto della differenza temporale esistente tra il momento in cui si concludono i lavori

con il saldo del conto, e quello in cui si concretizza il ricavo. Nel caso di un'attività edilizia di tipo speculativo, è possibile immaginare che in un primo momento il promotore sosterrà dei costi iniziali (acquisto dell'area, opere di idoneizzazione e oneri connessori) e i successivi costi di costruzione (il cui andamento integrale avrà il tipico andamento ad "S", in cui i maggiori costi sostenuti sono nella parte centrale di realizzazione dell'opera). Solo in questo momento inizierà a concretizzare parte dei ricavi, con la vendita "su carta". Infine, conclusa la costruzione, proseguirà l'attività di vendita fino a raggiungere il 100% dei ricavi.

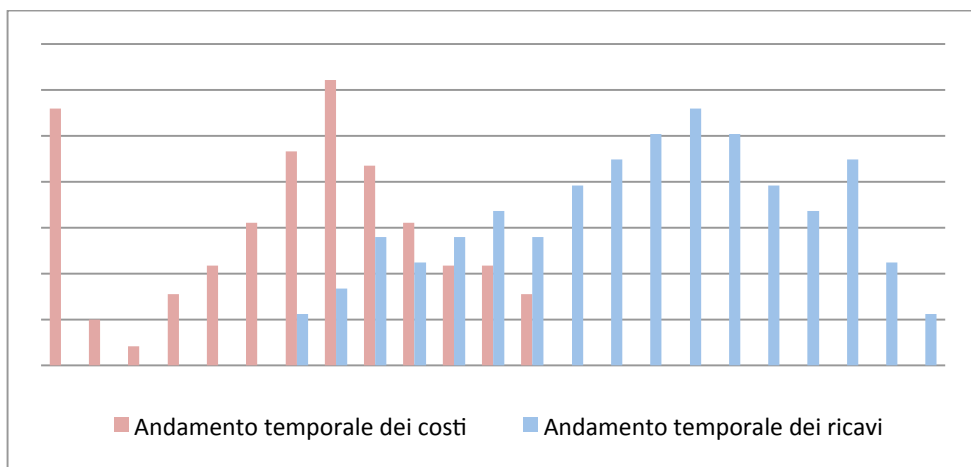


Fig.5 - Andamento temporale di costi e ricavi

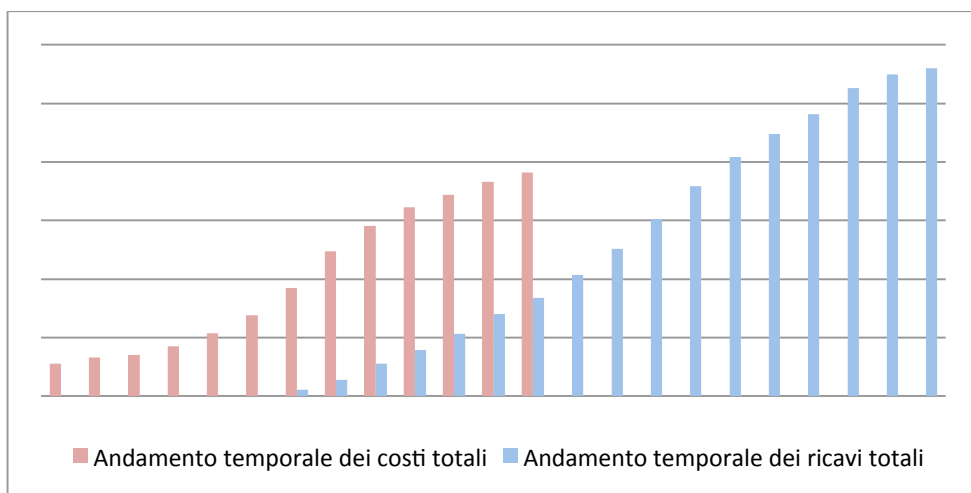
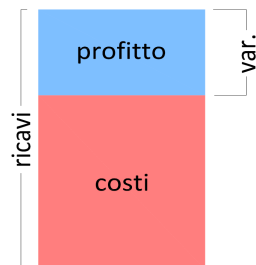


Fig.6 - Andamento temporale di costi e ricavi totali



La forbice esistente tra costi e ricavi non può essere stimata con certezza in anticipo, perché ci si trova di fronte a due voci altamente variabili. Se però la variazione dei costi può essere contenuta con opportuni strumenti di gestione e controllo (da qui l'importanza di un affidabile strumento di stima), i ricavi non possono essere controllati, poiché solo il mercato può stabilire come e quando il promotore concretizzerà il suo profitto.

La dilazione nel tempo con cui ciò avviene comporta una variabilità dei ricavi: il promotore può trovarsi davanti a un periodo sfavorevole, con un abbassamento dei prezzi di vendita, vedendosi quindi ridurre il suo profitto.

2.1.1 DEFINIZIONE DEL BUDGET

Conoscendo come si suddividono i costi in edilizia, è possibile arrivare alla definizione di un budget di spesa. Come detto nel capitolo introduttivo, questo lavoro è rivolto al promotore dell'attività immobiliare; quindi, si considereranno le voci che concorrono in maniera diretta a determinare la sua spesa e non quella dell'acquirente finale, eliminando quindi utili e spese generali del promotore. Vengono inoltre tralasciati discorsi relativi al finanziamento del capitale ed interessi.

Il budget deve quindi contenere le seguenti voci:

- Costo dell'area

- Costi di idoneizzazione
- Costo di costruzione
- Oneri per la progettazione
- Oneri concessori
- Tasse

Per ogni intervento edilizio l'incidenza di ogni singola voce cambia, ma rientra comunque all'interno di un range percentuale in cui è altamente probabile che ricada.

Guardando un esempio di budget si ha che:

Riepilogo	Importo	%
Costo area	€ 37.800.000,00	17,96%
Costi di idoneizzazione	€ 5.000.000,00	2,38%
Costo di costruzione	€ 105.000.000,00	49,90%
Spese tecniche	€ 10.500.000,00	4,99%
Oneri concessori	€ 10.050.000,00	4,78%
Tasse	€ 41.500.000,00	20,00%
Totale	€ 207.500.000,00	100,00%

Tab.2 - Esempio di budget

Il range attribuibile è il seguente:

- Costo dell'area tra 10% e 20% del totale
- Costi di idoneizzazione tra 0% e 10% del totale
- Costo di costruzione tra 45% e 65% del totale
- Spese tecniche tra 5% e 10% del totale
- Oneri concessori tra 3% e 6% del totale
- Tasse circa il 20% del totale

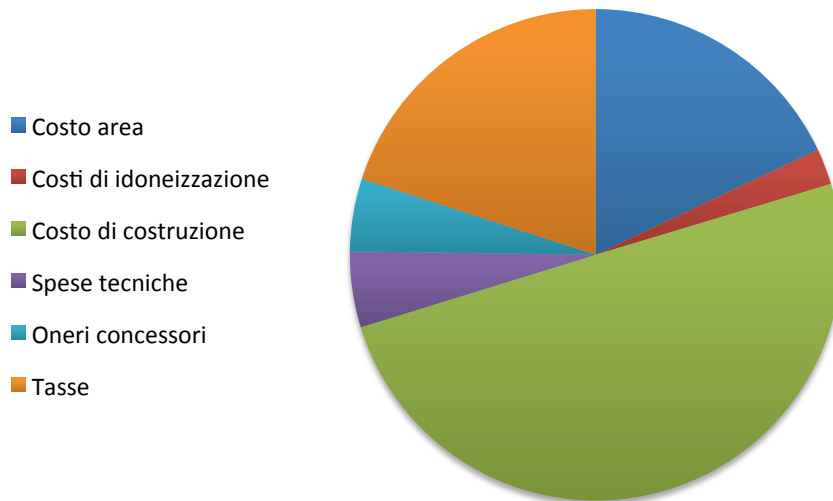


Fig.6 - Divisione del budget nelle voci costituenti

Dal grafico riportato è possibile vedere come la voce predominante nel budget sia il costo di costruzione, con un peso di circa il 60% del totale. Ciò giustifica l'oggetto di questo lavoro: determinare un modello di stima preliminare del **costo di costruzione** sufficientemente preciso riduce il rischio di commettere errori macroscopici nella redazione del budget.

2.2 CRITERI DI MISURAZIONE

Nei capitoli successivi si vedrà come sia utile riferirsi al costo di costruzione legandolo ad un parametro superficiale. Se la stima del costo complessivo è un dato utile nella fase di definizione di budget, il parametro €/m² lo diventa in fase confronto tra differenti opzioni. E' importante, quindi, che tutti i soggetti coinvolti si riferiscano al metro quadro intendendo lo stesso parametro (è consuetudine che, invece, ciò non accada). La realtà attuale è molto frastagliata:

esistono molteplici criteri che consistono nel misurare una superficie ragguagliata al fine di determinare un'area commerciale (Rentable Area) o fruibile (Usable Area). E' sufficientemente chiaro che il criterio con cui essa viene calcolata è strettamente legato al fine.

Nella pratica comune in territorio italiano, si è soliti utilizzare come parametro superficiale la s.l.p. (ossia la superficie lorda complessiva di pavimento). Essa è definita dalle Norme di attuazione dei PRG; pertanto, la sua definizione e i suoi criteri di misurazione non sono univoci, ma dipendenti dall'area geografica.

Essa è così definita dal PGT – Piano delle Regole - Norme di Attuazione – Art. 4.:

Superficie lorda complessiva di pavimento (mq) è la misura degli spazi agibili rilevante ai fini della dotazione dei carichi urbanistici. Essa è costituita dalla somma delle superfici di tutti i piani dei fabbricati comprese nel profilo esterno delle pareti perimetrali calcolate in conformità alle normative regionali vigenti, in attuazione delle norme sul risparmio energetico, al netto delle esclusioni indicate nelle seguenti lettere.

Non vengono conteggiati nella S.l.p.:

- a. gli spazi aperti quali porticati, androni di ingresso, logge, balconi, terrazzi, cavedi, piani pilotis;*
- b. gli spazi per attività comuni di pertinenza dell'intero edificio, nei limiti e secondo le fattispecie indicate nel Regolamento Edilizio;*
- c. gli spazi privati utilizzabili dal pubblico quali passaggi pedonali e gallerie, assoggettati permanentemente al predetto uso mediante specifico atto di asservimento;*
- d. gli spazi di collegamento verticale: vani scala, ascensori e montacarichi al netto delle murature perimetrali, con i relativi pianerottoli di sbarco. Non rientrano*

invece tra le esclusioni, e quindi sono computate nella S.I.p. dei piani corrispondenti, le superfici delle scale interne a singole unità immobiliari non realizzate in vano proprio;

e. gli spazi di collegamento e transito orizzontale comuni a più unità immobiliari;

f. i soppalchi limitatamente a quanto prescritto dal Regolamento Edilizio; g. gli spazi strettamente necessari ai fini del rispetto delle norme di sicurezza e prevenzione incendi a ciò specificamente dedicati, quali zone filtro e luoghi sicuri statici;

h. gli spazi destinati alla sosta ed al ricovero degli autoveicoli, realizzati sia in sottosuolo che in soprassuolo, compresi gli spazi di accesso e di manovra indipendentemente dal loro carattere pertinenziale;

i. i vani sottotetto non aventi i requisiti di agibilità;

j. i piani interrati e seminterrati con pavimento a quota pari o superiore di un metro sotto il piano di spiccato, di altezza interna inferiore a 2.60 m e del tutto privi dei requisiti di aeroilluminazione naturale o artificiale richiesti per la permanenza continua di persone in relazione alla destinazione d'uso. L'introduzione dei requisiti sopraindicati in locali non agibili esistenti comporta l'obbligo dell'inserimento delle relative superfici nel calcolo della S.I.p.. La realizzazione dei servizi di cui all'art. 4, comma 7, delle Norme di attuazione del Piano dei Servizi non è computata nella S.I.p.;

k. le cantine poste a piano terreno aventi superficie inferiore a 7 mq cadauna e del tutto prive dei requisiti di agibilità;

l. le superfici relative ai volumi tecnici, cioè ai vani ed agli spazi strettamente necessari a contenere le apparecchiature principali ed accessorie degli impianti tecnici al servizio dei fabbricati.

Oltre alle considerazioni fatte precedentemente, la serie di esclusioni non rende la s.l.p. un criterio di misurazione semplice e immediato.

Volendo trovare un criterio comune di facile attuazione, e che risponda all'esigenza di utilizzo universale del metodo di stima, sono stati analizzati i due standard più diffusi al mondo, il primo di origine statunitense e il secondo anglosassone:

- ANSI⁸/BOMA⁹ Z65.3-2009 – Gross Areas of a Building: Standard Methods of Measurement
- RICS¹⁰ Guidance Note – Code of Measuring Practice

Nello standard Americano, pubblicato nel 2009, viene descritto il metodo per il calcolo della superficie lorda degli immobili individuando due criteri:

- Exterior Gross Area of Buildings
- Gross Area of Buildings

Nel codice di pratica del RICS sono definiti tre tipi di superfici:

- GEA - Gross External Area
- GIA – Gross Internal Area
- NIA – Net Internal Area

La Exterior Gross Area of Buildings (fonte ANSI/BOMA), così come la GEA (fonte RICS), è la superficie dell'edificio, misurata ad ogni piano utilizzando come limite il profilo esterno dei muri. Pertanto essa include:

⁸ L'American National Standards Institute (ANSI) è un'organizzazione privata senza fini di lucro che definisce standard industriali per gli Stati Uniti. È membro dell'ISO (Organizzazione Internazionale degli Standard) e dell'IEC (Commissione Elettrotecnica Internazionale). L'ANSI fu fondata il 19 ottobre 1918 su iniziativa della American Society of Electrical Engineers (oggi IEEE).

⁹ BOMA International (Building Owners and Managers Association), fondata nel 1907 è la più antica e grande organizzazione di professionisti operante nel campo del Real Estate.

¹⁰ RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors) è un'organizzazione di professionisti attiva nel settore del Real Estate nel Regno Unito e altri Paesi del mondo.

- Spessore dei muri perimetrali
- Area occupata dalle partizioni interne
- Colonne, pilastri setti, cavedi e lo spazio occupato dalla distribuzione verticale
- Strutture inclinate, da misurare come orizzontali
- Qualsiasi piano orizzontale, che sia accessibile o no
- Piani mezzanini
- Locali tecnici
- Qualsiasi locale esterno all'edificio che condivida con esso almeno un muro perimetrale
- Baie di carico
- Auto rimesse

Sono esclusi:

- Scale antincendio esterne
- Copertura
- Tettoie
- Aree esterne per parcheggio auto
- Giardini e serre

La Gross Area of Buildings (fonte ANSI/BOMA), così come la GIA (fonte RICS), è la superficie dell'edificio, misurata ad ogni piano utilizzando come limite il profilo interno dei muri. Pertanto essa include:

- Area occupata dalle partizioni interne
- Colonne, pilastri setti, cavedi e lo spazio occupato dalla distribuzione verticale
- Strutture inclinate, da misurare come orizzontali
- Qualsiasi piano orizzontale, che sia accessibile o no
- Piani mezzanini

- Locali tecnici
- Qualsiasi locale esterno all'edificio che condivida con esso almeno un muro perimetrale
- Baie di carico
- Auto rimesse

Sono esclusi:

- Spessore dei muri perimetrali
- Scale antincendio esterne
- Copertura
- Tettoie
- Aree esterne per parcheggio auto
- Giardini e serre

La NIA (fonte RICS) è l'area fruibile misurata ad ogni piano, utilizzando come limite il perimetro interno dei muri.

Essa include:

- Cucine
- Cabine armadio
- Ingressi
- Area occupata da muri non strutturali
- Area occupata da griglie di ventilazione

Sono escluse:

- Le aree di atri e ingressi ad uso comune
- Servizi igienici
- Locali tecnici
- Distribuzione verticale

- Corridoi e aree di circolazione ad uso comune
- L'area occupata da componenti strutturali
- L'area occupata permanentemente da apparati di condizionamento
- Aree ritenute inutilizzabili (se la distanza tra due facce opposte è 0,25 m)
- Parcheggi

Dopo aver analizzato i possibili criteri di misurazione si può affermare che l'area esterna lorda (RICS - GEA o ANSI/BOMA - Exterior Gross Area of Buildings) fornisce, in maniera inequivocabile, la misura diretta delle dimensioni fisiche di un edificio, indipendentemente dal tipo di immobile e dall'uso che ne viene fatto.

Nel prosieguo del lavoro il criterio utilizzato sarà quello della GEA, ma con una limitazione. La GEA comprende sia le superfici fuori terra, che quelle interrato mentre, come illustrato nel capitolo 4, il meccanismo utilizzato per generare il modello funziona attribuendo alcune caratteristiche (tra cui i volumi interrati) alle superfici fuori terra. Per tale motivo, il criterio di misurazione sarà quello detto, sebbene limitato esclusivamente alle superfici fuori terra.

3 STIMA DEI COSTI - STRUMENTI IN USO

3.1 NECESSITA' DELLA STIMA

L'attenzione di questo lavoro è rivolta alla stima ex ante del costo di costruzione, poiché esso rappresenta un momento indispensabile nell'esercizio dell'attività edile.

Come evidenziato nel capitolo precedente, la stima dei costi è parte integrante del meccanismo di programmazione e controllo da cui nessun tipo di attività può prescindere. E' necessario conoscere preventivamente, in maniera adeguatamente precisa, l'ammontare di un investimento e il possibile valore del guadagno finale con l'obiettivo di valutare se l'investimento stesso sia fruttifero.

Nel comparto edile gli investimenti possono avvenire in maniera **diretta**, mediante l'acquisto del bene immobile, o **indiretta**, mediante la sottoscrizione di un fondo comune di investimento immobiliare.

Nel primo caso, il soggetto promotore è unico: questi ha il pieno controllo dell'investimento che, tuttavia, presenta un'elevata soglia di entrata; nel secondo, invece, si ha una sostanziale comunione indivisa di beni in cui ciascun partecipante è, di fatto, comproprietario.

La creazione di un fondo permette di convertire gli investimenti immobiliari, che per loro natura sono di difficile e onerosa commerciabilità, in quote di attività finanziarie (azioni) che permettono di generare liquidità senza che l'investitore debba direttamente acquistare un immobile.

I fondi nascono con una dotazione iniziale prestabilita di patrimonio, variabile per effetto delle normali variazioni di valore connesse all'apprezzamento/deprezzamento dei beni. Tale patrimonio è suddiviso in un numero predeterminato di quote. La prima fase della nascita di un fondo immobiliare parte con la sua sottoscrizione; obiettivo del fondo è, infatti, raccogliere un determinato ammontare di denaro presso i suoi sottoscrittori che sarà, poi, utilizzato per la gestione del portafoglio. Le sottoscrizioni sono aperte fino al raggiungimento di tale ammontare, quando le sottoscrizioni saranno chiuse. Vi è poi una seconda fase in cui, una volta che il denaro è stato raccolto, il fondo seleziona gli immobili da rilevare. Gli immobili sono selezionati secondo le linee di gestione del fondo: alcuni fondi privilegiano immobili residenziali e ad uso uffici, altri immobili commerciali (centri e gallerie commerciali in particolare), altri ancora zone da edificare o complessi da ristrutturare. Le quote possono essere sottoscritte, entro i limiti della disponibilità del fondo, solo durante la fase di offerta ed il rimborso avviene di norma alla scadenza; resta invece possibile acquistarle o venderle in un mercato regolamentato. I partecipanti possono poi rientrare in possesso dei capitali investiti, maggiorati degli eventuali capital gain o penalizzati dal market discount, ovvero dalla differenza che esiste in un determinato momento tra il prezzo di mercato e il valore patrimoniale della quota.

La gestione dell'investimento compete ad una **Sgr** (Società di Gestione del Risparmio) che libera l'investitore da tutte le incombenze non concedendogli, però, il diretto controllo sull'investimento.

Il vantaggio del fondo comune è che la soglia di entrata è scelta direttamente dall'investitore in funzione delle quote che sceglie di sottoscrivere.

Le prime forme di investimento indiretto sono nate negli Stati Uniti negli anni '60, quando lo U.S. Congress definì per la prima volta i *Real Estate Investment Trust* (REIT), ossia dei veicoli di investimento immobiliare dotati di forma societaria. Essi sono stati disciplinati con lo scopo di permettere ai piccoli risparmiatori di partecipare ai guadagni delle *Income Producing Real Estate*¹¹, abbassando le barriere di entrata, in termini di importo minimo da investire. Il vero sviluppo di questa istituzione si è avuto solo dopo la riforma fiscale del 1986 che ha ridotto il vantaggio dell'investimento diretto e, in secondo luogo, ha permesso ai REIT non solo di possedere ma anche di gestire, a scopo di reddito, i beni immobiliari di loro proprietà. Con il REIT Modernization Act del 1999 e del 2003 l'autonomia operativa dei REIT è stata ulteriormente ampliata con la possibilità di creare società sussidiarie che forniscono servizi.

In Germania l'istituzione del primo fondo immobiliare *Publikum-Offene Immobilienfond* (OI) risale al 1959, ma la vera diffusione è avvenuta negli anni '90.

La Francia ha introdotto nel 2003 le *Société d'investissement immobiliers cotées* (SIIC), ossia una società per azioni con un capitale minimo di 15 milioni di euro.

Nel Regno Unito i veicoli di investimento indiretto sono piuttosto diffusi e diverse sono le strutture a disposizione degli investitori: sono disponibili strumenti regolamentati dalle autorità nazionali con struttura societaria o patrimoniale (*UK Property Unit Trust*).

In Italia i fondi immobiliari (*FI*) sono stati disciplinati con la legge n.86 del 24 gennaio 1994, sostanzialmente abrogata e sostituita dal Testo Unico della

¹¹ Finanziamento di immobili da investimento, il cui rimborso dell'esposizione dipende dai flussi finanziari generati dal cespite, generalmente rappresentati da canoni di affitto e di leasing o dalla vendita dell'immobile.

Finanza (d.l. del 25 febbraio 1998 n.58). Il FI è una struttura senza personalità giuridica che deve essere gestita da un intermediario finanziario (Sgr), vigilato dalla Banca d'Italia, in forza di un contratto di mandato.

Comune a tutti i veicoli di investimento è la centralità del metodo di valutazione dei cespiti immobiliari: è utile capire cosa effettivamente sia il "valore" di un immobile.

Secondo gli European Evaluation Standards, il Valore di Mercato (**Market Value – MV**) è la previsione del prezzo per il quale, alla data della valutazione, un determinato immobile potrebbe essere scambiato tra un acquirente e un venditore entrambi motivati alla transazione. Le parti devono essere tra loro indipendenti e devono aver agito in forma competente, prudentemente e senza costrizioni; la data di valutazione è quella in cui si ipotizza la vendita, tenuto conto di un opportuno periodo di commercializzazione.

La stessa organizzazione definisce il **Mortgage Lending Value (MLV)** come il valore di un immobile determinato da un perito mediante una stima prudenziale della commerciabilità futura, tenendo conto degli aspetti di sostenibilità a lungo termine, delle condizioni normali del mercato di riferimento, dell'uso corrente e dei possibili usi alternativi della proprietà stessa.

E' opportuno, inoltre, capire il rapporto esistente tra l'investimento iniziale (**Total Investment Costs**) e il prodotto di tale investimento in termini di valore e reddito generato.

Per questo motivo è di fondamentale importanza procedere con la stima dei costi ex-ante, in maniera tale da poter scegliere l'investimento ritenuto più fruttifero.

Esistono numerose caratteristiche per definire una categorizzazione dei sistemi di stima: la più importante è senza dubbio quella legata al grado di definizione

del progetto, in relazione agli strumenti utilizzati e al grado di onere che ne consegue.

Le linee guida introdotte nel 1997 da AACE International¹² forniscono una generica metodologia di classificazione dei sistemi di stima dei costi applicabile in qualunque tipo di industria.

Prima di elencare la divisione fornita dall'AACE, si forniscono alcune definizioni che renderanno più chiaro il processo di classificazione.

Livello della definizione del progetto

Caratteristica basata sulla percentuale di definizione del progetto (grosso modo corrispondente alla percentuale di completamento del processo ingegneristico). Il livello di definizione del progetto caratterizza l'estensione e il tipo di informazione disponibile per il processo estimativo. Tali informazioni includono la definizione dello scopo del progetto, i requisiti, le specifiche, gli elaborati grafici, le relazioni di calcolo e altre informazioni che devono essere sviluppate per definire il progetto.

Scopo di utilizzo

Le varie classi di stima dei costi tipicamente sono caratterizzate da diversi scopi finali. All'aumentare del livello di definizione, lo scopo varia dalla valutazione e studio di fattibilità alla richiesta di autorizzazioni e controllo dei costi.

Metodologia di stima

¹² AACE International (in precedenza nota come Association for the Advancement of Cost Engineering) è stata fondata nel 1956 da 59 analisti e ingegneri estimativi durante il meeting organizzativo dell' "American Association of Cost Engineering" presso "University of New Hampshire" in Durham, nel New Hampshire.

AACE è autore di "Cost Engineering" (rivista tecnica mensile), "Skills and Knowledge of Cost Engineering" (attualmente alla quinta edizione), quattordici differenti codici di pratica "AACE International Professional Practice Guides", e "Total Cost Management (TCM) Framework".

Le metodologie di stima si dividono in due grandi categorie: stocastiche e deterministiche. Nei metodi stocastici, le variabili indipendenti usate nell'algoritmo di stima dei costi sono generalmente diverse dalla misura diretta delle unità di ciò che si vuole stimare. Le relazioni di stima dei costi utilizzate nel metodo stocastico spesso sono soggette a congettura. Con il metodo deterministico invece, le variabili indipendenti sono, più o meno, una misura definitiva di ciò che deve essere stimato; il metodo deterministico non è quindi soggetto a significative congetture. Proporzionalmente al livello di definizione del progetto, la metodologia di stima tende a progredire da stocastica a deterministica.

Grado di accuratezza

Il grado di accuratezza di una stima è l'indicazione del grado con cui il valore consuntivo di costo di un determinato progetto varierà dal costo stimato. L'accuratezza è espressa tradizionalmente come + o - un intervallo percentuale, intorno al valore di stima, tale per cui il costo consuntivo ricada in questo range con un dichiarato livello di certezza.

Onere di stima

L'onere necessario a preparare una stima è l'indicazione del costo, tempo e risorse richieste. Esso è tipicamente espresso come una percentuale dei costi totali di progetto. Il costo della stima aumenta proporzionalmente al grado di definizione del progetto.

3.2 SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE

La divisione in gradi di definizione del progetto fornita da “AACE - Cost Estimate Classification System” corrisponde agli step di valutazione, autorizzazione ed esecuzione spesso utilizzati dai soggetti coinvolti interessati (*stakeholders*) durante il ciclo di vita del progetto.

Sono state stabilite, quindi, cinque classi di stima. Nonostante il livello di definizione del progetto sia uno spettro continuo, è stato determinato dai dati della pratica industriale che il numero di livelli comunemente usato va da tre a cinque.

Le cinque classi determinate vengono numerate da 5 ad 1, in ordine di definizione del progetto, dove quindi la Classe 5 rappresenta una stima sommaria ottenuta per analogia con altri casi, mentre la Classe 1 sarà una stima di tipo analitico, basata sulla conoscenza dettagliata di tutte le parti che compongono il progetto.

Class e	Livello di definizione della progettazione ¹³	Finalità di utilizzo	Metodologia	Grado di accuratezza ¹⁴	Onere ¹⁵
5	da 0% a 2%	Studio di fattibilità	Stocastico	da 10 a 20	1

¹³ Espresso come valore percentuale in relazione alla completa definizione del progetto.

¹⁴ Il valore espresso non indica la percentuale ma un indice proporzionale. Se l'indice 1 rappresenta il +10/-5%, l'indice 10 rappresenta il +100/-50%.

¹⁵ Analogamente al grado di accuratezza, l'onere non rappresenta un valore percentuale ma un indice proporzionale.

e vaglio opzioni differenti					
4	da 1% a 5%	Studio di fattibilità	Principalmente stocastico	da 5 a 10	da 2 a 4
3	da 10% a 40%	Definizione del budget, richiesta autorizzazioni e controlli	Misto, ma principalmente stocastico	da 3 a 6	da 3 a 10
2	da 30% a 60%	Controllo e redazione gara	Misto, ma principalmente deterministico	da 2 a 3	da 5 a 20
1	da 50% a 100%	Gara	Deterministico	1	da 10 a 100

Tab.3 - Classi di stima

Le cinque classi di stima riportate in tabella sono proposte in funzione delle loro caratteristiche identificative. Solo il livello di dettaglio della progettazione determina la classe di stima (per questo le viene attribuito il nome di caratteristica "primaria"); le altre ("secondarie") variano in funzione della prima.

3.3 APPLICAZIONE ALL'INDUSTRIA EDILE

Il discorso fatto nel paragrafo precedente è ritenuto valido per qualsiasi tipo di industria ma, come è possibile vedere in Tab. 3, parlando di accuratezza della stima si riporta un "indice" e non un valore percentuale come da definizione.

Ciò è dovuto al fatto che ogni industria, in virtù delle proprie caratteristiche e peculiarità, ha dei range di accuratezza diversi. L'indice riporta, quindi, un livello proporzionale tra le diverse classi di stima.

Nel caso dell'industria edile la tabella delle classi di stima diventa la seguente:

Classe	Livello di definizione della progettazione ¹⁶	Finalità di utilizzo	Metodologia	Grado di accuratezza	Onere ¹⁷
5	da 0% a 2%	Studio di fattibilità e vaglio opzioni differenti	Analogia	- (20÷50) % + (30÷100) %	1
4	da 1% a 5%	Studio di fattibilità	Analogia evoluta	- (15÷30) % + (20÷50) %	da 2 a 4
3	da 10% a 40%	Definizione del budget, richiesta autorizzazioni e controlli	CERs	- (10÷20) % + (10÷30) %	da 3 a 10

¹⁶ Espresso come valore percentuale in relazione alla completa definizione del progetto.

¹⁷ L'onere non rappresenta un valore percentuale ma un indice proporzionale.

CME con costi unitari					
2	da 30% a 60%	Controllo e redazione gara	dettagliati, elenco materiali stimato	- (5÷15) % + (5÷20) %	da 5 a 20
Costi unitari ed					
1	da 50% a 100%	Gara	elenco materiali dettagliato	- (3÷10) % + (3÷15) %	da 10 a 100

Tab.3 - Classi di stima nell'industria edile

3.4 STRUMENTI IN USO

Come detto precedentemente, le metodologie di stima variano in funzione del grado di definizione del progetto, passando da un metodo stocastico ad uno deterministico.

3.4.1 METODI STOCASTICI - ANALOGIE

Il metodo stocastico consiste in un sistema di tipo sintetico di individuazione del costo di costruzione articolato su tre fasi. Con questo metodo la determinazione del costo avviene per analogia con un caso di riferimento dal valore noto.

L'iter per la definizione della stima consta di quattro fasi: nella prima si analizza l'oggetto da stimare e si sceglie all'interno di un campione di casi dal costo noto

quello con le caratteristiche più simili con cui effettuare il confronto consiste nell'omogeneizzazione temporale dei costi mediante l'utilizzo di indici di attualizzazione; viene poi scelto il parametro tecnico di misura della consistenza ed, infine, si confronta il progetto con il campione.

Le fonti per i dati del costo di costruzione possono essere dirette, come ad esempio:

- Imprese di costruzione
- Stazioni appaltanti
- Committenti privati

o indirette:

- Camere di commercio
- ISTAT
- Associazione dei costruttori
- Ordini professionali
- Osservatorio del ministero dei lavori pubblici

Una volta scelto il parametro, è possibile effettuare il confronto mediante un meccanismo di tipo proporzionale.

Il parametro di consistenza maggiormente utilizzato è il metro quadro di superficie. E' tuttavia possibile utilizzare parametri diversi in funzione della destinazione d'uso.

Per gli edifici di tipo residenziale è possibile utilizzare il numero di vani o di alloggi; per i cinema i posti a sedere; per alberghi e ospedali i posti letto o le camere e per le autorimesse i posti auto. Infine, per le opere di urbanizzazione primaria i metri lineari se si tratta di strade; i punti luce per l'illuminazione pubblica e la lunghezza della rete per i servizi tecnologici (energia elettrica, gas, acqua).

Il metodo stocastico è utilizzato per le stime di classe 5.

3.4.2 SISTEMI MISTI - ANALOGIE EVOLUTE E CERs

I sistemi misti costituiscono il passaggio esistente tra un approccio di tipo stocastico ad uno di tipo deterministico. Come affermato nel paragrafo precedente, il passaggio tra i due metodi di stima è consequenziale al grado di dettaglio della progettazione e, quindi, anche allo sforzo necessario a determinare un valore di stima. Per questo motivo i sistemi misti risultano essere molteplici e con diversi gradi di complessità.

Di seguito saranno descritte le analogie di tipo evoluto e i CERs (Cost Estimate Relationships).

Le stime tramite analogia evoluta rappresentano il primo step verso l'abbandono di un approccio di tipo stocastico. Benché le congetture siano ancora fortemente presenti, un sistema misto con analogia fornisce un valore basato non più sul diretto confronto con un caso noto, ma un confronto corretto in funzione di fattori endogeni ed esogeni.

I fattori correttivi endogeni riguardano le caratteristiche intrinseche dell'opera, sia in termini tipologici (ad esempio tecnologia costruttiva, numero di piani, esistenza di volumi interrati, esistenza ed abitabilità del sottotetto), sia in termini qualitativi (livello delle finiture e delle dotazioni tecnologiche, rendimento energetico, ecc.).

I fattori correttivi esogeni, invece, riguardano ciò che condiziona i costi realizzativi, con riferimento sia alla locazione geografica (discriminanti territoriali elaborate in base al livello di ricchezza delle province ed ai costi della manodopera in edilizia; zona climatica in cui ricade il comune; livello di sismicità

dell'area), sia alla localizzazione ed alla facilità di accesso al cantiere ed alla disponibilità di spazi per lo stoccaggio e la movimentazione dei materiali da costruzione.

Un ulteriore grado di evoluzione nell'analogia avviene quando il confronto non è più di tipo puramente proporzionale, ma basato su un'analisi di regressione lineare semplice o multipla.

Infine, l'ultimo metodo di stima misto è rappresentato dai CERs. Si tratta di una tecnica di tipo parametrico che usa le regressioni o altri metodi statistici per indagare le relazioni esistenti tra le variabili che influenzano il costo. Un CER è un'equazione usata per stimare il costo utilizzando una predeterminata relazione con una o più variabili indipendenti. La relazione può essere matematicamente semplice o può comprendere complesse equazioni (spesso derivata da analisi regressiva dei sistemi e subsistemi).

I metodi misti sono utilizzati in relazione al loro grado di complessità per le stime di classe 4 e 3.

3.4.3 SISTEMI DETERMINISTICI - COMPUTI METRICI

I sistemi di tipo deterministico si avvicinano alla stima dei costi con un meccanismo di tipo analitico, scomponendo il costo di costruzione nella somma delle quantità di prodotto da realizzare, ognuna moltiplicata per il proprio prezzo unitario (CME - Computo metrico estimativo).

Le fasi necessarie allo sviluppo di tale metodo sono due: la prima è la redazione del Computo Metrico (CM) che consiste nell'individuazione di tutti gli elementi costruttivi che compongono l'opera (classificazione) e l'attribuzione ad ognuno di

essi della corrispondente quantità espressa nelle unità di misura competente (misurazione); la seconda è l'analisi dei prezzi, ossia la determinazione delle quantità di ciascun fattore produttivo necessario alla realizzazione delle singole lavorazioni finite.

La metodologia di tipo deterministico è utilizzata per le stime di classe 2 e 1, in funzione del dettaglio delle informazioni riguardanti gli elementi costruttivi che compongono l'opera.

4 INTRODUZIONE AL METODO

Nel prosieguo di questo lavoro si analizzerà l'iter che ha portato alla determinazione del modello finale ACE; è però utile riportare i motivi che hanno portato ad elaborare una nuova metodologia.

Al fine di soddisfare i requisiti presentati nel paragrafo 1.5, si è pensato di indagare le relazioni esistenti tra le variabili che contribuiscono a determinare il costo di costruzione, trovando legami comuni a tutte le tipologie edilizie e indipendenti dall'area geografica di edificazione dell'immobile.

Si ricorda che lo strumento è rivolto al promotore dell'attività immobiliare e le esigenze che si vuole soddisfare sono due. La prima è quella di avere delle previsioni attendibili che gli permettano una redazione plausibile del budget senza eccedere la spesa preventivata; la seconda riguarda l'unificazione del metodo (non è accettabile che l'utente debba ricercare tra diversi metodi quello che di volta in volta si adatta all'immobile che vuole stimare). Tale esigenze vengono riscontrate studiando gli attuali strumenti in uso che, non solo sono soggetti ad un'alea della stima eccessivamente alta, ma risentono di numerosi limiti dettati da tecniche costruttive e destinazioni d'uso.

Si dimostrerà che il metodo ACE produce stime precise ed è facilmente adattabile in maniera tale da soddisfare i requisiti richiesti. In questo lavoro si

svilupperà, a causa della vastità dell'argomento, solamente un modello valido principalmente per il mercato **italiano** e rivolto alla **nuova costruzione** di edifici destinati al **residenziale**, terziario per **uffici** e **centri commerciali**; si forniranno, però, tutte le informazioni necessarie allo sviluppo di un modello "universalmente valido" che si intende raggiungere.

La scelta degli aspetti da privilegiare nello sviluppo e di quelli da rimandare ad una successiva implementazione è legata a questioni di opportunità e utilità del modello: lo sviluppo di un modello valido in Italia è il primo passo in ottica di un futuro utilizzo pratico e le tipologie edilizie scelte sono le più diffuse sul territorio. Tuttavia, rivolgersi al mercato delle nuove costruzioni da questo punto di vista rappresenta una scelta in controtendenza con l'andamento del mercato nazionale che, secondo i dati ISTAT del 2013, vede una spesa di circa 49 miliardi di euro per il recupero del patrimonio esistente, contro i 23 destinati al nuovo.

La scelta in questo caso è ricaduta sul nuovo poiché liberare il modello da fattori difficilmente quantificabili, come demolizioni e grado del recupero da operare, ha permesso uno studio più lineare delle relazioni che ci si prefiggeva di indagare, arrivando a determinare un modello che può essere facilmente espandibile anche al mercato delle ristrutturazioni.

4.1 SCELTA DEI PARAMETRI INFLUENTI

Come già anticipato nei capitoli precedenti, gli strumenti di preventivazione dei costi in fase preliminare attualmente in uso, si basano sul confronto con parametri relativi ad interventi già realizzati (*benchmark*). La natura stessa del confronto fa sì che il modello sia condizionato dalla tipologia edilizia dell'immobile oggetto di stima.

Consideriamo un esempio pratico: si vuole stimare il costo di costruzione di un immobile residenziale pluripiano di 4.000 m² di S.L.P. con parcheggio interrato. Per fare ciò si sceglie di utilizzare il testo "COLLEGIO DEGLI INGEGNERI E ARCHITETTI DI MILANO, *Prezzi – Tipologie edilizie*, Dei, 2012, Milano, pag 56.

Il testo riporta i dati di un intervento di costruzione di un edificio di quattro piani abitabili fuori terra con due vani scala. Il piano interrato è ad uso cantine, locali tecnici e box. Il parametro utilizzato per la misurazione delle superfici è la S.L.P., pari a 2.442 m².

La struttura portante è in calcestruzzo armato in opera con fondazioni del tipo diretto a nastro e a plinto isolato. I solai sono realizzati in travetti prefabbricati in latero cemento, pignatte in laterizio e getto in calcestruzzo di completamento. I tamponamenti perimetrali esterni sono in doppio tavolato con paramento esterno in mattone paramano, cassa vuota con interposto isolante termico e paramento interno in mattone forato. I tavolati divisorii interni sono realizzati con forati di spessore 8 e 12 cm. La copertura è piana praticabile con coibente, guaina elastomerica e cappa di protezione in calcestruzzo. I pavimenti sono in ceramica 20x20 nei servizi igienici, 30x30 nei soggiorni e in parquet prefinito nelle camere. Tutte le pareti non rivestite e i soffitti dei locali sono realizzati con intonaco premiscelato tipo pronto e successiva rasatura a gesso.

I serramenti sono in alluminio con avvolgibili in PVC. Le porte interne in tamburato di legno. L'impianto di riscaldamento è realizzato con caldaie autonome e radiatori; idrico sanitario e elettrico sono di tipo tradizionale, con acqua calda sanitaria prodotta tramite solare termico per il 50% del fabbisogno. Gli impianti di elevazione comprendono due ascensori con portata di n. 6 persone.

Dal testo si riporta in tabella il riassunto dei costi e percentuali di incidenza.

COD.	OPERA	IMPORTO €	%
01	Scavi e rinterrì	124.601,00	2,85
02	Demolizioni e rimozioni	12.685,00	0,29
03	Sottomurazione e micropali	218.661,00	5,00
04	Strutture	1.006.941,00	23,01
05	Isolamenti	58.568,00	1,34
06	Impermeabilizzazioni	94.289,00	2,15
07	Sottofondi e massetti	149.670,00	3,42
08	Tamponamenti esterni	349.828,00	7,99
09	Murature e tavolati	65.284,00	1,49
10	Intonaci, rasature e tinteggiature	341.831,00	7,81
11	Canne e fognature	62.107,00	1,42
12	Opere in marmo	102.088,00	2,33
13	Pavimenti e rivestimenti	222.737,00	5,09
14	Coperture	80.626,00	1,84
15	Serramenti in legno e alluminio	328.806,00	7,51
16	Lattonerie	68.864,00	1,57
17	Opere in ferro	95.949,00	2,19
18	Impianto meccanico	666.593,00	15,23
19	Impianto elettrico	251.071,00	5,74
20	Impianto ascensore	74.670,00	1,71
	Costo totale	4.375.869,00	100,00

Tab.4 - Quadro economico per stima con analogia

Dividendo l'importo totale per la superficie si ottiene il parametro di riferimento pari a 1.806,72 €/m², che si utilizzerà per effettuare la stima. Il costo dell'appalto complessivo sarà stimabile, quindi, in 7.226.880,00 € (4.000 m² x 1.806,72 €/m²).

Ciò può essere considerato corretto solo se le caratteristiche dell'immobile da stimare sono assimilabili a quello di riferimento: è evidente che qualora queste dovessero divergere, l'alea della stima aumenterebbe. Sarebbe quindi necessario trovare un altro caso di riferimento più simile e confrontarlo. A questo punto, avere una precisione elevata diventa praticamente impossibile; ogni immobile, per sua natura, si configura come un prototipo: non esisterà mai un edificio identico con cui confrontarlo e la stima sarà soggetta alla possibilità di trovare o meno un riferimento quanto più simile possibile.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di determinare un modello che abbia validità qualunque siano le caratteristiche e la destinazione d'uso. Per fare ciò è necessario, prima di tutto, individuare i parametri che influiscono sul costo dell'immobile e, in seconda istanza, capire come e quanto incide la loro variazione.

La prima considerazione che si può fare, al fine di rendere "universale" il metodo, è che qualunque edificio, indipendentemente dalla tipologia, è un organismo edilizio che si esplica come l'insieme organizzato di elementi spaziali e di elementi tecnici concepiti e progettati unitariamente, avente caratteristiche di continuità fisica e autonomia funzionale.

Tale argomento è trattato dalla norma "UNI 8290 – Classificazione del sistema tecnologico". La norma articola il sistema tecnologico, ossia l'insieme articolato di unità tecnologiche e di elementi tecnici, su più livelli a cui corrispondono specifici gradi di complessità delle parti costituenti ciascuno di essi. Il primo livello riguarda le classi di unità tecnologiche (ad esempio: struttura portante); il secondo livello riguarda le classi di elementi tecnici (ad esempio: strutture di elevazione); il terzo le classi di elementi tecnici (strutture di elevazione verticali); mentre il quarto è quello degli elementi tecnici (pilastri). Gli elementi appartenenti a ciascun livello sono selezionati in base a criteri di omogeneità.

Di seguito lo schema generale di classificazione UNI:

0. Lavori preparatori		5.6	Impianti di distribuzione gas
0.1	Demolizioni	5.7	Impianti elettrici
0.2	Scavi	5.8	Impianti di telecomunicazione
0.3	Rinterri	5.9	Impianti fissi di trasporto
0.4	Rilevati	6. Impianti di sicurezza	
0.5	Ponteggi	6.1	Impianti antincendio
1. Strutture portanti		6.2	Impianti di messa a terra
1.1	Chiusure verticali	6.3	Impianti parafulmine
1.2	Chiusure orizzontali inferiori	6.4	Impianti antifurto e antintrusione
1.3	Chiusure superiori	7. Isolamenti e impermeabilizzazioni	
2. Chiusure		7.1	Isolamenti termici
2.1	Chiusure verticali	7.2	Isolamenti acustici
2.2	Chiusure orizzontali inferiori	7.3	Isolamenti antincendio
2.3	Chiusure superiori	7.4	Barriera al vapore
3. Partizioni interne		7.5	Impermeabilizzazioni
3.1	Partizioni interne verticali	8. Opere di finitura	
3.2	Partizioni interne orizzontali	8.1	Intonaci
3.3	Partizioni interne inclinate	8.2	Pavimenti e sottofondi
4. Partizioni esterne		8.3	Rivestimenti
4.1	Partizioni esterne verticali	8.4	Zoccolatura
4.2	Partizioni esterne orizzontali	8.5	Cicli protettivi
4.3	Partizioni esterne inclinate	8.6	Trattamenti superficiali
5. Impianti di fornitura servizi		9. Attrezzature interne	
5.1	Impianti di climatizzazione	9.1	Arredo domestico
5.2	Impianti idrosanitari	9.2	Blocco servizi
5.3	Impianti smaltimento liquidi	10. Attrezzature esterne	
5.4	Impianti smaltimenti aeriformi	10.1	Arredi esterni collettivi
5.5	Impianti smaltimenti solidi	10.2	Allestimenti esterni

Tab.5 - Divisione UNI 8290

Poiché ogni sistema edilizio può essere scomposto in queste voci, risulta ovvio che la loro variazione influisce sulla variazione dei costi.

Si è scelto di raggruppare ulteriormente le voci, arrivando al seguente schema:

Livello modello	1	Livello 2 modello	UNI 8290
1.	Scavi e strutture	Scavi e strutture interrati	Lavori preparatori
		Strutture fuori terra	Strutture portanti
2.	Opere edili	Involucro	Chiusure
			Isolamenti e impermeabilizzazioni
		Partizioni interne	Partizioni interne
		Finiture	Opere di finitura
		Sistemazioni esterne	Attrezzature interne
3.	Impianti		Attrezzature esterne
			Impianti di fornitura servizi
			Impianti di sicurezza

Tab.6 - Aggregazione sistema edilizio

La prima aggregazione è funzionale alla generazione del modello: come si vedrà in seguito, ad ogni voce del livello 2 può essere associato un indice che distingue in maniera univoca l'immobile oggetto di stima.

La seconda invece è funzionale all'utilizzo che si fa del modello: spesso le tre voci del livello 1 sono oggetto di appalti differenti; è quindi utile conoscere il valore distinto delle tre categorie.

4.1.1 SCAVI E STRUTTURE INTERRATE

Il modello, come detto nel capitolo introduttivo, è rivolto esclusivamente ad interventi di nuova costruzione; per tale motivo, in questa voce non sono considerate opere di demolizioni. La voce deve quindi tenere conto dell'allestimento del cantiere, dello scavo di scolturamento dell'area e dello scavo di sbancamento. Inoltre, a differenza della norma UNI 8290, si è scelto di differenziare le strutture di fondazione e di elevazione interrata da quelle fuori terra ed includere le prime in questa voce.

Questa scelta è dettata dallo stretto legame che c'è tra volume di scavo e volume di strutture interrate e dal fatto che queste siano sempre realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; mentre quelle fuori terra possono essere di tecnologie differenti.

Questo parametro è funzione delle seguenti variabili:

- area del lotto;
- volume dell'interrato;
- altezza dell'immobile.

L'area del lotto è la variabile che tiene conto dello scavo di scolturamento e dell'allestimento del cantiere; il volume dell'interrato considera lo scavo di sbancamento; l'altezza dell'immobile, in collaborazione con la precedente variabile, influenza le opere strutturali: maggiore sarà il volume dell'interrato, più

strutture ci saranno; inoltre, maggiore sarà l'altezza, maggiore sarà la dimensione di fondazioni e strutture di elevazione.

Riepilogando:

Variabile	Parametro influenzato
Area del lotto	Scavo di scolturamento
Volume interrato	Scavo di sbancamento
	Estensione delle strutture di elevazione interrate
Altezza dell'immobile	Dimensioni delle strutture di fondazione
	Dimensioni delle strutture di elevazione interrate

Tab.7 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per scavi e strutture interrate

4.1.2 STRUTTURE FUORI TERRA

Come anticipato nel paragrafo precedente, le opere strutturali sono influenzate dalla tecnologia con cui sono realizzate e dall'altezza dell'immobile.

Ogni tipologia strutturale ha delle luci caratteristiche che ne influenzano l'incidenza a metro quadro, oltre che un differente costo unitario.

L'altezza, invece, ne influenza le dimensioni in sezione.

Variabile	Parametro influenzato
Materiale	Costo unitario della struttura
	Incidenza a metro quadro
Altezza dell'immobile	Dimensioni delle strutture di elevazione

Tab.8 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per strutture fuori terra

4.1.3 INVOLUCRO

L'utilizzo del termine involucro, riferito all'edilizia, è piuttosto recente e nasce come evoluzione del concetto di chiusura che identificava, come unità distinte tra loro, i tamponamenti esterni (orizzontali, verticali, opachi, trasparenti ecc.). Nel costruire contemporaneo l'involucro edilizio, che identifica l'intero sistema di chiusura esterno, è articolato in diversi strati funzionali e materiali ed è sempre più spesso indagato nelle sue relazioni con il sistema strutturale e quello impiantistico.

Di conseguenza, ogni tipologia di chiusura incide sul costo dell'involucro, proporzionalmente al peso che ha in termini di sviluppo superficiale e in funzione del costo dei singoli strati funzionali.

Come ultima cosa, la superficie complessiva da dover "chiudere" influirà sulla quantità totale di materiale. Essa sarà pari alla somma della superficie laterale e della superficie di copertura dell'immobile.

Riepilogando:

Variabile	Parametro influenzato
Tipologia di chiusure	Costo unitario dell'involucro
Estensione superficiale della chiusura	Peso della chiusura sull'involucro
Superficie laterale	Quantità totale di involucro
Superficie copertura	Quantità totale di involucro

Tab.9 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per involucro

4.1.4 PARTIZIONI INTERNE

Con il termine partizione interna si intende l'elemento di fabbrica che ha il compito di suddividere lo spazio interno in ambienti posti tutti sullo stesso piano d'uso, separando visivamente ambienti contigui in modo da permettere lo svolgimento di attività diversificate.

Generalmente possono essere suddivise in "tradizionali", con blocchi di laterizio o cemento applicati su un letto di malta e intonaco su ambo i lati, e "a secco", con una struttura metallica intermedia, delle lastre di chiusura esterne e un materiale coibente interno.

Le differenti caratteristiche tecnologiche delle due tipologie possono influenzare il costo unitario della partizione; inoltre, ogni differente tipologia edilizia ha una sua caratteristica incidenza delle partizioni sulla superficie complessiva. Ad esempio, in un residenziale saranno presenti maggiori divisori rispetto ad un immobile ad uso uffici, in cui si predilige la realizzazione degli open space.

Quindi, in sintesi:

Variabile	Parametro influenzato
Tecnologia	Costo unitario della partizione
Tipologia edilizia	Incidenza sulla superficie complessiva

Tab.10 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per partizioni interne

4.1.5 FINITURE

Per le finiture occorre fare una differenziazione tra quelle orizzontali (pavimenti) e quelle verticali (rivestimenti interni).

Per quanto riguarda quelle orizzontali, si può considerare che ogni metro quadro di GEA sia rivestito con un materiale, sia esso il povero getto di cemento per pavimenti industriali o l'onerosa pietra naturale. Di conseguenza, il costo delle finiture orizzontali è esclusivamente funzione del materiale utilizzato.

Per le verticali, invece, non può essere effettuato lo stesso discorso. Non tutte le superfici verticali sono rivestite: tipicamente in un residenziale il rivestimento verticale è applicato esclusivamente nei bagni e nelle cucine, mentre un edificio ad uso uffici ha meno bagni e cucine ma è possibile che siano rivestiti alcuni spazi comuni, come le reception.

Si può quindi affermare che la tipologia edilizia influisce sull'incidenza del rivestimento verticale sulla superficie complessiva.

Riepilogando:

Variabile	Parametro influenzato
Materiale	Costo unitario delle finiture orizzontali
	Costo unitario delle finiture verticali
Tipologia edilizia	Incidenza delle finiture verticali sulla superficie complessiva

Tab.11 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per finiture

4.1.6 SISTEMAZIONI ESTERNE

Il costo delle sistemazioni esterne è influenzato, in prima istanza, dalla superficie libera del lotto; in secondo luogo, da come questa superficie è allestita: lo spazio può essere drenante o non drenante, adibito a verde o pavimentato.

Quindi:

Variabile	Parametro influenzato
-----------	-----------------------

Area libera del lotto	Superficie complessiva da sistemare
Tipologia di sistemazione	Costo a metro quadro della sistemazione

Tab.12 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per sistemazioni esterne

4.1.7 IMPIANTI

Ogni immobile ha una sua dotazione impiantistica che influenza il costo complessivo. Il modo in cui questa dotazione è composta è uno dei parametri da valutare all'interno del modello. Inoltre, è necessario fare una differenziazione per tipologia edilizia: ad esempio, non è possibile considerare un impianto idrico sanitario per residenziale alla stregua di uno per uso terziario. E' evidente che ci sia una grossa discrepanza tra il numero di punti acqua delle due differenti destinazioni d'uso, con una conseguente diversa incidenza dell'impianto a metro quadro.

Riepilogando:

Variabile	Parametro influenzato
Dotazione impiantistica	Costo complessivo
Tipologia edilizia	Incidenza a metro quadro

Tab.13 – Riepilogo variabili e parametri influenzati per impianti

4.2 CLASSIFICAZIONE E INDICIZZAZIONE DEI PARAMETRI

Le considerazioni fatte nel paragrafo precedente portano ad affermare che il costo complessivo dell'immobile è influenzato, quindi, da sette parametri:

- I. Scavi e strutture interrata

- II. Strutture di elevazione fuori terra
- III. Involucro
- IV. Partizioni interne
- V. Finiture
- VI. Sistemazioni esterne
- VII. Impianti.

Ognuna di queste voci è influenzata da differenti variabili:

Parametro	Variabili
Scavi e strutture interrato	Area del lotto
	Volume interrato
	Altezza dell'immobile
Strutture di elevazione fuori terra	Materiale
	Altezza dell'immobile
Involucro	Tipologia di chiusure
	Estensione superficiale delle chiusure
	Superficie laterale
	Superficie di copertura
Partizioni interne	Tecnologia
	Tipologia edilizia
Finiture	Materiale
	Tipologia edilizia
Sistemazione esterna	Area del lotto
	Tipologia di sistemazione esterne
Impianti	Dotazione impiantistica
	Tipologia edilizia

Tab.14 – Riepilogo variabili per tutti gli indici

Da questo schema nasce l'idea di descrivere ogni immobile mediante l'utilizzo di sette indici, rappresentati da un parametro, che siano funzione delle variabili citate.

4.2.1 INFORMAZIONI NECESSARIE PER LA DETERMINAZIONE DEGLI INDICI

Al fine di determinare gli indici occorre possedere alcune informazioni di natura morfologica:

- GEA
- Area del lotto
- Area libera del lotto
- Altezza media dell'immobile
- Volume interrato
- Superficie laterale
- Superficie di copertura

e di natura tecnologica:

- Tecnologia delle opere strutturali
- Tipologie di chiusure
- Estensione superficiale delle chiusure in rapporto alla superficie totale dell'involucro
- Tecnologia delle partizioni interne
- Materiali di finitura orizzontale
- Estensione superficiale di ogni materiale di finitura orizzontale in rapporto alla superficie orizzontale totale rivestita
- Materiali di finitura verticale
- Estensione superficiale di ogni materiale di finitura verticale in rapporto alla superficie verticale rivestita
- Tipologia delle sistemazioni esterne

- Estensione superficiale di ogni tipologia di sistemazione esterna in rapporto alla superficie libera di lotto.

4.2.2 CONCEZIONE DI UN EDIFICIO IDEALE ALLA BASE DEL MODELLO

Come precisato nel capitolo introduttivo, lo scopo del modello di stima è la semplicità di utilizzo da parte dell'utente finale. Sarebbe impensabile reperire tutte le informazioni richieste, non solo per oggettive difficoltà di misurazione, ma anche a causa del contesto in cui si effettua la stima. Tali valutazioni estimative vengono effettuate su progetti preliminari spesso carenti o, addirittura, su dei concept.

4.2.2.1 Caratterizzazione morfologica dell'edificio

Si prenda come esempio un complesso ad uso residenziale per una GEA complessiva di 32.500 m² che insiste su un lotto di 5000 m², costituito da tre corpi di fabbrica con copertura rispettivamente di 1.200 m², 1.500 m² e 1.000 m² ed altezza di 25m, 30m e 40m.

	Copertura [m2]	Altezza [m]	Altezza pesata [m]
Corpo 1	1.200,00	25,00	8,00
Corpo 2	1.500,00	30,00	16,80
Corpo 3	1.000,00	40,00	10,80
Totale	3.700,00		35,60

Tab.15 – Calcolo altezza pesata

Il solido ideale sarà un parallelepipedo con altezza pari a 35,60 m.

In funzione della tipologia edilizia vengono fornite delle altezze di interpiano:

Tipologia	Altezza di interpiano
Residenziale	3,50 m
Terziario ad uso uffici	5,50 m
Terziario ad uso commerciale	8,00 m

Tab.16 – Altezza di interpiano in funzione delle tipologie edilizie

L'altezza media deve essere divisa per l'altezza di interpiano ed arrotondata per eccesso all'intero successivo, ottenendo così il numero di piani. In questo caso il risultato è 11.

Dividendo la GEA per il numero di piani si ottiene la superficie media di piano (2.955 m²); avendo idealizzato il solido come un parallelepipedo, questa coinciderà con la superficie di copertura e con l'impronta a terra. Si deduce quindi anche la superficie libera del lotto come differenza tra l'area totale e l'impronta a terra (2.045 m²).

Per quanto riguarda la superficie laterale, essa è ottenibile come perimetro della base per l'altezza. Si è pensato che misurare il perimetro esatto di un edificio in un progetto preliminare potesse risultare poco conveniente; di conseguenza, esso viene dedotto indicando il rapporto di forma dell'edificio ed incrementato in caso di pianta moderatamente e fortemente irregolare o decrementato in caso di forma arrotondata.

Forma	Coefficiente correttivo
Regolare	1,00
Moderatamente irregolare	1,25
Fortemente irregolare	1,50
Arrotondata	0,80

Tab.16 – Coefficienti correttivi per calcolo del perimetro

I coefficienti sono stati dedotti con uno studio sulle forme, frastagliando sempre di più il perimetro di rettangoli con rapporti di forma diversi.

Il calcolo del fattore di forma avviene nel caso di più corpi di fabbrica, considerando in un verso la media dei lati corti degli edifici e nell'altro la somma di quelli lunghi; altrimenti sarà semplicemente il rapporto tra lato corto e lato lungo.

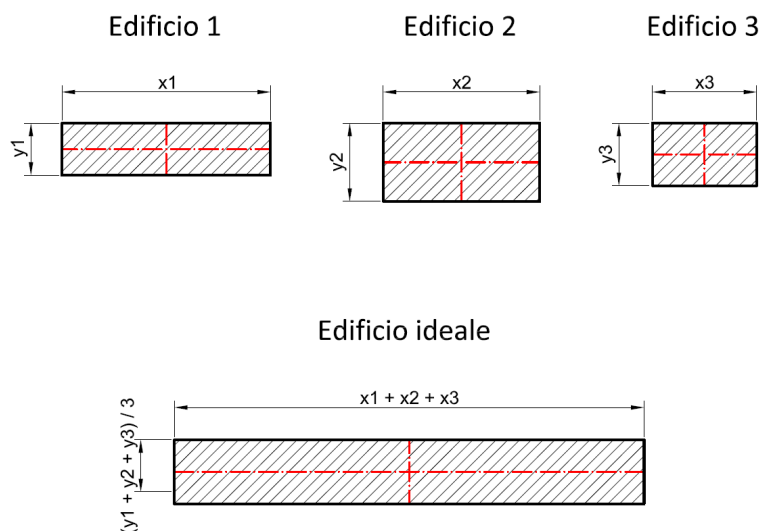


Fig.7 – Calcolo del fattore di forma

Ipotizziamo che i tre corpi di fabbrica abbiano piante con sviluppo rettangolare, con lato corto pari sempre a 20 m e lato lungo pari rispettivamente a 50, 55 e 40 m, con un profilo moderatamente irregolare.

Secondo quanto indicato precedentemente il rapporto di forma dell'edificio è pari a $Y/X = 20/145 = 1/7,5$.

Si ha, quindi, un solido la cui area di base ($A \times B$) è pari a 2.955 m^2 e il fattore di forma (A/B) è uguale a $1/7,5$.

Si ha un sistema di due equazioni e due incognite risolvibile con le seguenti relazioni:

$$A = Y \cdot \sqrt{\frac{\text{Area media piano}}{X \cdot Y}} \qquad B = X \cdot \sqrt{\frac{\text{Area media piano}}{X \cdot Y}}$$

Si ottengono, quindi, i due lati di $19,00$ e $138,00$ m. Il perimetro è dunque $314,00$ al quale deve essere aggiunto un incremento del 25% a causa del profilo moderatamente irregolare ottenendo $392,50$ m.

La superficie laterale è data dall'altezza media moltiplicata per il perimetro, per un valore complessivo di $13.973,00 \text{ m}^2$.

Infine, per concludere la caratterizzazione morfologica dell'edificio, deve essere calcolato il volume interrato: si richiede all'utente di fornire i metri quadri di impronta a terra e il numero di piani interrati. Il volume sarà il prodotto della superficie, per il numero di piani, per un'altezza di interpiano pari sempre a 4 metri.

In conclusione, fornendo esclusivamente i dati di GEA, superficie del lotto, altezza media, rapporto di forma della pianta e superficie interrata, vengono dedotte tutte le altre informazioni morfologiche necessarie alla stima.

4.2.2.2 Caratterizzazione tecnologica dell'edificio

Il secondo flusso di informazioni riguarda le caratteristiche tecnologiche dell'immobile a cui deve necessariamente rispondere l'utente finale in coerenza con le scelte progettuali.

Per permettere l'immissione di tali informazioni è stato creato un database di materiali per finiture, involucro e sistemazioni esterne.

Ad ogni materiale è associato un valore di costo, preso dal "Listino dei Prezzi" del Comune di Milano. Tale cifra è successivamente normalizzata tramite il rapporto con l'importo più alto presente in elenco.

La scelta di normalizzare il valore è dettata dalla comodità, in fase di controllo durante la stesura del modello, di avere una scala che va da 0 a 1 con cui esprimere il costo del materiale.

Finiture interne		
Pavimenti		
Gres di tipo economico incollato	0,18	€ 36,00
Gres di tipo medio incollato	0,27	€ 53,00
Gres di pregio incollato di pregio	0,32	€ 64,00
Pietra naturale di tipo economico incollata	0,46	€ 91,00
Pietra naturale di tipo medio incollata	0,57	€ 113,00
Pietra naturale di pregio incollata	0,74	€ 148,00
Legno di tipo economico incollato	0,42	€ 83,00
Legno di tipo medio incollato	0,50	€ 100,00
Legno di pregio incollato	0,82	€ 163,00
Moquette	0,25	€ 50,00
Battuto di cemento lisciato a frattazzo fino (S&C) ¹⁸	0,05	€ 10,00
Granulato di quarzo	0,08	€ 15,00
Piastrelle a base di cemento	0,30	€ 59,56
Piastrelle semiflessibili in vinile	0,27	€ 53,89
Vinile omogeneo	0,23	€ 46,64
Vinile multistrato effetto legno/pietra	0,36	€ 72,13
Gomma	0,32	€ 63,00
Linoleum	0,28	€ 55,65
Sopraelevato in pvc	0,31	€ 62,78

¹⁸ S&C – "Shell and Core" o "Base Build" è un termine nato negli Stati Uniti per indicare, tipicamente per immobili ad uso ufficio, la mancanza di finiture che saranno applicate dai Tenant a seguito dell'affitto dello spazio.

Soprelevato in gomma	0,34	€ 67,38
Soprelevato con moquette	0,39	€ 78,00
Sopraelevato in gres di tipo economico	0,39	€ 78,68
Sopraelevato in gres di tipo medio	0,49	€ 97,36
Sopraelevato in gres si pregio	0,58	€ 115,00
Sopraelevato in marmo ricomposto	0,50	€ 100,32
Sopraelevato in granito	0,65	€ 130,00
Sopraelevato in legno	0,60	€ 120,00
Rivestimenti		
Gres di tipo economico	0,16	€ 31,43
Gres di tipo medio	0,20	€ 40,00
Gres di pregio	0,25	€ 50,00
Pietra naturale di tipo economico	0,70	€ 140,43
Pietra naturale di tipo medio	0,85	€ 170,14
Pietra naturale di pregio	1,00	€ 200,00
Laminato plastico	0,30	€ 60,00
Lamiera metallica	0,95	€ 190,00
Pannello in legno	0,80	€ 160,00
Pannello cementizio	0,45	€ 90,00
Perline	0,23	€ 45,00
Carta da parato	0,08	€ 15,00

Tab.17 –Valori finiture orizzontali e verticali

Le finiture sono normalizzate su un valore di € 200,00 pari alla pietra naturale di pregio applicata come rivestimento verticale.

Chiusure verticali esterne		
Chiusure opache		
Intonaci		
Intonaco a base di gesso	0,04	€ 28,00
Intonaco civile per interni	0,04	€ 25,00
Intonaco di regolarizzazione	0,02	€ 13,00
Intonaco civile per esterni	0,04	€ 28,18
Finitura per cappotto	0,02	€ 13,00
Isolanti		
Cappotto eps 6 cm + rasatura	0,07	€ 49,19
Cappotto eps 8 cm + rasatura	0,07	€ 51,63

Cappotto eps 10 cm + rasatura	0,08	€ 54,07
Cappotto eps 12 cm + rasatura	0,08	€ 56,51
Eps 6 cm	0,02	€ 15,12
Eps 8 cm	0,03	€ 19,10
Eps 10 cm	0,03	€ 23,08
Eps 12 cm	0,04	€ 27,06
Xps 6 cm	0,02	€ 15,12
Xps 8 cm	0,03	€ 19,10
Xps 10 cm	0,03	€ 23,08
Xps 12 cm	0,04	€ 27,06
Lana di roccia pannello 4 cm	0,01	€ 9,33
Lana di roccia pannello 8 cm	0,02	€ 13,00
Lana di roccia pannello 12 cm	0,02	€ 17,00
Vetro cellulare 4 cm	0,07	€ 45,52
Schiuma poliuretana 6 cm	0,02	€ 13,60
Lana di legno 4 cm	0,02	€ 13,13
Murature		
Laterizio 8 cm	0,03	€ 24,00
Laterizio 12 cm	0,04	€ 29,54
Laterizio 18 cm	0,05	€ 34,89
Laterizio 25 cm	0,07	€ 48,38
Laterizio 30 cm	0,09	€ 59,85
Blocco in cemento 8 cm	0,05	€ 37,86
Blocco in cemento 12 cm	0,07	€ 48,74
Blocco in cemento 20 cm	0,08	€ 54,03
Cartongesso		
Controparete in cartongesso (solo lastra)	0,03	€ 19,90
Controparete in fibrocemento (solo lastra)	0,04	€ 25,00
Controparete in cartongesso con struttura	0,05	€ 35,39
Rivestimento incollato		
Gres di tipo economico	0,04	€ 31,43
Gres di tipo medio	0,05	€ 38,47
Gres di pregio	0,07	€ 50,00
Pietra naturale di tipo economico	0,20	€ 140,43
Pietra naturale di tipo medio	0,24	€ 170,14
Pietra naturale di pregio	0,36	€ 250,00
Rivestimento in doghe di legno	0,11	€ 80,00
Parete ventilata (con sottostruttura)		
Rivestimento per parete ventilata in lastre di gres con sottostruttura	0,15	€ 108,00
Rivestimento per parete ventilata in cotto con sottostruttura	0,14	€ 96,00

Rivestimento per parete ventilata in metallo con sottostruttura	0,10	€ 72,00
Rivestimento per parete ventilata in pietra naturale di tipo economico con sottostruttura	0,19	€ 132,00
Rivestimento per parete ventilata in pietra naturale di tipo medio con sottostruttura	0,26	€ 180,00
Rivestimento per parete ventilata in pietra naturale di pregio con sottostruttura	0,30	€ 210,00
Prefabbricati		
Pannello sandwich in lamiera acciaio	0,13	€ 87,95
Pannello prefabbricato in cemento alleggerito	0,13	€ 88,00
Pannello prefabbricato in cemento con taglio termico	0,19	€ 135,00
Chiusure trasparenti		
Serramenti		
Serranda avvolgibile cieca di sicurezza	0,11	€ 80,00
Serramenti in legno di tipo economico	0,41	€ 290,00
Serramenti in legno di tipo medio	0,76	€ 530,00
Serramenti in legno pregiato	0,97	€ 680,00
Serramenti in alluminio di tipo economico	0,54	€ 380,00
Serramenti in alluminio di tipo medio	0,64	€ 450,00
Serramenti in alluminio di pregio	0,69	€ 480,00
Serramenti in pvc di tipo economico	0,40	€ 282,00
Serramenti in pvc di tipo medio	0,47	€ 332,00
Serramenti in pvc di pregio	0,55	€ 382,00
Facciata continua		
Facciata continua di tipo economico	0,36	€ 250,00
Facciata continua di tipo medio	0,50	€ 350,00
Facciata continua di pregio	0,64	€ 450,00
Frangisole	0,14	€ 100,00
Doppia pelle	1,00	€ 700,00
Chiusure orizzontali esterne		
Massetti		
Massetto di pendenza sp. medio 5 cm	0,04	€ 24,50
Massetto di pendenza sp. medio 10 cm	0,06	€ 40,80
Massetto tradizionale sp. 5 cm	0,02	€ 13,50
Massetto tradizionale sp. 10 cm	0,04	€ 25,15
Massetto alleggerito sp. 5 cm	0,03	€ 22,10
Massetto alleggerito sp. 10 cm	0,05	€ 37,10
Isolanti		
Xps 6 cm	0,02	€ 15,12
Xps 8 cm	0,03	€ 19,10
Xps 10 cm	0,03	€ 23,08

Xps 12 cm	0,04	€ 27,06
Lana di roccia pannello 4 cm	0,01	€ 9,33
Lana di roccia pannello 8 cm	0,02	€ 13,00
Lana di roccia pannello 12 cm	0,02	€ 17,00
Vetro cellulare 4 cm	0,07	€ 45,52
Schiuma poliuretana 6 cm	0,02	€ 13,60
Impermeabilizzanti		
Barriera al vapore in polietilene	0,01	€ 5,00
Doppia membrana bituminosa	0,04	€ 25,00
Manto in vinile	0,02	€ 15,00
Finiture		
Zavorra in ghiaia	0,01	€ 5,00
Pavimento galleggiante in quadrotti di cemento	0,04	€ 30,00
Asfalto	0,02	€ 15,00
Lamiera metallica	0,06	€ 40,00
Lamiera in zinco titanio	0,10	€ 70,00
Tegole marsigliesi	0,04	€ 29,53
Tegole bituminose	0,02	€ 13,45
Fibrocemento	0,02	€ 11,91
Tetto verde		
Sistema green roof intensivo	0,13	€ 92,00
Sistema green roof estensivo	0,15	€ 107,00
Sottostrutture		
Sottostruttura lignea per copertura inclinata	0,06	€ 45,29
Sottostruttura metallica per copertura inclinata	0,04	€ 25,45

Tab.18 –Valori materiali chiusure

I materiali che costituiscono l'involucro sono normalizzati su un valore di € 700,00 dato dalla facciata continua con doppia pelle.

Sistemazioni esterne		
Superfici non drenanti		
Stradale	0,31	€ 63,75
Pavimentazione in gres/cls	0,51	€ 103,60
Pavimentazione in legno per esterni	0,83	€ 168,60
Pavimentazione in pietra naturale	1,00	€ 203,60
Superfici drenanti		

Verde	0,23	€ 46,00
Verde carrabile	0,29	€ 60,00
Autobloccanti	0,28	€ 57,00

Tab.19 –Valori sistemazioni esterne

In questo caso il valore di normalizzazione è dato dalla superficie non drenante con pavimentazione in pietra naturale ed è pari a € 203,60.

E' così possibile fornire le informazioni riguardanti la tecnologia con cui l'immobile è realizzato. Tuttavia, come detto precedentemente, spesso la stima viene effettuata prima ancora che tali decisioni siano prese; inoltre non è raro vedere cambiamenti nei pacchetti stratigrafici anche durante la progettazione esecutiva.

Per ovviare a ciò, sono state create delle stratigrafie preimpostate in base alle scelte progettuali più comuni della pratica edilizia, in maniera tale che l'utente possa comunque ottenere una previsione pur non avendo ancora stabilito l'insieme degli strati funzionali definitivo.

Per le verticali:

Muratura a cappotto	0,22
Intonaco a base di gesso	0,04
Laterizio 25 cm	0,07
Intonaco di regolarizzazione	0,02
Cappotto eps 8 cm + rasatura	0,07
Finitura per cappotto	0,02
Doppia muratura con intercapedine isolata	0,18
Intonaco a base di gesso	0,04
Laterizio 8 cm	0,03
Eps 8 cm	0,03

Laterizio 12 cm	0,04
Intonaco civile per esterni	0,04
Parete ventilata con rivestimento leggero	0,30
Intonaco a base di gesso	0,04
Laterizio 25 cm	0,07
Intonaco di regolarizzazione	0,02
Lana di roccia pannello 8 cm	0,02
Rivestimento per parete ventilata in lastre di gres con sottostruttura	0,15
Parete ventilata con rivestimento pesante	0,40
Intonaco a base di gesso	0,04
Laterizio 25 cm	0,07
Intonaco di regolarizzazione	0,02
Lana di roccia pannello 8 cm	0,02
Rivestimento per parete ventilata in pietra naturale con sottostruttura	0,26

Tab.20 –Valori chiusure verticali prestabilite

Per le orizzontali:

Tetto caldo non praticabile	0,11
Xps 8 cm	0,03
Massetto di pendenza sp. Medio 5 cm	0,04
Doppia membrana bituminosa	0,04
Zavorra in ghiaia	0,01
Tetto caldo praticabile	0,16
Barriera al vapore in polietilene	0,01
Xps 8 cm	0,03
Massetto di pendenza sp. Medio 10 cm	0,06
Doppia membrana bituminosa	0,04
Massetto alleggerito sp. 5 cm	0,03
Pavimento galleggiante in quadrotti di cemento	0,04
Tetto verde estensivo	0,28
Barriera al vapore in polietilene	0,01
Xps 8 cm	0,03
Massetto di pendenza sp. Medio 10 cm	0,06
Doppia membrana bituminosa	0,04
Sistema green roof estensivo	0,15

Tetto verde intensivo	0,26
Barriera al vapore in polietilene	0,01
Xps 8 cm	0,03
Massetto di pendenza sp. Medio 5 cm	0,04
Lamiera metallica	0,06
Sistema green roof intensivo	0,13
Inclinata micro ventilata con copertura in lamiera	0,17
Barriera al vapore in polietilene	0,01
Xps 12 cm	0,04
Sottostruttura lignea per copertura inclinata	0,06
Lamiera metallica	0,06

Tab.21 –Valori chiusure orizzontali prestabilite

Per quanto concerne la tipologia strutturale sono state individuate prima di tutto le principali tecnologie utilizzate:

- Calcestruzzo armato gettato in opera
- Calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso prefabbricato
- Acciaio
- Legno lamellare

Inoltre, sono state valutate tecnologie miste, caratteristiche di alcune tipologie edilizie terziarie:

- C.A., C.A.P. e Acciaio
- C.A., C.A.P. e Legno lamellare.

L'approccio utilizzato per quantificare il costo delle strutture è stato quello di capire quanto mediamente i differenti tipi di strutture influiscano sul costo complessivo. Sono stati presi in analisi diversi edifici e si è estrapolato un valore medio per ogni tecnologia strutturale.

Tipologia strutturale	
Calcestruzzo armato gettato in opera	€ 104,72
C.A. e C.A.P. prefabbricato	€ 87,26
Legno lamellare	€ 500,00
Acciaio	€ 600,00
C.A. + Acciaio ¹⁹	€ 191,00
C.A. + Legno ²⁰	€ 225,00
C.A. + C.A.P + Acciaio ²¹	€ 140,00
C.A. + C.A.P + Legno ²²	€ 172,00

Tab.22 –Valori strutture

Il valore è espresso in €/m² e viene normalizzato durante il calcolo dell'indice.

Stesso discorso è stato fatto per gli impianti, con la differenza che ogni tipologia edilizia è stata esaminata separatamente per i motivi spiegati nel paragrafo. In questo caso il valore è normalizzato su un importo arbitrario di € 700,00

Residenziale	
Idrico sanitario	
Idrico sanitario	0,15 € 105,00
Riscaldamento	
Radiatori	0,07 € 49,00
Pannelli radianti	0,09 € 63,00
Ventilcovettori	0,11 € 77,00

¹⁹ Trattasi di edifici con struttura principale in calcestruzzo armato gettato in opera e elementi secondari, quali pensiline e corpi scala esterni in acciaio.

²⁰ Trattasi di edifici con struttura principale in calcestruzzo armato gettato in opera e copertura in legno lamellare.

²¹ Trattasi di edifici con fondazioni e setti verticali realizzati in cemento armato gettato in opera, pilastri in C.A.P, solette in pannelli prefabbricati e successivo getto integrativo ed elementi secondari quali pensiline e corpi scala esterni in acciaio.

²² Trattasi di edifici con fondazioni e setti verticali realizzati in cemento armato gettato in opera, pilastri in C.A.P, solette in pannelli prefabbricati e successivo getto integrativo e copertura in legno lamellare.

Raffreddamento		
No/autonomo	0,00	€ 0,00
Centralizzato	0,04	€ 28,00
Elettrico		
Standard	0,10	€ 70,00
Con domotica	0,16	€ 112,00
Elevatori		
Fino a 15 piani	0,07	€ 49,00
Oltre 15 piani	0,11	€ 77,00
Altri		
Vmc	0,01	€ 7,00
Trattamento aria	0,04	€ 28,00
Antincendio	0,02	€ 14,00
Controllo accessi e antintrusione	0,05	€ 35,00
Solare termico	0,04	€ 28,00
Fotovoltaico	0,20	€ 140,00
Irrigazione	0,01	€ 7,00

Tab.23 –Valori impianti per residenziale

Uffici		
Idrico sanitario		
Idrico sanitario	0,05	€ 35,00
Riscaldamento		
Ventilconvettori	0,11	€ 77,00
Raffreddamento		
Ventilconvettori	0,05	€ 35,00
Elettrico		
Linea dati	0,27	€ 189,00
Elevatori		
Fino a 15 piani	0,07	€ 49,00
Oltre 15 piani	0,11	€ 77,00
Altri		
Trattamento aria	0,07	€ 49,00
Antincendio	0,02	€ 14,00
Controllo accessi e antintrusione	0,05	€ 35,00
Ups	0,25	€ 175,00
Diffusione sonora	0,02	€ 14,00
Irrigazione	0,01	€ 7,00

Solare termico	0,04	€ 28,00
Fotovoltaico	0,10	€ 70,00

Tab.24 –Valori impianti per terziario ad uso uffici

Centro commerciale		
Idrico sanitario		
Idrico sanitario	0,03	€ 21,00
Riscaldamento		
Ventilconvettori	0,07	€ 49,00
Raffreddamento		
Ventilconvettori	0,03	€ 21,00
Elettrico		
Elettrico	0,10	€ 70,00
Elevatori		
Elevatori	0,08	€ 56,00
Altri		
Trattamento aria	0,03	€ 21,00
Antincendio	0,01	€ 7,00
Controllo accessi e antintrusione	0,02	€ 14,00
Ups	0,20	€ 140,00
Diffusione sonora	0,01	€ 7,00
Irrigazione	0,01	€ 7,00
Solare termico	0,02	€ 14,00
Fotovoltaico	0,05	€ 35,00

Tab.25 –Valori impianti per terziario ad uso commerciale

4.2.3 DETERMINAZIONE DEGLI INDICI

Con le informazioni in possesso è ora possibile arrivare a determinare gli indici che caratterizzano l'immobile da stimare.

Si precisa che le considerazioni fatte in questo paragrafo e i valori di calcolo degli indici sono il frutto di un'analisi dei risultati ottenuti durante la prima stesura del

modello, successivamente corretti e tarati per aumentarne la precisione. Si è trattato di un processo iterativo, del quale si riporta solo l'ultimo passaggio.

4.2.3.1 *Indice scavi e strutture interrato (x_1)*

Come detto in precedenza, questo indice è funzione di area del lotto, volume interrato e altezza dell'immobile.

Esso è costituito da tre termini: il primo che tiene conto dello scolturamento (x_{11}); il secondo dello sbancamento (x_{12}); il terzo delle opere strutturali (x_{13}).

Per x_{11} si è ipotizzato di scavare tutta l'area di intervento per un'altezza di 20 cm, quindi:

$$x_{11} = 0,20 \cdot \text{Area del lotto}$$

Il termine x_{12} è relativo al volume di scavo perciò sarà:

$$x_{12} = \text{Volume interrato}$$

Infine, per le strutture, si è legata l'impronta della struttura all'altezza dell'edificio:

$$x_{13} = 0,07 \cdot \text{Altezza dell'edificio} \cdot \text{Impronta interrato}$$

Il coefficiente 0,07 è stato calcolato, come detto prima, per iterazione.

La somma dei tre termini è stata poi divisa per la GEA. Tale divisione permette di indicare quale sia la quota di scavi e strutture interrate che caratterizza ogni metro quadrato di superficie.

Quindi:

$$x_1 = (x_{11} + x_{12} + x_{13}) / GEA$$

4.2.3.2 Indice strutture di elevazione fuori terra (x_2)

L'indice in analisi è funzione del materiale utilizzato e dell'altezza dell'immobile. Il primo punto è stato già sviscerato nel paragrafo 4.2.2.2, arrivando a determinare un importo di €/m² a seconda della tecnologia scelta. Per il secondo si è fatta la seguente considerazione: si è ipotizzata una pianta di 20 x 100 m con una maglia di pilastri in calcestruzzo, con interasse 5 m in entrambe le direzioni, tre setti da 15 metri e soletta piena.

Con un veloce predimensionamento è stata calcolata la sezione dei pilastri, setti e piastra nel caso di edificio alto 10, 20, 30 e 50 piani.

Sono stati computati i metri cubi di calcestruzzo, i metri quadri di cassero e i kg di acciaio, calcolandone l'incidenza a metro quadro di superficie.

Numero piani	Calcestruzzo [€/m ²]	Casseri [€/m ²]	Acciaio[€/m ²]	Totale [€/m ²]
10	42,74	29,58	43,10	115,42
20	45,43	30,72	46,87	123,02
30	49,03	31,87	52,07	132,97
50	57,87	33,84	65,00	156,71

Tab.26 – Calcolo del costo di struttura in C.A. a metro quadro di superficie per differenti altezze di edificio

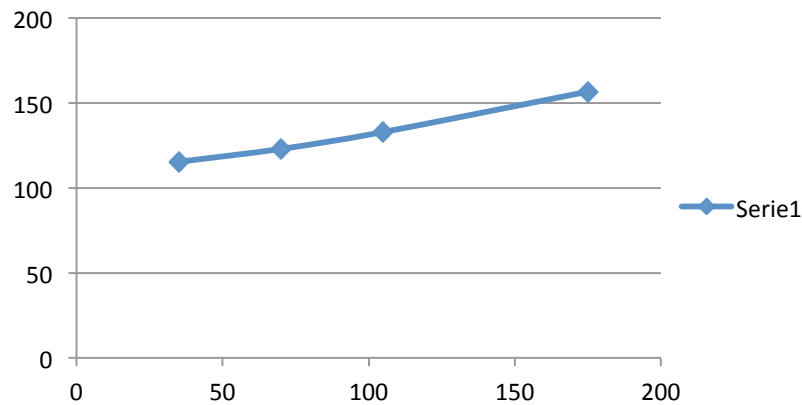


Fig.8 – Grafico dell'andamento del costo di struttura in C.A. a metro quadro di superficie in funzione dell'altezza dell'edificio

Diagrammando i valori su un piano altezza-incidenza, si può notare come il valore di incidenza sia approssimabile ad una retta la cui equazione è:

$$y = 0,29 \cdot x + 104,72$$

Il dato che viene preso in considerazione è la pendenza della retta, cioè il modo in cui l'incidenza cresce al variare dell'altezza.

Si determina quindi l'indice x_2 pari a:

$$x_2 = 1,4 \cdot (A + 0,29 \cdot \text{Altezza dell'edificio}) / 650,00$$

Il valore viene normalizzato su un importo di € 650,00 e corretto con un coefficiente pari a 1,4 calcolato iterativamente. Per analisi dimensionale il coefficiente angolare è espresso in €/m³.

4.2.3.3 Indice involucro (x_3)

Prima di tutto si calcola la quantità di superficie da chiudere con l'involucro edilizio ($S_{\text{involucro}}$), ossia la somma di superficie delle facciate, coincidente con quella laterale, e superficie di copertura.

L'indice complessivo è pari all'indice di ogni tipologia di chiusura (S_i), pesato sull'estensione di tale tipologia in rapporto alla $S_{\text{involucro}}$.

$$x_3 = (\sum S_i x_{3i}) / S_{\text{involucro}}$$

Resta ora da determinare l'indice per ogni chiusura. E' possibile pensare all'indice come al prodotto di un termine qualitativo e di uno quantitativo:

$$x_{3i} = x_{3i,\text{qualitativo}} \cdot x_{3i,\text{quantitativo}}$$

Il termine qualitativo è la somma dei valori dei singoli strati tecnologici riportati in Tab.18, mentre quello quantitativo è il rapporto tra la superficie della chiusura e la GEA:

$$x_{3i,\text{qualitativo}} = \sum x_{3i,\text{qualitativo},\text{strato}}$$

$$x_{3i,\text{quantitativo}} = S_i / \text{GEA}$$

4.2.3.4 *Indice partizioni interne (x4)*

Come per le chiusure, anche per le partizioni è possibile concepire l'indice come un prodotto tra una parte qualitativa e una quantitativa, dove quella qualitativa è data dall'incidenza media per tipologia edilizia.

Per determinare tale valore sono stati analizzati diversi progetti in cui è stato calcolato il rapporto tra i metri lineari di muratura presente e la GEA; si è così individuato un valore medio per ogni tipologia:

Tipologia edilizia	Incidenza murature [m/m ²]
Residenziale	0,33
Terziario ad uso uffici	0,10
Terziario commerciale	0,10

Tab.27 – Incidenza delle partizioni interne in funzione della tipologia edilizia

Per quanto riguarda l'indice qualitativo, inizialmente si è differenziato il valore delle partizioni con tecnologia tradizionale da quelle realizzate a secco. Tuttavia, analizzando i risultati si è visto che facendo convergere i due valori, la precisione del modello aumentava. Si è scelto, quindi, di eliminare il parametro qualitativo ponendo:

$$X_4 = X_{4,\text{quantitativo}}$$

4.2.3.5 Indice finiture (x_5)

Le finiture si suddividono in finiture orizzontali (pavimenti) e finiture verticali (rivestimenti):

$$X_5 = X_{5,\text{orizzontali}} + X_{5,\text{verticali}}$$

Le prime ricoprono la totalità della GEA, mentre le seconde hanno un'incidenza che, come nel caso delle partizioni interne, è influenzata dalla tipologia edilizia.

Per i pavimenti è sufficiente che l'indice rappresenti la qualità della finitura; pertanto, sarà il valore medio pesato di ogni finitura:

$$x_{5,orizzontali} = (\sum S_i x_{5i,orizzontali}) / GEA$$

dove $x_{5i,orizzontali}$ è il valore associato al materiale all'interno della tabella 17.

In questo modo si vuole che le finiture orizzontali siano applicate solo ed esclusivamente alla superficie che costituisce GEA; quindi, non all'interrato, considerandolo non finito. Se invece fosse destinato ad usi diversi dai più comuni, quali cantine, autorimesse e locali tecnici, e fosse applicato un pavimento, per tenerne conto basterà nel calcolo dell' $x_{5,orizzontali}$ sommare anche i prodotti di $S_i x_{5i,orizzontali}$ per le S_i site nel piano interrato. Il rapporto, però, dovrà essere effettuato sempre per la GEA e non per la superficie complessiva finita, creando così un effetto amplificativo al coefficiente finale che tenga conto del rivestimento di superfici che normalmente non sono finite.

Per i rivestimenti, sono stati analizzati diversi progetti ed è stato trovato un valore medio di incidenza su metro quadro di GEA.

Tipologia edilizia	Incidenza rivestimenti verticali [m ² /m ²]
Residenziale	0,22
Terziario ad uso uffici	0,17
Terziario commerciale	0,09

Tab.28 – Incidenza dei rivestimenti verticali in funzione della tipologia edilizia

Quindi:

$$x_{5,verticali} = x_{5,verticali, quantitativo} \cdot (\sum S_i x_{5i,verticali, qualitativo}) / GEA$$

dove $x_{5,verticali, quantitativo}$ è l'incidenza per tipologia e $x_{5i,verticali, qualitativo}$ è il valore riportato in Tab.17.

4.2.3.6 Indice sistemazioni esterne (x_6)

Anche in questo caso l'indice è calcolato come il prodotto di un termine qualitativo e uno quantitativo:

$$X_6 = X_{6,\text{qualitativo}} \cdot X_{6,\text{quantitativo}}$$

dove $x_{6,\text{qualitativo}}$ è la media pesata di ogni tipologia di sistemazione sulla superficie libera di lotto:

$$x_{6,\text{qualitativo}} = (\sum x_{6i,\text{qualitativo}}) / \text{Area libera lotto}$$

ed $x_{6i,\text{qualitativo}}$ è il valore riportato in tabella 19.

Mentre $x_{6,\text{quantitativo}}$ è il rapporto tra la superficie libera di lotto e la GEA

$$X_{6,\text{quantitativo}} = \text{Area libera lotto} / \text{GEA}$$

4.2.3.7 Indice impianti (x_7)

Ad ogni impianto che costituisce la dotazione dell'immobile è associato un valore nelle tabelle 23, 24 e 25. L'indice è calcolato come somma di ogni singolo componente:

$$x_7 = \sum x_{7i}$$

4.2.4 ANALISI DIMENSIONALE DEGLI INDICI

Gli indici descritti sono caratterizzati da differenti dimensioni.

L'indice x_1 rappresenta un volume di scavo rapportato alla GEA: sarà espresso in metri [m].

Gli indici x_2 e x_7 , invece, sono la somma di valori €/m², normalizzati su un valore di riferimento espresso in euro. Ne consegue che la dimensione è espressa nel reciproco di una superficie [m⁻²].

Per quanto riguarda l'involucro x_3 , trattasi di una sommatoria di prodotti tra indici qualitativi adimensionali e indici qualitativi dati dal rapporto di una superficie per la GEA, quindi anche essi adimensionali.

Stesso discorso vale per gli indici x_5 e x_6 che pertanto saranno adimensionali.

Infine per le partizioni interne x_4 , l'indice qualitativo adimensionale è moltiplicato per quello quantitativo dato da un rapporto tra una lunghezza ed una superficie. Ne consegue che l'indice è espresso in [m⁻¹].

4.3 GENERAZIONE DEL MODELLO TRAMITE TEORIA DELLA REGRESSIONE LINEARE MULTIPLA

Avendo tutte le informazioni per calcolare gli indici è possibile generare il modello.

4.3.1 REGRESSIONE LINEARE MULTIPLA – CENNI TEORICI

Molti problemi dell'ingegneria e della scienza hanno a che fare con la determinazione delle relazioni tra due o più insiemi di variabili. La conoscenza di queste relazioni consentirebbe di predire il rendimento per diversi valori di una certa funzione che varia in dipendenza di una seconda. Nelle situazioni più comuni si ha una variabile Y , detta variabile di risposta, e un insieme di m variabili esplicative quantitative x_1, \dots, x_m dette variabili d'ingresso. Il modello suppone che la risposta vari in funzione degli ingressi; per questo Y è anche detta variabile dipendente, mentre le x_i sono le variabili indipendenti. La più semplice relazione che è possibile immaginare è quella lineare; essa si presenta quando per mezzo di opportune costanti b_0, b_1, \dots, b_m vale l'equazione:

$$Y=b_0+b_1x_1+\dots+b_mx_m$$

Se la relazione che lega le variabile fosse questa sarebbe possibile, una volta scoperte le b_i , predire esattamente la risposta per qualunque combinazione delle variabili di ingresso. Nella realtà questo livello di precisione non può essere raggiunto e il massimo che ci si può aspettare è che l'equazione precedente sia valida, salvo che per un errore casuale ϵ .

4.3.2 APPLICAZIONE DELLA TEORIA AL MODELLO

Si è pensato di utilizzare la teoria della regressione lineare multipla per generare un modello di stima.

Alla variabile Y viene assegnato il valore del costo di costruzione in €/m², mentre alle variabili x_i i valori degli indici determinati nel paragrafo precedente.

Di conseguenza la relazione corretta risulta:

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_4X_4+b_5X_5+b_6X_6+b_7X_7$$

Ciò significa che per determinare una relazione devono essere calcolate le otto costanti b_0, b_1, \dots, b_7 , che saranno i termini incogniti di un sistema.

Per determinare otto valori incogniti è necessario avere almeno altrettante equazioni affinché il sistema risulti determinato. Ciò implica che devono essere analizzati almeno otto casi di cui si conoscono la variabile dipendente e le variabili indipendenti X_i .

Tuttavia il set di casi a disposizione per le analisi (cortesemente fornito dallo studio GAD), completi di ogni dato su opere strutturali, opere architettoniche e impianti, constava di soli cinque interventi.

Per incrementare il numero di casi sono stati utilizzati sei progetti pubblicati in COLLEGIO DEGLI INGEGNERI E ARCHITETTI DI MILANO, *Prezzi – Tipologie edilizie*, Dei, 2012, Milano.

I casi presentavano le seguenti informazioni:

- S.L.P.
- Quadro economico
- Descrizione sommaria delle opere
- Pianta del piano tipo (non sempre quotati)
- Prospetti e sezioni (non sempre presenti e non sempre quotati)

Con le informazioni in possesso si è proceduto al calcolo degli indici per tutti i casi; le informazioni non sempre dettagliate hanno fatto sì che queste fossero frutto più di congetture che di reali misurazioni.

Una volta determinate le Y_i (con $i = 1, 2, \dots, 11$) e le $X_{n,i}$ (con $n = 1, 2, \dots, 7$), sono state calcolate le costanti b_m (con $m = 0, 1, \dots, 7$):

$$Y_1 = b_0 + b_1X_{1,1} + b_2X_{2,1} + b_3X_{3,1} + b_4X_{4,1} + b_5X_{5,1} + b_6X_{6,1} + b_7X_{7,1}$$

$$Y_2 = b_0 + b_1X_{1,2} + b_2X_{2,2} + b_3X_{3,2} + b_4X_{4,2} + b_5X_{5,2} + b_6X_{6,2} + b_7X_{7,2}$$

....

$$Y_{11} = b_0 + b_1X_{1,11} + b_2X_{2,11} + b_3X_{3,11} + b_4X_{4,11} + b_5X_{5,11} + b_6X_{6,11} + b_7X_{7,11}$$

4.3.3 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI

Una volta stimate le costanti, è stato possibile applicare l'equazione di regressione lineare multipla ai singoli casi, ottenendo però risultati con scarti ritenuti inammissibili per una stima preliminare. Inoltre, è stato possibile fare un'altra considerazione: la natura con cui gli indici sono stati concepiti fa sì che essi siano direttamente proporzionali al costo. Ogni indice rappresenta una caratteristica dell'immobile che, se incrementata, ne innalza il costo. Basando la stima su un modello di tipo lineare ci si aspetta che le costanti siano tutte positive. Invece, il calcolo delle costanti ha portato come risultato che alcune di queste avessero segno negativo, arrivando al paradosso che migliorando alcune caratteristiche dell'immobile si ottenesse un costo di costruzione più basso.

Le valutazioni che è stata fatta è che ciò fosse dovuto principalmente a due cause:

- Eterogeneità delle fonti
- Approssimazione nel calcolo degli indici

I casi analizzati, come detto provenivano in parte dallo studio GAD e in parte da “Prezzi – Tipologie edilizie”. Sulle prime è stato possibile verificare e uniformare i dati, operazione non possibile sulle seconde; inoltre per le prime il parametro di misurazione delle superfici è stato la GEA, per le altre invece era nota la SLP.

Infine, affinché la teoria della regressione lineare sia valida, le x_i devono essere delle variabili deterministiche, ovvero misurate senza errore. Spesso, nell’analisi di alcuni fenomeni reali, tale ipotesi non è realistica e può essere meno restrittiva; tuttavia l’aver stimato alcuni indici senza misurazioni precise ha senza dubbio compromesso l’efficacia del modello.

In virtù di queste considerazioni, si è deciso di abbandonare tale strada ed elaborare un modello alternativo.

4.4 GENERAZIONE DEL MODELLO TRAMITE CONFRONTO CON CASI DI STUDIO

Si è scelto di elaborare un modello alternativo che potesse essere basato esclusivamente sui casi forniti dallo studio GAD, in maniera tale da non imbattersi nuovamente in problemi causati dall’eterogeneità delle fonti.

4.4.1 DESCRIZIONE DEI CASI DI STUDIO

I casi analizzati, volendo creare un modello “universalmente valido” e quindi non condizionato dalla tipologia edilizia o dalle caratteristiche morfologiche e tecnologiche, presentano caratteristiche assolutamente diverse l’uno dall’altro. Si tratta infatti di immobili con le seguenti destinazioni d’uso:

- Residenziale
- Terziario ad uso uffici
- Terziario ad uso uffici con annesso magazzino
- Commerciale (Store monobrand)

Gli immobili utilizzati sono stati realizzati in anni diversi, partendo dal 2007 fino ad oggi (per alcuni i lavori di costruzione non sono ancora iniziati; si tratta quindi di dati desunti da computi metrici estimativi sviluppati con progetto esecutivo).

Per uniformare tali dati sono stati utilizzati gli indici di attualizzazione ISTAT sui costi costruzione:

Periodo	Indici	Variazioni percentuali	
		Rispetto al periodo precedente	Rispetto al corrispondente periodo dell'anno precedente
2001	76,1	-	+2,3
2002	79,1	-	+3,9
2003	81,5	-	+3,0
2004	84,9	-	+4,2
2005	88,2	-	+3,9
2006	90,7	-	+2,8
2007	94,0	-	+3,6
2008	97,6	-	+3,8
2009	98,5	-	+0,9
2010	100,0	-	+1,5
2011	103,0	-	+3,0
2012	105,4	-	+2,3
2013	106,1	-	+0,7
2012			
gennaio	104,8	+1,3	+2,5
febbraio	105,1	+0,3	+2,9
marzo	105,2	+0,1	+2,5
aprile	105,5	+0,3	+2,7
maggio	105,6	+0,1	+2,6
giugno	105,5	-0,1	+2,1
luglio	105,4	-0,1	+2,0
agosto	105,3	-0,1	+1,8
settembre	105,6	+0,3	+2,0

ottobre	105,7	+0,1	+2,1
novembre	105,6	-0,1	+2,0
dicembre	105,6	0,0	+2,0
2013			
gennaio	105,9	+0,3	+1,0
febbraio	106,2	+0,3	+1,0
marzo	106,0	-0,2	+0,8
aprile	105,9	-0,1	+0,4
maggio	106,3	+0,4	+0,7
giugno	106,1	-0,2	+0,6
luglio	106,1	0,0	+0,7
agosto	106,2	+0,1	+0,9
settembre	106,3	+0,1	+0,7
ottobre	106,0	-0,3	+0,3
novembre	106,0	0,0	+0,4
dicembre	105,9	-0,1	+0,3
2014			
gennaio	105,7	-0,2	-0,2
febbraio	105,9	+0,2	-0,3
marzo	105,5	-0,4	-0,5
aprile	105,7	+0,2	-0,2
maggio	105,6	-0,1	-0,7
giugno	105,7	+0,1	-0,4
luglio	106,1	+0,4	0,0
agosto	106,4	+0,3	+0,2
settembre(a)	106,4	0,0	+0,1

Tab.29 – Indici di adeguamento ISTAT

Nel prosieguo di questo lavoro, per comodità, si farà riferimento ai casi utilizzando il nome del comune in cui sono situati.

4.4.1.1 Caso 1 - Segrate - Residenziale

Il primo caso consiste in un immobile ad uso residenziale sito nel comune di Segrate (MI), realizzato nel 2007.

L'edificio è costituito da quattro corpi di fabbrica da 9 piani fuori terra e interrato, di un piano, comune a tutti e quattro. La struttura è in calcestruzzo armato gettato in opera; le partizioni interne sono tradizionali. Le chiusure verticali opache sono costituite da una doppia muratura con intercapedine isolata, intonacata e in alcuni punti rivestita con doghe in legno e chiusura trasparente in serramenti di alluminio. La copertura è piana di tipo caldo, praticabile. I pavimenti sono in gres porcellanato e legno e i rivestimenti verticali in gres.

Di seguito una scheda riepilogativa con i dati principali dell'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Residenziale
Area geografica	Segrate (MI)
Anno di realizzazione	2007
Adeguamento ISTAT	+13.00%

Tab.30 – Dati caso Segrate

Si riportano le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche dell'edificio, calcolate secondo la teoria di un "solido ideale" proposta al paragrafo 4.2.2.

Informazioni morfologiche	
GEA	66.267,00 m ²
Superficie lotto	26.400,00 m ²
Altezza media	29,00 m
Interpiano	3,50 m
Numero di piani	9,00
Superficie media di piano	7.363,00 m ²
Superficie libera del lotto	19.037,00 m ²
Fattore di forma	1:12,50
Tipo pianta	Irregolare
Perimetro	1078,00 m

Superficie laterale	31.249,00 m ²
Copertura	7.363,00 m ²
Superficie complessiva involucro	38.912,00 m ²
Impronta interrato	15.500,00 m ²
Piani interrati	1,00
Volume interrato	62.000,00 m ³

Tab.31 – Informazioni morfologiche Segrate

Segue il riepilogo delle informazioni tecnologiche. Per le voci che lo richiedono, sono riportati gli indici qualitativi (x_q) calcolati dalle tabelle del paragrafo 4.2.2.2 e le percentuali di estensione superficiali dei materiali.

Informazioni tecnologiche		
Struttura	C.A. in opera	
Facciata	Estensione	x_q
Serramenti in alluminio	17,00 %	0,64
Doppia muratura isolata con intonaco	35,00 %	0,31
Doppia muratura isolata con rivestimento in doghe	48,00 %	0,22
Copertura	Estensione	x_q
Piana isolata praticabile	100,00 %	0,16
Finiture orizzontali	Estensione	x_q
Legno	60,00 %	0,50
Gres	40,00 %	0,16
Finiture orizzontali interrato	no	
Finiture verticali	Estensione	x_q
Gres	100,00 %	0,18
Sistemazioni esterne	Estensione	x_q
Drenante con autobloccanti	100,00 %	0,28
Dotazione impiantistica		x_q
Idrico sanitario		0,15
Riscaldamento con radiatori		0,07
Elettrico		0,10
Elevatori		0,07
Irrigazione		0,01

Tab.32 – Informazioni tecnologiche Segrate

Infine, il quadro economico dell'intervento, adeguato con i valori ISTAT:

Categoria	Importo [€]	%	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	€ 3.480.221,71	5,17 %	€ 52,55
2 Strutture fuori terra	€ 10.563.041,25	15,69 %	€ 159,40
3 Involucro	€ 16.604.164,06	24,66 %	€ 250,56
4 Partizioni interne	€ 4.270.030,44	6,34 %	€ 64,44
5 Finiture	€ 8.570.191,20	12,73 %	€ 129,33
6 Sistemazioni esterne	€ 2.559.236,43	3,80 %	€ 38,62
7 Impianti	€ 21.283.279,93	31,61 %	€ 321,17
TOTALE	€ 67.330.065,02	100,00 %	€ 1.016,04

Tab.33 – Quadro economico Segrate

Con le informazioni fornite, e secondo le metodologie presentate nel paragrafo 4.2.3, possono essere calcolati gli indici x_i .

Categoria	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	1,20
2 Strutture fuori terra	0,24
3 Involucro	0,17
4 Partizioni interne	0,33
5 Finiture	0,42
6 Sistemazioni esterne	0,08
7 Impianti	0,40

Tab.34 – Indici x_i Segrate

4.4.1.2 Caso 2 - San Donato Milanese - Terziario ad uso uffici

Il secondo caso consiste in un immobile ad uso uffici, del quale si è conclusa la gara d'appalto ad inizio 2015, che sarà realizzato nel comune di San Donato Milanese (MI).

Il progetto consta di tre corpi di fabbrica da 7, 8 e 10 piani fuori terra e interrato, di un piano, comune a tutti e tre. La struttura è in calcestruzzo armato gettato in opera, con alcune parti in acciaio, le partizioni interne sono a secco. Le chiusure verticali sono costituite da facciata di tipo continuo con frangisole metallici. La copertura è piana di tipo caldo, non praticabile. I pavimenti interni sono di tipo galleggiante con finitura in tessuto e gres, mentre di tipo tradizionale con rivestimento ceramico nei bagni. I rivestimenti verticali sono lamiera metallica, laminato, gres e pannelli cementizi.

Di seguito una scheda riepilogativa con i dati principali dell'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Terziario ad uso uffici
Area geografica	San Donato Milanese (MI)
Anno di realizzazione	2015
Adeguamento ISTAT	+0,00 %

Tab.35 – Dati caso San Donato

Come prima, si riportano le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche dell'edificio.

Informazioni morfologiche	
GEA	73.980,00 m ²

Superficie lotto	39.430,00 m ²
Altezza media	39,50 m
Interpiano	5,50 m
Numero di piani	8,00
Superficie media di piano	9.247,50 m ²
Superficie libera del lotto	31.182,50 m ²
Fattore di forma	1:20
Tipo pianta	Regolare
Perimetro	1093,00 m
Superficie laterale	43.165,00 m ²
Copertura	9.247,50 m ²
Superficie complessiva involucro	52.412,00 m ²
Impronta interrato	33.630,00 m ²
Piani interrati	1,00
Volume interrato	168.150,00 m ³

Tab.36 – Informazioni morfologiche San Donato

Segue il riepilogo delle informazioni tecnologiche con le informazioni sugli indici qualitativi (x_q) e le percentuali di estensione superficiali dei materiali.

Informazioni tecnologiche		
Struttura	C.A. in opera + Acciaio	
Facciata	Estensione	x_q
Facciata continua di pregio con frangisole	100,00 %	0,79
Copertura	Estensione	x_q
Piana isolata non praticabile	100,00 %	0,16
Finiture orizzontali	Estensione	x_q
Sopraelevato con moquette	55,00 %	0,39
Sopraelevato con gres	25,00 %	0,58
Gres	20,00 %	0,32
Finiture orizzontali interrato	no	
Finiture verticali	Estensione	x_q
Gres	40,00 %	0,25
Pannello cementizio	20,00 %	0,45
Lamiera metallica	20,00 %	0,95

Pannello in legno	20,00 %	0,80
Sistemazioni esterne	Estensione	x_q
Non drenante con pavimentazione in gres/cls	100,00 %	0,31
Dotazione impiantistica		x_q
Idrico sanitario		0,05
Riscaldamento con ventilconvettori		0,11
Raffreddamento con ventilconvettori		0,05
Trattamento aria		0,07
Elettrico con linea dati		0,27
Fotovoltaico		0,10
Elevatori		0,07
Vmc		0,03
Diffusione sonora		0,04
Irrigazione		0,01
Antincendio		0,02

Tab.37 – Informazioni tecnologiche San Donato

Infine, il quadro economico dell'intervento:

Categoria	Importo [€]	%	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	€ 13.870.435,24	8,82 %	€ 187,49
2 Strutture fuori terra	€ 27.437.349,46	17,44 %	€ 370,88
3 Involucro	€ 32.724.978,41	20,80 %	€ 442,35
4 Partizioni interne	€ 3.201.897,60	2,04 %	€ 43,28
5 Finiture	€ 10.716.922,86	6,81 %	€ 144,86
6 Sistemazioni esterne	€ 19.017.120,59	12,09 %	€ 257,06
7 Impianti	€ 50.332.306,66	32,00 %	€ 680,35
TOTALE	€ 157.301.010,82	100,00 %	€ 2.126,26

Tab.38 – Quadro economico San Donato

Possono essere così calcolati gli indici x_i .

Categoria	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	2,74
2 Strutture fuori terra	0,44

3	Involucro	0,48
4	Partizioni interne	0,10
5	Finiture	0,48
6	Sistemazioni esterne	0,13
7	Impianti	0,82

Tab.39 – Indici x_i , San Donato

4.4.1.3 Caso 3 - Pisa - Terziario ad uso commerciale

Il terzo caso riguarda un edificio adibito a centro commerciale monobrand realizzato su due piani fuori terra e senza interrato nel 2013 a Pisa.

Si tratta di una struttura mista in C.A., C.A.P. e acciaio, con tamponamenti in pannelli sandwich, e pavimento interno in granulato di quarzo.

Di seguito una scheda riepilogativa con i dati principali dell'immobile:

Dati di progetto			
Tipologia edilizia	Terziario	ad	uso commerciale
Area geografica	Pisa (PI)		
Anno di realizzazione	2013		
Adeguamento ISTAT	+1,00 %		

Tab.40 – Dati caso Pisa

Come prima si riportano le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche dell'edificio.

Informazioni morfologiche	
GEA	33.862,00m ²
Superficie lotto	42.150,00 m ²

Altezza media	12,00 m
Interpiano	8,00 m
Numero di piani	2,00
Superficie media di piano	16.931,50 m ²
Superficie libera del lotto	25.219,00 m ²
Fattore di forma	1:2,3
Tipo pianta	Moderatamente irregolare
Perimetro	778,00 m
Superficie laterale	9.340,00 m ²
Copertura	16.931,50 m ²
Superficie complessiva involucro	26.271,50 m ²
Impronta interrato	0,00 m ²
Piani interrati	0,00
Volume interrato	0,00 m ³

Tab.41 – Informazioni morfologiche Pisa

Segue il riepilogo delle informazioni tecnologiche con le informazioni sugli indici qualitativi (x_q) e le percentuali di estensione superficiali dei materiali.

Informazioni tecnologiche		
Struttura	C.A. + C.A.P + Acciaio	
Facciata	Estensione	x_q
Pannelli sandwich	85,00 %	0,18
Facciata continua di tipo medio	15,00 %	0,50
Copertura	Estensione	x_q
Piana isolata non praticabile	100,00 %	0,11
Finiture orizzontali	Estensione	x_q
Granulato di quarzo	100,00 %	0,08
Finiture orizzontali interrato	no	
Finiture verticali	Estensione	x_q
Gres	60,00 %	0,20
Tessuto in fibra di vetro	40,00 %	0,06
Sistemazioni esterne	Estensione	x_q
Non drenante con pavimentazione in gres/cls	100,00 %	0,31
Dotazione impiantistica		x_q

Idrico sanitario	0,03
Riscaldamento con ventilconvettori	0,08
Raffreddamento con ventilconvettori	0,03
Trattamento aria	0,03
Elettrico	0,27
Elevatori	0,03
Antincendio	0,01

Tab.42 – Informazioni tecnologiche Pisa

Infine, il quadro economico dell'intervento:

Categoria	Importo [€]	%	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	€ 2.098.401,89	8,83 %	€ 61,97
2 Strutture fuori terra	€ 7.289.142,73	27,89 %	€ 215,26
3 Involucro	€ 3.312.882,22	12,68 %	€ 97,83
4 Partizioni interne	€ 1.323.221,08	5,06 %	€ 39,08
5 Finiture	€ 1.151.371,67	4,41 %	€ 34,00
6 Sistemazioni esterne	€ 4.728.567,57	18,09 %	€ 139,64
7 Impianti	€ 6.232.792,98	23,85 %	€ 184,06
TOTALE	€ 26.136.380,14	100,00 %	€ 771,85

Tab.43 – Quadro economico Pisa

Possono essere così calcolati gli indici x_i .

Categoria	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	0,25
2 Strutture fuori terra	0,31
3 Involucro	0,12
4 Partizioni interne	0,10
5 Finiture	0,09
6 Sistemazioni esterne	0,23
7 Impianti	0,31

Tab.44 – Indici x_i Pisa

4.4.1.4 Caso 4 - Faenza - Terziario ad uso uffici con magazzino

L'immobile in questione, sito a Faenza, è costituito da due corpi di fabbrica destinati uno ad uso uffici e l'altro a magazzino. La parte ad uso uffici è prevalentemente chiusa da una facciata continua; il magazzino è in pannelli sandwich e serranda metallica.

Le partizioni interne sono realizzate a secco e le finiture sono di tipo economico.

Di seguito una scheda riepilogativa con i dati principali dell'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Terziario ad uso uffici
Area geografica	Faenza (RA)
Anno di realizzazione	2009
Adeguamento ISTAT	+8,00 %

Tab.45 – Dati caso Faenza

Come prima si riportano le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche dell'edificio.

Informazioni morfologiche	
GEA	3.905,00 m ²
Superficie lotto	7.830,00 m ²
Altezza media	11,00 m
Interpiano	5,50 m
Numero di piani	2,00
Superficie media di piano	1.953,00 m ²
Superficie libera del lotto	5.878,00 m ²
Fattore di forma	1:10
Tipo pianta	Regolare

Perimetro	372,00 m
Superficie laterale	4.092,00 m ²
Copertura	1.953,00 m ²
Superficie complessiva involucro	6.044,00 m ²
Impronta interrato	1.850,00 m ²
Piani interrati	1,00
Volume interrato	12.296,00 m ³

Tab.46 – Informazioni morfologiche Faenza

Segue il riepilogo delle informazioni tecnologiche con le informazioni sugli indici qualitativi (x_q) e le percentuali di estensione superficiali dei materiali.

Informazioni tecnologiche		
Struttura	C.A. in opera	
Facciata	Estensione	x_q
Facciata continua economica con frangisole	20,00 %	0,50
Facciata continua economica	20,00 %	0,36
Pannello sandwich con lamiera metallica	35,00 %	0,13
Serranda avvolgibile cieca di sicurezza	10,00 %	0,11
Chiusura a secco con lastra in fibrocemento	15,00 %	0,13
Copertura	Estensione	x_q
Piana isolata non praticabile	100,00 %	0,11
Finiture orizzontali	Estensione	x_q
Legno di tipo economico	60,00 %	0,42
Gres	10,00 %	0,18
Pietra naturale di tipo economico	15,00 %	0,46
Granulato di quarzo	15,00 %	0,08
Finiture orizzontali interrato	No	
Finiture verticali	Estensione	x_q
Gres	100,00 %	0,20
Sistemazioni esterne	Estensione	x_q
Drenante con autobloccanti	100,00 %	0,28
Dotazione impiantistica		x_q

Idrico sanitario	0,05
Riscaldamento con ventilconvettori	0,11
Raffreddamento con ventilconvettori	0,05
Trattamento aria	0,07
Elettrico con linea dati	0,27
Elevatori	0,07
Antincendio	0,02

Tab.47 – Informazioni tecnologiche Faenza

Infine, il quadro economico dell'intervento:

Categoria	Importo [€]	%	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	€ 254.658,36	3,76 %	€ 65,21
2 Strutture fuori terra	€ 1.549.373,40	22,89 %	€ 396,77
3 Involucro	€ 1.653.582,60	24,43 %	€ 423,45
4 Partizioni interne	€ 203.372,64	3,01 %	€ 52,08
5 Finiture	€ 610.113,60	9,02 %	€ 156,24
6 Sistemazioni esterne	€ 684.244,76	10,11 %	€ 175,22
7 Impianti	€ 1.812.027,24	26,78 %	€ 464,03
TOTALE	€ 6.767.372,60	100,00 %	€ 1.733,00

Tab.48 – Quadro economico Faenza

Possono essere così calcolati gli indici x_i .

Categoria	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	3,15
2 Strutture fuori terra	0,23
3 Involucro	0,31
4 Partizioni interne	0,10
5 Finiture	0,37
6 Sistemazioni esterne	0,42
7 Impianti	0,66

Tab.49 – Indici x_i , Faenza

4.4.1.5 Caso 5 - Udine - Terziario ad uso uffici

Infine il caso di un terziario ad uso uffici edificato nel comune di Udine costituito da un solo corpo di fabbrica da quattro piani fuori terra e uno interrato. L'involucro è in facciata continua di tipo medio e parete ventilata con rivestimento pesante. Le finiture interne sono di tipo medio.

Di seguito una scheda riepilogativa con i dati principali dell'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Terziario ad uso uffici
Area geografica	Udine (UD)
Anno di realizzazione	2011
Adeguamento ISTAT	+3,00 %

Tab.50 – Dati caso Udine

Come prima si riportano le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche dell'edificio.

Informazioni morfologiche	
GEA	4.709,00 m ²
Superficie lotto	6.281,00 m ²
Altezza media	20,50 m
Interpiano	5,50 m
Numero di piani	4,00
Superficie media di piano	1.177,00 m ²
Superficie libera del lotto	5.104,00 m ²
Fattore di forma	2:3
Tipo pianta	Regolare
Perimetro	169,00 m
Superficie laterale	3.475,00 m ²

Copertura	1.177,00 m ²
Superficie complessiva involucro	4.652,00 m ²
Impronta interrato	705,00 m ²
Piani interrati	1,00
Volume interrato	3.525,0 m ³

Tab.51 – Informazioni morfologiche Udine

Segue il riepilogo delle informazioni tecnologiche con le informazioni sugli indici qualitativi (x_q) e le percentuali di estensione superficiali dei materiali.

Informazioni tecnologiche		
Struttura	C.A. in opera + Acciaio	
Facciata	Estensione	x_q
Facciata continua di tipo medio	10,00 %	0,50
Parete ventilata con rivestimento pesante	90,00 %	0,30
Copertura	Estensione	x_q
Piana isolata non praticabile	100,00 %	0,11
Finiture orizzontali	Estensione	x_q
Sopraelevato con moquette	15,00 %	0,25
Legno di tipo medio	20,00 %	0,50
Gres di pregio	5,00 %	0,32
Granulato di quarzo	60,00 %	0,08
Finiture orizzontali interrato	no	
Finiture verticali	Estensione	x_q
Gres	35,00 %	0,20
Pannelli in legno	65,00 %	0,80
Sistemazioni esterne	Estensione	x_q
Drenante con autobloccanti	100,00 %	0,28
Dotazione impiantistica	x_q	
Idrico sanitario	0,05	
Riscaldamento con ventilconvettori	0,11	
Raffreddamento con ventilconvettori	0,05	
Trattamento aria	0,11	

Elettrico con linea dati	0,27
Elevatori	0,07
Diffusione sonora	0,04
Irrigazione	0,01
Antincendio	0,02

Tab.52 – Informazioni tecnologiche Udine

Infine, il quadro economico dell'intervento:

Categoria	Importo [€]	%	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	€ 534.298,09	6,43 %	€ 113,46
2 Strutture fuori terra	€ 1.480.753,68	17,82 %	€ 314,45
3 Involucro	€ 2.582.012,58	31,07 %	€ 548,31
4 Partizioni interne	€ 228.074,00	2,74 %	€ 48,43
5 Finiture	€ 821.227,36	9,88 %	€ 174,40
6 Sistemazioni esterne	€ 765.000,00	9,20 %	€ 162,45
7 Impianti	€ 1.899.976,00	22,86 %	€ 403,48
TOTALE	€ 8.311.341,71	100,00 %	€ 1.746,99

Tab.53 – Quadro economico Udine

Possono essere così calcolati gli indici x_i .

Categoria	€/m2
1 Scavi e strutture interrato	1,14
2 Strutture fuori terra	0,43
3 Involucro	0,26
4 Partizioni interne	0,10
5 Finiture	0,26
6 Sistemazioni esterne	0,30
7 Impianti	0,75

Tab.54 – Indici x_i Udine

4.4.2 PROCESSO DI GENERAZIONE DEL MODELLO

Per quanto il tentativo di applicazione di un modello di regressione lineare sia stato fallace, ha comunque fornito alcuni spunti che si pongono come base per il successivo modello. Infatti, sono sempre valide le considerazioni fatte precedentemente riguardo ad una variabile dipendente Y (il costo €/m² dell'immobile) influenzata da una serie di variabili dipendenti x_i (indici) e che tra di loro possa esserci una relazione di tipo lineare.

Guardando il quadro economico è possibile notare che ogni voce corrisponde ad ognuno degli indici descritti; pertanto, nella definizione del costo a metro quadro ogni categoria concorre secondo una percentuale diversa di caso in caso.

Consideriamo che Y sia uguale alla somma di sette fattori, ognuno dei quali sia funzione degli indici i -esimi.

$$Y = a_{1(x_1)} + a_{2(x_2)} + a_{3(x_3)} + a_{4(x_4)} + a_{5(x_5)} + a_{6(x_6)} + a_{7(x_7)}$$

Resta da capire in che modo gli indici x_i facciano variare i termini a_i . Considerando che gli indici x_i sono una "fotografia" della qualità e quantità delle singole voci e che il costo totale è pari a un costo unitario (funzione della qualità) moltiplicato per la quantità, è plausibile pensare che la relazione di tipo lineare ipotizzata con le regressioni sia corretta.

Pertanto si definisce $a_{i(x_i)} = b_i \cdot x_i$

ottenendo:

$$Y = b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6 + b_7 \cdot x_7$$

L'approccio scelto per la definizione del modello è quello di confrontare, caso per caso, ogni termine $a_{i(x_i)}$ con il corrispondente valore del quadro economico,

determinando quindi le costanti b_i . Ogni edificio diventa base per un modello di stima.

E'importante ricordare che il risultato di Y è espresso in €/m² e gli indici sono caratterizzati da dimensioni differenti. Pertanto, anche i coefficienti b_i avranno dimensioni diverse.

Facendo riferimento al paragrafo 4.2.4 si calcola che:

b_i	Dimensione
b_1	[€/m ³]
b_2	[€]
b_3	[€/m ²]
b_4	[€/m]
b_5	[€/m ²]
b_6	[€/m ²]
b_7	[€]

Tab.55 – Analisi dimensionale dei coefficienti b_i

4.4.2.1 Generazione dei modelli base

Partendo con *Segrate* si ottiene che:

$$a_{i(x_i), \text{ segrate}} = b_{i, \text{ segrate}} \cdot x_{i, \text{ segrate}}$$

Quindi:

$$b_{i, \text{ segrate}} = a_{i(x_i), \text{ segrate}} / x_{i, \text{ segrate}}$$

Riepilogando in tabella:

Segrate	a_i	x_i	b_i
1 Scavi e strutture interrato	52,52	1,20	35,24
2 Strutture fuori terra	159,40	0,32	654,18
3 Involucro	250,56	0,17	1.473,52
4 Partizioni interne	64,44	0,33	195,26
5 Finiture	129,33	0,42	304,44
6 Sistemazioni esterne	38,62	0,08	480,12
7 Impianti	321,17	0,40	809,46

Tab.56 – Calcolo coefficienti b_i su base Segrate

Una volta calcolate le costanti, possono essere utilizzate per stimare il costo Y degli altri quattro casi.

Si riepilogano in una tabella gli indici x_i :

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Segrate	1,20	0,32	0,17	0,33	0,42	0,08	0,40
San Donato	2,74	0,44	0,48	0,10	0,48	0,13	0,82
Pisa	0,25	0,31	0,12	0,10	0,09	0,23	0,31
Faenza	3,15	0,23	0,31	0,10	0,37	0,42	0,66
Udine	1,14	0,43	0,26	0,10	0,26	0,30	0,75

Tab.57 – Riepilogo coefficienti x_i

I risultati che si ottengono in €/m², sono:

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
San Donato	128,16	286,65	708,67	19,53	145,37	60,72	663,76
Pisa	8,77	200,53	173,71	19,53	28,74	110,85	250,93
Faenza	110,48	152,05	463,94	19,53	112,95	202,34	534,25
Udine	43,36	278,89	388,44	19,53	174,40	145,70	607,10

Tab.58 – Riepilogo a_i su base Segrate

Moltiplicando gli importi per la GEA si ottengono i costi complessivi; si riportano i tre appalti principali a confronto con i dati reali caso per caso.

Nell'ultima colonna si riporta lo scarto percentuale, pari alla differenza tra stima e caso reale rapportato al valore reale.

$$\text{Scarto \%} = (\text{Valore stimato} - \text{Valore Reale}) / \text{Valore reale} = \epsilon$$

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 30.688.045,79	€ 41.307.784,70	-25,71 %	
Opere architettoniche	€ 69.118.890,33	€ 65.660.919,46	5,27 %	
Impianti	€ 49.105.033,20	€ 50.332.306,66	-2,44 %	
Totale	€ 148.911.969,33	€ 157.301.010,82	-5,33%	

Tab.58 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Segrate

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 7.087.465,49	€ 9.387.544,62	-24,50 %	
Opere architettoniche	€ 11.270.042,70	€ 10.516.042,54	7,17 %	
Impianti	€ 8.497.127,38	€ 6.232.792,98	36,33 %	
Totale	€ 26.854.635,58	€ 26.136.380,14	2,75 %	

Tab.59 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Segrate

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 1.025.151,16	€ 1.804.031,76	-43,17 %	
Opere architettoniche	€ 3.119.145,72	€ 3.151.313,60	-1,02 %	
Impianti	€ 2.086.232,96	€ 1.812.027,24	15,13 %	
Totale	€ 6.230.529,84	€ 6.767.372,60	-7,93%	

Tab.60 – Confronto stima-reale Faenza su modello base Segrate

Udine		GEA: 4.709,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	E	
Scavi e opere strutturali	€ 1.517.448,77	€ 2.015.051,77	-24,69 %	
Opere architettoniche	€ 2.980.686,20	€ 4.396.313,94	-32,30 %	
Impianti	€ 2.858.826,40	€ 1.899.976,40	50,47 %	
Totale	€ 7.356.961,36	€ 8.311.341,71	-11,48 %	

Tab.61 – Confronto stima-reale Udine su modello base Segrate

Ottenuti i risultati del modello basato su Segrate, si procede a determinare il secondo modello con base San Donato.

Si calcolano le costanti b_i :

San Donato Milanese		a_i	x_i	b_i
1	Scavi e strutture interrato	187,49	2,74	51,56
2	Strutture fuori terra	370,88	0,44	846,40
3	Involucro	442,35	0,48	919,76
4	Partizioni interne	43,28	0,10	432,81
5	Finiture	144,86	0,48	303,38
6	Sistemazioni esterne	257,06	0,13	829,70
7	Impianti	680,35	0,82	2.032,49

Tab.62 – Calcolo coefficienti b_i su base San Donato

Analogamente a Segrate, si calcolano i valori di a_i basati su San Donato:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	76,83	206,24	156,40	142,83	128,87	163,49	329,20
Pisa	12,84	259,45	108,43	43,28	28,64	469,25	257,21
Faenza	161,61	196,72	289,59	43,28	112,55	856,56	547,60
Udine	63,43	360,83	242,46	43,28	79,03	616,80	622,27

Tab.63 – Riepilogo a_i su base San Donato

Moltiplicando gli importi per la GEA si ottengono i costi complessivi; si riportano i tre appalti principali a confronto con i dati reali caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ϵ
Scavi e opere strutturali		€ 18.757.829,57	€ 14.043.262,96	33,57 %
Opere architettoniche		€ 39.202.859,51	€ 32.003.522,13	22,50 %
Impianti		€ 21.815.209,20	€ 21.283.279,93	2,50 %
Totale		€ 79.775.898,29	€ 67.330.065,02	18,48 %

Tab.64 – Confronto stima-reale Segrate su modello base San Donato

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ϵ
Scavi e opere strutturali		€ 9.220.138,24	€ 9.387.544,62	-1,78 %
Opere architettoniche		€ 21.996.684,21	€ 10.516.042,54	109,17 %
Impianti		€ 8.709.494,59	€ 6.232.792,98	39,74 %
Totale		€ 39.926.317,04	€ 26.136.380,14	52,76 %

Tab.65 – Confronto stima-reale Pisa su modello base San Donato

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 1.399.296,07	€ 1.804.031,76	-22,44 %	
Opere architettoniche		€ 5.084.243,64	€ 3.151.313,60	61,34 %	
Impianti		€ 2.138.373,82	€ 1.812.027,24	18,01 %	
Totale		€ 8.621.913,52	€ 6.767.372,60	27,40%	

Tab.66 – Confronto stima-reale Faenza su modello base San Donato

Udine		GEA: 4.709,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 1.997.822,96	€ 2.015.051,77	-0,86 %	
Opere architettoniche		€ 4.662.236,73	€ 4.396.313,94	5,14 %	
Impianti		€ 2.930.276,54	€ 1.899.976,40	54,23 %	
Totale		€ 9.550.336,23	€ 8.311.341,71	14,91 %	

Tab.67 – Confronto stima-reale Udine su modello base San Donato

Si ripropone lo stesso discorso utilizzando come base Pisa:

Pisa	a _i	x _i	b _i
1 Scavi e strutture interrato	61,97	0,25	248,92
2 Strutture fuori terra	215,26	0,31	702,24
3 Involucro	97,83	0,12	829,91
4 Partizioni interne	39,08	0,10	390,77
5 Finiture	0,09	0,09	360,19
6 Sistemazioni esterne	0,23	0,23	604,84
7 Impianti	0,31	0,31	593,76

Tab.68 – Calcolo coefficienti b_i su base Pisa

Si determinano i valori di a_i :

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	370,92	171,11	141,12	128,95	153,01	48,65	235,59
San Donato	905,18	307,71	399,13	39,08	171,99	76,50	486,88
Faenza	780,26	163,21	261,30	39,08	133,63	254,90	391,88
Udine	306,22	299,37	218,77	39,08	93,83	183,55	445,32

Tab.69 – Riepilogo a_i su base Pisa

Si riportano i tre appalti principali a confronto con i dati reali, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 35.918.633,49	€ 14.043.262,96	157,77 %	
Opere architettoniche	€ 31.260.437,12	€ 32.003.522,13	-2,32 %	
Impianti	€ 15.611.661,66	€ 21.283.279,93	-26,65 %	
Totale	€ 82.790.732,28	€ 67.330.065,02	22,96 %	

Tab.70 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Pisa

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 89.729.580,40	€ 41.307.784,70	117,22 %	
Opere architettoniche	€ 50.801.805,70	€ 65.660.919,46	-22,63 %	
Impianti	€ 36.019.408,98	€ 50.332.306,66	-28,44 %	
Totale	€ 176.550.795,08	€ 157.301.010,82	12,24 %	

Tab.71 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Pisa

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere	€ 3.684.268,28	€ 1.804.031,76	104,22 %	

strutturali			
Opere architettoniche	€ 2.690.173,81	€ 3.151.313,60	-14,63 %
Impianti	€ 1.530.288,72	€ 2.086.232,96	-15,55 %
Totale	€ 7.904.730,81	€ 6.767.372,60	16,81 %

Tab.72 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Pisa

Udine		GEA: 4.709,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 2.851.716,06	€ 2.015.051,77	41,52 %	
Opere architettoniche	€ 2.520.406,13	€ 4.396.313,94	-42,67 %	
Impianti	€ 2.096.999,64	€ 1.899.976,40	10,37 %	
Totale	€ 7.469.121,84	€ 8.311.341,71	-10,13 %	

Tab.73 – Confronto stima-reale Udine su modello base Pisa

Si ripete l'attività avendo come base Faenza:

Faenza	a _i	x _i	b _i
1 Scavi e strutture interrato	65,21	3,15	20,80
2 Strutture fuori terra	396,77	0,23	1.707,10
3 Involucro	423,45	0,31	520,80
4 Partizioni interne	52,08	0,10	1.344,92
5 Finiture	156,24	0,37	421,13
6 Sistemazioni esterne	175,22	0,42	703,07
7 Impianti	464,03	0,66	415,78

Tab.74 – Calcolo coefficienti b_i su base Faenza

Si determinano i valori di a_i:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	31,00	415,96	228,70	171,86	178,90	33,44	278,96
San Donato	75,65	748,02	646,82	52,08	201,09	52,59	576,52
Pisa	5,18	523,29	158,55	52,08	39,75	95,99	217,95

Udine	25,59	727,76	354,54	52,08	109,70	126,18	527,30
-------	-------	--------	--------	-------	--------	--------	--------

Tab.75 – Riepilogo a, su base Faenza

Si riportano i tre appalti principali a confronto con i dati reali, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 29.618.742,25	€ 14.043.262,96	110,91 %
Opere architettoniche		€ 40.615.087,18	€ 32.003.522,13	26,91 %
Impianti		€ 18.485.894,74	€ 21.283.279,93	-13,14 %
Totale		€ 88.719.724,17	€ 67.330.065,02	31,77 %

Tab.76 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Faenza

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 60.935.434,51	€ 41.307.784,70	47,52 %
Opere architettoniche		€ 70.471.754,46	€ 65.660.919,46	7,33 %
Impianti		€ 42.650.873,27	€ 50.332.306,66	-15,26 %
Totale		€ 174.058.062,24	€ 157.301.010,82	10,65 %

Tab.77 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Faenza

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 17.894.900,59	€ 9.387.544,62	90,62 %
Opere architettoniche		€ 11.728.979,68	€ 10.516.042,54	11,53 %
Impianti		€ 7.380.300,54	€ 6.232.792,98	18,41 %
Totale		€ 37.004.180,80	€ 26.136.380,14	41,58 %

Tab.78 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Faenza

Udine		GEA: 4.709,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ϵ
Scavi e opere strutturali		€ 3.547.543,79	€ 2.015.051,77	76,05 %
Opere architettoniche		€ 3.025.532,84	€ 4.396.313,94	-31,18 %
Impianti		€ 2.483.074,23	€ 1.899.976,40	30,69 %
Totale		€ 9.056.150,86	€ 8.311.341,71	8,96 %

Tab.79 – Confronto stima-reale Udine su modello base Faenza

Infine, si genera il modello basato sull'ultimo caso:

Udine	a_i	x_i	b_i
1 Scavi e strutture interraste	113,46	1,14	92,23
2 Strutture fuori terra	314,45	0,43	737,61
3 Involucro	548,31	0,26	2.080,00
4 Partizioni interne	48,43	0,10	484,34
5 Finiture	174,40	0,26	669,46
6 Sistemazioni esterne	162,45	0,30	535,32
7 Impianti	403,48	0,75	537,97

Tab.80 – Calcolo coefficienti b_i su base Udine

Si determinano i valori di a_i :

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	137,44	179,73	353,69	159,83	284,39	43,06	213,45
San Donato	335,40	323,21	1.000,35	48,43	319,67	67,70	441,14
Pisa	22,96	226,10	245,20	48,30	63,20	123,59	166,77
Faenza	289,11	171,44	654,89	48,43	248,37	225,60	255,06

Tab.81 – Riepilogo a_i su base Udine

Si riportano i tre appalti principali a confronto con i dati reali, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 21.017.673,11	€ 14.043.262,96	49,66 %
Opere architettoniche		€ 55.728.625,72	€ 32.003.522,13	74,13 %
Impianti		€ 14.144.867,67	€ 21.283.279,93	-33,54 %
Totale		€ 90.891.166,50	€ 67.330.065,02	34,99 %

Tab.82 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Udine

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 48.723.716,05	€ 41.307.784,70	17,95 %
Opere architettoniche		€ 106.246.844,37	€ 65.660.919,46	61,81 %
Impianti		€ 32.635.204,66	€ 50.332.306,66	-35,16 %
Totale		€ 187.605.765,08	€ 157.301.010,82	19,27 %

Tab.83 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Udine

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 8.433.802,41	€ 9.387.544,62	-10,16 %
Opere architettoniche		€ 16.268.234,68	€ 10.516.042,54	54,70 %
Impianti		€ 5.647.190,79	€ 6.232.792,98	-9,40 %
Totale		€ 30.349.227,88	€ 26.136.380,14	16,12 %

Tab.84 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Udine

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere		€ 1.798.441,46	€ 1.804.031,76	-0,31 %

strutturali			
Opere architettoniche	€ 4.597.357,86	€ 3.151.313,60	45,89 %
Impianti	€ 1.386.510,41	€ 1.812.027,24	-23,48 %
Totale	€ 7.782.309,74	€ 6.767.372,60	15,00 %

Tab.85 – Confronto stima-reale Faenza su modello base Udine

Il processo ha portato la generazione di 5 modelli. Si sceglie come parametro di valutazione della precisione del modello lo scarto quadratico medio σ_ε .

Esso è definito dalla formula:

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon^2}{N}}$$

Si riportano i risultati dei tre singoli appalti e quelli totali:

Scavi e strutture						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ε
1 Segrate	0,00%	-25,71%	-24,50%	-43,17%	-24,69%	15,28%
2 San Donato	33,57%	0,00%	-1,78%	-22,44%	-0,86%	10,11%
3 Pisa	155,77%	117,22%	0,00%	104,22%	41,52%	56,23%
4 Faenza	110,91%	47,52%	90,62%	0,00%	76,05%	42,25%
5 Udine	49,66%	17,95%	-10,16%	-0,31%	0,00%	13,44%

Tab.85 – Confronto risultati per scavi e strutture

Opere architettoniche						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ε
1 Segrate	0,00%	5,27%	7,17%	-1,02%	-32,20%	8,36%
2 San Donato	22,50%	0,00%	109,17%	61,34%	5,14%	31,83%
3 Pisa	-2,32%	-22,63%	0,00%	-14,63%	-42,67%	12,63%
4 Faenza	26,91%	7,33%	11,53%	0,00%	-31,18%	10,85%

5 Udine	74,13%	61,81%	54,70%	45,89%	0,00%	30,01%
---------	--------	--------	--------	--------	-------	--------

Tab.86 – Confronto risultati per opere architettoniche

Impianti						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ϵ
1 Segrate	0,00%	-2,44%	36,33%	15,13%	50,47%	16,01%
2 San Donato	2,50%	0,00%	39,74%	18,01%	54,23%	17,41%
3 Pisa	-26,65%	-28,44%	0,00%	-15,55%	10,37%	10,81%
4 Faenza	-13,14%	-15,26%	18,41%	0,00%	30,69%	10,27%
5 Udine	-33,54%	-35,16%	-9,40%	-23,48%	0,00%	13,70%

Tab.87 – Confronto risultati per impianti

Totale						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ϵ
1 Segrate	0,00%	-5,33%	2,75%	-7,93%	-11,48%	3,80%
2 San Donato	18,48%	0,00%	52,76%	27,40%	14,91%	16,01%
3 Pisa	22,96%	12,24%	0,00%	16,81%	-10,13%	8,15%
4 Faenza	31,77%	10,65%	41,58%	0,00%	8,96%	13,54%
5 Udine	34,99%	19,27%	16,12%	15,00%	0,00%	11,40%

Tab.88 – Confronto risultati per totale

Il modello più preciso risulta essere il primo, generato con base Segrate. Lo scarto quadratico medio del modello è pari al 3,80% con un errore massimo contenuto all'interno di un intervallo di confidenza accettabile pari al $\pm 15,00\%$.

Tuttavia, non convincono ancora gli errori sui singoli appalti. Si effettua così un secondo step per l'individuazione di un modello più preciso.

4.4.2.2 Generazione dei modelli mediati

Per ottenere una maggiore precisione del modello si propongono dei nuovi modelli che abbiano come coefficienti la media dei coefficienti dei modelli base.

Come primo step si prendono in considerazione solo i primi tre casi, trovando un valore medio complessivo e tre valori medi, eliminando di volta in volta un caso.

Di seguito il valore medio tra Segrate, San Donato e Pisa:

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Medio 0	111,91	734,27	1.074,40	339,61	322,67	1039,15	744,31

Tab.89 – Calcolo coefficienti b, su base Medio 0

Si da nome al modello “Medio 0”.

I risultati che si ottengono in €/m² sono:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	166,75	178,92	182,69	112,07	137,07	83,59	295,32
San Donato	406,95	321,74	516,72	33,96	154,08	131,43	610,33
Pisa	27,86	225,08	126,66	33,96	30,46	239,91	230,73
Faenza	350,78	170,66	338,28	33,96	119,71	437,93	491,24
Udine	137,67	313,03	283,22	33,96	84,06	315,35	558,23

Tab.90 – Calcolo a, su base Medio 0

Come per i modelli base, anche per quelli mediati si calcola il valore dei singoli appalti, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 22.906.575,34	€ 14.043.262,96	63,11 %
Opere architettoniche		€ 34.155.606,26	€ 32.003.522,13	6,72 %
Impianti		€ 19.570.050,26	€ 21.283.279,93	-8,05 %
Totale		€ 76.632.231,86	€ 67.330.065,02	13,82 %

Tab.91 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Medio 0

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 53.908.470,30	€ 41.307.784,70	30,50 %
Opere architettoniche		€ 61.860.538,50	€ 65.660.919,46	-5,79 %
Impianti		€ 45.152.249,61	€ 50.332.306,66	-10,29 %
Totale		€ 160.921.258,41	€ 157.301.010,82	2,30 %

Tab.92 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Medio 0

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 8.565.049,45	€ 9.387.544,62	-8,76 %
Opere architettoniche		€ 14.594.256,49	€ 10.516.042,54	38,78 %
Impianti		€ 7.813.138,32	€ 6.232.792,98	25,36 %
Totale		€ 30.972.444,25	€ 26.136.380,14	18,50 %

Tab.93 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Medio 0

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 2.036.238,50	€ 1.804.031,76	12,87 %
Opere architettoniche		€ 3.631.187,72	€ 3.151.313,60	15,23 %
Impianti		€ 1.918.298,50	€ 1.812.027,24	5,86 %

Totale	€ 7.585.724,72	€ 6.767.372,60	12,09 %
--------	----------------	----------------	---------

Tab.94 – Confronto stima-reale Faenza su modello base Medio 0

Udine		GEA: 4.709,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 2.122.329,26	€ 2.015.051,77	5,32 %	
Opere architettoniche	€ 3.374.443,02	€ 4.396.313,94	-23,24 %	
Impianti	€ 2.628.700,86	€ 1.899.976,40	38,35 %	
Totale	€ 8.125.473,14	€ 8.311.341,71	-2,24 %	

Si procede alla generazione del secondo modello mediato, avente per costanti b_i il valore medio tra Segrate e San Donato.

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Medio 1-2	43,40	750,29	1.196,64	314,03	303,91	1.256,31	819,58

Tab.95 – Calcolo coefficienti b_i su base Medio 1-2

Si da nome al modello “Medio 1-2”.

I risultati che si ottengono in €/m² sono:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	64,67	182,82	203,48	103,63	129,10	101,05	325,19
San Donato	157,83	328,76	575,51	31,40	145,12	158,89	672,06
Pisa	10,80	229,99	141,07	31,40	28,69	290,05	254,07
Faenza	136,05	174,38	376,77	31,40	112,75	529,45	540,92
Udine	53,39	319,86	315,45	31,40	79,17	381,25	614,68

Tab.96 – Calcolo a_i su base Medio 1-2

Di seguito si riporta il valore dei singoli appalti, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 16.400.546,27	€ 14.043.262,96	16,79 %
Opere architettoniche		€ 35.603.190,82	€ 32.003.522,13	11,25 %
Impianti		€ 21.549.244,57	€ 21.283.279,93	1,25 %
Totale		€ 73.552.981,66	€ 67.330.065,02	9,24 %

Tab.97 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Medio 1-2

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 35.997.915,25	€ 41.307.784,70	-12,85 %
Opere architettoniche		€ 67.389.904,90	€ 65.660.919,46	2,63 %
Impianti		€ 49.718.669,93	€ 50.332.306,66	-1,22 %
Totale		€ 153.106.490,07	€ 157.301.010,82	-2,67 %

Tab.97 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Medio 1-2

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 8.153.801,86	€ 9.387.544,62	-13,14 %
Opere architettoniche		€ 16.633.363,46	€ 10.516.042,54	58,17 %
Impianti		€ 8.603.310,99	€ 6.232.792,98	38,03 %
Totale		€ 33.390.476,31	€ 26.136.380,14	27,75 %

Tab.98 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Medio 1-2

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 1.212.223,61	€ 1.804.031,76	-32,80 %

Opere architettoniche	€ 4.101.694,68	€ 3.151.313,60	30,16 %
Impianti	€ 2.112.303,39	€ 1.812.027,24	16,57 %
Totale	€ 7.426.221,68	€ 6.767.372,60	9,74 %

Tab.99 – Confronto stima-reale Faenza su modello base Medio 1-2

Udine		GEA: 4.709,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 1.757.635,86	€ 2.015.051,77	-12,77 %
Opere architettoniche		€ 3.801.461,46	€ 4.396.313,94	-13,53 %
Impianti		€ 2.894.551,47	€ 1.899.976,40	52,35 %
Totale		€ 8.453.648,79	€ 8.311.341,71	1,71 %

Tab.100 – Confronto stima-reale Udine su modello base Medio 1-2

Il terzo modello mediato è quello generato escludendo San Donato.

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Medio 1-3	142,08	678,21	1.151,71	293,02	332,32	542,48	701,61

Tab.101 – Calcolo coefficienti b_i su base Medio 1-3

Si da nome al modello “Medio 1-3”.

I risultati che si ottengono in €/m² sono:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	211,72	165,26	195,84	96,70	141,17	43,64	278,38
San Donato	516,67	297,18	553,90	29,30	158,68	68,61	575,32
Pisa	35,37	207,90	135,77	29,30	31,37	125,25	217,50
Faenza	445,37	157,63	362,62	29,30	123,29	228,62	463,06

Udine	174,79	289,13	303,61	29,30	86,57	164,63	526,21
-------	--------	--------	--------	-------	-------	--------	--------

Tab.102 – Calcolo a_i su base Medio 1-3

Di seguito si riporta il valore dei singoli appalti, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 24.980.948,23	€ 14.043.262,96	77,89 %
Opere architettoniche		€ 31.631.979,63	€ 32.003.522,13	-1,16 %
Impianti		€ 18.447.470,80	€ 21.283.279,93	-13,32 %
Totale		€ 75.060.398,65	€ 67.330.065,02	11,48 %

Tab.103 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Medio 1-3

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 60.28.813,10	€ 41.307.784,70	45,76 %
Opere architettoniche		€ 59.960.348,02	€ 65.660.919,46	-8,68 %
Impianti		€ 42.562.221,09	€ 50.332.306,66	-15,44 %
Totale		€ 162.731.382,20	€ 157.301.010,82	3,45 %

Tab.104 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Medio 1-3

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 8.237.505,05	€ 9.387.544,62	-12,25 %
Opere architettoniche		€ 10.893.042,62	€ 10.516.042,54	2,58 %
Impianti		€ 7.364.960,18	€ 6.232.792,98	-18,16 %
Totale		€ 26.495.507,86	€ 26.136.380,14	1,37 %

Tab.105 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Medio 1-3

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 2.354.709,72	€ 1.804.031,76	30,52 %	
Opere architettoniche		€ 2.904.659,76	€ 3.151.313,60	-7,83 %	
Impianti		€ 1.808.260,84	€ 1.812.027,24	-0,21 %	
Totale		€ 7.067.630,33	€ 6.767.372,60	4,44 %	

Tab.106 – Confronto stima-reale Faenza su modello base Medio 1-3

Udine		GEA: 4.709,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 2.184.582,41	€ 2.015.051,77	8,41 %	
Opere architettoniche		€ 2.750.546,16	€ 4.396.313,94	-37,44 %	
Impianti		€ 2.477.913,02	€ 1.899.976,40	30,42 %	
Totale		€ 7.413.041,60	€ 8.311.341,71	-10,81 %	

Tab.107 – Confronto stima-reale Udine su modello base Medio 1-3

Infine si mediano i valori di Segrate e Pisa.

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Medio 2-3	150,24	774,32	874,84	411,79	331,78	1.318,66	701,61

Tab.108 – Calcolo coefficienti b, su base Medio 2-3

Si da nome al modello “Medio 2-3”.

I risultati che si ottengono in €/m² sono:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	223,87	188,67	148,76	135,89	140,94	106,07	282,39

San Donato	546,34	339,29	420,74	41,18	158,43	166,78	583,62
Pisa	37,40	237,36	103,13	41,18	31,32	304,45	220,64
Faenza	470,94	179,97	275,44	41,18	123,09	555,73	469,74
Udine	184,82	330,10	230,62	41,18	86,43	400,18	533,79

Tab.109 – Calcolo a_i su base Medio 2-3

Di seguito si riporta il valore dei singoli appalti, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 27.338.231,53	€ 14.043.262,96	94,67 %	
Opere architettoniche	€ 35.231.648,32	€ 32.003.522,13	10,09 %	
Impianti	€ 18.713.435,43	€ 21.283.279,93	-12,07 %	
Totale	€ 81.283.315,28	€ 67.330.065,02	20,72%	

Tab.110 – Confronto stima-reale Segrate su modello base Medio 2-3

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 65.518.682,55	€ 41.307.784,70	58,61 %	
Opere architettoniche	€ 58.231.362,58	€ 65.660.919,46	-11,32 %	
Impianti	€ 43.175.857,82	€ 50.332.306,66	92,10 %	
Totale	€ 166.925.902,95	€ 157.301.010,82	6,12 %	

Tab.111 – Confronto stima-reale San Donato su modello base Medio 2-3

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 9.303.841,43	€ 9.387.544,62	-0,89 %	
Opere architettoniche	€ 16.256.363,38	€ 10.516.042,54	54,59 %	
Impianti	€ 7.471.143,79	€ 6.232.792,98	109,38 %	
Totale	€ 33.031.348,59	€ 26.136.380,14	26,38 %	

Tab.112 – Confronto stima-reale Pisa su modello base Medio 2-3

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali	€ 2.541.782,18	€ 1.804.031,76	40,89 %	
Opere architettoniche	€ 3.887.208,72	€ 3.151.313,60	23,35 %	
Impianti	€ 1.834.331,27	€ 1.812.027,24	1,23 %	
Totale	€ 8.263.322,17	€ 6.767.372,60	22,11 %	

Tab.113 – Confronto stima-reale Faenza su modello base Medio 2-3

Udine		GEA: 4.709,00 m ²		
Appalto	Stima	Reale	E	
Scavi e opere strutturali	€ 2.424.769,51	€ 2.015.051,77	20,33 %	
Opere architettoniche	€ 3.571.321,43	€ 4.396.313,94	-18,77 %	
Impianti	€ 2.513.638,09	€ 1.899.976,40	32,30 %	
Totale	€ 8.509.729,04	€ 8.311.341,71	2,39 %	

Tab.114 – Confronto stima-reale Udine su modello base Medio 2-3

Come per quelli base, si confrontano i risultati dei modelli:

Scavi e strutture						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ _ε
Medio 0	75,06%	34,76%	16,08%	9,65%	23,01%	17,58%
Medio 1-2	16,79%	-12,85%	-13,14%	-32,80%	-12,77%	8,62%
Medio 1-3	77,89%	45,76%	-12,25%	30,52%	8,41%	19,30%
Medio 2-3	94,67%	58,61%	-0,89%	40,89%	20,33%	24,07%

Tab.115 – Confronto risultati per scavi e strutture

Opere architettoniche						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_{ϵ}
Medio 0	11,77%	-2,51%	31,97%	11,42%	-25,23%	8,79%
Medio 1-2	11,25%	2,63%	58,17%	30,16%	-13,53%	13,58%
Medio 1-3	-1,16%	-8,68%	3,58%	-7,83%	-37,44%	7,88%
Medio 2-3	10,09%	-11,32%	54,59%	30,16%	-18,77%	13,37%

Tab.116 – Confronto risultati per opere architettoniche

Impianti						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_{ϵ}
Medio 0	-9,32%	-11,53%	23,62%	4,40%	36,44%	9,22%
Medio 1-2	1,25%	-1,22%	38,03%	16,57%	52,35%	13,36%
Medio 1-3	-13,32%	-15,44%	18,16%	-0,21%	30,42%	8,18%
Medio 2-3	-12,07%	92,10%	109,38%	1,23 %	32,30%	29,42%

Tab.117 – Confronto risultati per impianti

Totale						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_{ϵ}
Medio 0	13,82%	2,30%	18,50%	12,09%	-2,24%	5,25%
Medio 1-2	9,24%	-2,67%	27,75%	9,74%	1,71%	6,20%
Medio 1-3	11,48%	3,45%	1,37%	4,44%	-10,81%	3,36%
Medio 2-3	20,72%	6,12%	26,38%	22,11%	2,39%	8,14%

Tab.118 – Confronto risultati per totale

Analizzando questi risultati si nota come il modello Medio 1-3, sia più preciso di Segrate, sia in termini di risultato finale ma, soprattutto, in termini di importi dei tre appalti principali.

Il secondo step consiste nell'introdurre un ulteriore caso, da mediare con i valori di Segrate e Pisa che costituiscono il modello più preciso.

Si calcolano i coefficienti medi tra Segrate, Pisa e prima Faenza (Medio 1-3-4) e poi Udine (Medio 1-3-5):

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Medio 1-3-4	101,66	1.021,17	1.216,12	368,94	361,92	500,25	702,10
Medio 1-3-5	125,47	698,01	1.461,14	356,79	444,70	540,09	647,06

Tab.119 – Calcolo coefficienti b, su base Medio 1-3-4 e Medio 1-3-5

Per questi modelli si riportano direttamente i risultati finali, non avendo portato alcun miglioramento delle prestazioni.

Scavi e strutture						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ϵ
Medio 1-3-4	88,89%	46,34%	22,04%	20,35%	30,96%	21,82%
Medio 1-3-5	68,48%	36,49%	-11,55%	20,25%	5,61%	16,24%

Tab.120 – Confronto risultati per scavi e strutture

Opere architettoniche						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ϵ
Medio 1-3-4	11,77%	-2,51%	31,97%	11,42%	-25,23%	8,79%
Medio 1-3-5	11,25%	2,63%	58,17%	30,16%	-13,53%	13,58%

Tab.121 – Confronto risultati per opere architettoniche

Impianti						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ_ϵ
Medio 1-3-4	-13,26%	-15,38%	18,25%	-0,14%	30,51%	8,19%
Medio 1-3-5	-20,06%	-22,01%	8,98%	-7,97%	20,28%	7,60%

Tab.122 – Confronto risultati per impianti

Modello	Totale					σ_ϵ
	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	
Medio 1-3-4	18,24%	5,85%	14,78%	2,96%	-4,22%	4,95%
Medio 1-3-5	19,32%	8,72%	6,29%	7,96%	-7,21%	4,92%

Tab.123 – Confronto risultati per totale

Analizzando i dati è possibile vedere come il modello Medio 1-3-5 abbia leggermente ridotto lo scarto su impianti, scavi e strutture ma abbia innalzato quello su opere architettoniche e totale.

Si può quindi concludere che il modello più preciso sia Medio 1-3, con uno scarto quadratico medio sul totale pari al 3,36%.

4.4.3 MODELLO DEFINITIVO – ACE

Pur avendo raggiunto un buon livello di precisione si vuole ulteriormente minimizzare lo scarto sui singoli appalti.

Analizzando tutti i risultati, non più solo per appalti, ma per indice, si compila un modello misto, in cui ogni indice è preso dal modello che per quella voce ottiene lo scarto minore.

Costante b_i	Modello sorgente	Valore
b_1 Scavi e strutture interrato	Medio 1-2	43,40
b_2 Strutture fuori terra	Medio 1-3	678,21
b_3 Involucro	Segrate	1.473,52
b_4 Partizioni interne	Segrate	195,26
b_5 Finiture	Segrate	304,44
b_6 Sistemazioni esterne	Segrate	480,12

b ₇	Impianti	Medio 1-3	701,61
----------------	----------	-----------	--------

Tab.124 – Scelta dei b_i che garantiscono la maggiore accuratezza

I risultati che si ottengono in €/m² sono:

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
Segrate	64,67	165,26	250,56	64,44	129,33	38,62	278,38
San Donato	157,83	297,18	708,67	19,53	145,37	60,72	575,32
Pisa	10,80	207,90	173,71	19,53	28,74	11,85	217,50
Faenza	136,05	157,63	463,94	19,53	112,95	202,34	463,06
Udine	53,39	289,13	388,44	19,53	79,31	145,70	526,21

Tab.125 – Calcolo a_i

Di seguito si riporta il valore dei singoli appalti, caso per caso:

Segrate		GEA: 66.267,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 15.236.683,59	€ 14.043.262,96	8,50 %
Opere architettoniche		€ 32.003.522,13	€ 32.003.522,13	0,00 %
Impianti		€ 18.447.470,80	€ 21.283.279,93	-13,32 %
Totale		€ 65.687.676,52	€ 67.330.065,02	-2,44 %

Tab.126 – Confronto stima-reale Segrate

San Donato		GEA: 73.980,00 m ²		
Appalto		Stima	Reale	ε
Scavi e opere strutturali		€ 33.661.334,05	€ 41.307.784,70	-18,51 %
Opere architettoniche		€ 69.117.890,33	€ 65.660.919,46	5,27 %
Impianti		€ 42.562.221,09	€ 50.332.306,66	-15,44 %
Totale		€ 145.343.445,48	€ 157.301.010,82	-7,60 %

Tab.127 – Confronto stima-reale San Donato

Pisa		GEA: 33.862,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 7.405.623,43	€ 9.387.544,62	-21,11 %	
Opere architettoniche		€ 11.270.042,70	€ 10.516.042,54	7,17 %	
Impianti		€ 7.364.960,18	€ 6.232.792,98	18,16 %	
Totale		€ 26.040.626,32	€ 26.136.380,14	-0,37 %	

Tab.128 – Confronto stima-reale Pisa

Faenza		GEA: 3.905,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 1.146.803,79	€ 1.804.031,76	-36,43 %	
Opere architettoniche		€ 3.119.145,72	€ 3.151.313,60	-1,02 %	
Impianti		€ 1.808.260,84	€ 1.812.027,24	-0,21 %	
Totale		€ 6.074.210,35	€ 6.767.372,60	-10,24 %	

Tab.129 – Confronto stima-reale Faenza

Udine		GEA: 4.709,00 m ²			
Appalto		Stima	Reale	ε	
Scavi e opere strutturali		€ 1.612.935,17	€ 2.015.051,77	-19,96 %	
Opere architettoniche		€ 2.980.686,20	€ 4.396.313,94	-32,30 %	
Impianti		€ 2.477.913,02	€ 1.899.976,40	-30,42 %	
Totale		€ 7.074.534,39	€ 8.311.341,71	-14,92 %	

Tab.130 – Confronto stima-reale Udine

Confrontando gli scarti si ottiene che:

Scavi e strutture						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ
Definitivo	8,50%	-18,51%	-21,11%	-36,43%	-19,96%	10,17%
Opere architettoniche						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ
Definitivo	0,00%	5,27%	7,17%	10,08%	-32,20%	6,98%
Impianti						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ
Definitivo	-13,32%	-15,44%	18,16%	-0,21%	30,42%	8,18%
Totale						
Modello	Segrate	San Donato	Pisa	Faenza	Udine	σ
Definitivo	-2,44%	-7,60%	-0,37%	-10,24%	-14,92%	3,96%

Tab.131 – Scarti

Si sceglie questo come modello definitivo, al quale viene assegnato il nome di ACE (Aided Cost Estimate), pur non avendo lo scarto quadratico medio più basso sul totale. Si sceglie di compromettere leggermente la precisione complessiva in cambio di una maggiore precisione nella divisione per appalti.

5 VERIFICA DELLA VALIDITA' DEL MODELLO ACE

Il processo di generazione del modello A.C.E. ha portato alla formulazione della seguente relazione di tipo lineare:

$$Y = 43,40 x_1 + 678,21 x_2 + 1.473,52 x_3 + 195,26 x_4 + 304,44 x_5 + 480,12 x_6 + 701,61 x_7$$

Dove:

- Y è il costo di costruzione di un metro quadro di GEA
- I termini x_1 e x_2 costituiscono la quota di scavi e strutture
- I termini x_3 , x_4 , x_5 e x_6 costituiscono la quota delle opere architettoniche
- Il termine x_7 costituisce la quota degli impianti

In sintesi:

$$Y = Y_{\text{scavi e strutture}} + Y_{\text{opere architettoniche}} + Y_{\text{impianti}}$$

Come detto nel capitolo precedente, il modello definitivo basa il calcolo delle sue costanti tramite il confronto con i casi di studio di Segrate, San Donato e Pisa. Nella generazione non sono stati presi in considerazione i casi di Faenza e Udine.

Di conseguenza, essi possono essere utilizzati come test per la determinazione della validità del modello.

Inoltre, avendo scomposto il costo nelle tre categorie principali, è possibile utilizzare come strumento di paragone altri casi forniti sempre dallo studio GAD, in cui sono stati considerati solo alcuni appalti.

5.1 PRESENTAZIONE NUOVI CASI

Seguendo la filosofia alla base di questo lavoro, ossia quella di creare un modello “universale” sono stati presi in considerazione casi molto diversi tra loro:

- Un edificio a torre ad uso uffici
- Un centro commerciale multibrand
- Un edificio a stecca ad uso uffici
- Un residenziale

5.1.1 CASO T1 – TORINO – TERZIARIO AD USO UFFICI

Il primo caso consiste in un immobile ad uso uffici sito nel comune di Torino (TO), realizzato nel 2009.

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica del tipo a torre, di altezza pari a 160 metri e volume interrato che si sviluppa per 5 piani. La struttura è in acciaio, le chiusure verticali sono costituite da doppia pelle e la copertura è piana, isolata e praticabile. Le partizioni interne sono realizzate a secco. I pavimenti sono per la maggior parte di tipo galleggiante con finitura in pvc e legno.

Di questo caso sono noti esclusivamente i dati economici di strutture e opere architettoniche.

Di seguito una scheda riepilogativa con i dati principali dell'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Terziario ad uso uffici
Area geografica	Torino (TO)
Anno di realizzazione	2009
Adeguamento ISTAT	+7,90 %

Tab.132 – Dati caso Torino

Si riportano ora le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche dell'edificio.

Informazioni morfologiche	
GEA	78.652,00 m ²
Superficie lotto	7.500,00 m ²
Altezza media	160 m
Interpiano	5,50 m
Numero di piani	30,00
Superficie media di piano	2.622,00 m ²
Superficie libera del lotto	4.878,00 m ²
Fattore di forma	1:2
Tipo pianta	Moderatamente irregolare
Perimetro	299,00 m
Superficie laterale	47.792,00 m ²
Copertura	2.622,00 m ²
Superficie complessiva involucro	50.414,00 m ²
Impronta interrato	7.406,00 m ²
Piani interrati	5,00
Volume interrato	269.597,00 m ³

Tab.133 – Informazioni morfologiche Torino

A seguire il riepilogo delle informazioni tecnologiche.

Informazioni tecnologiche		
Struttura	Acciaio	
Facciata	Estensione	x_q
Doppia pelle	100,00 %	1,00
Copertura	Estensione	x_q
Piana isolata praticabile	100,00 %	0,16
Finiture orizzontali	Estensione	x_q
Sopraelevato in pvc	70,00 %	0,31
Sopraelevato in legno	15,00 %	0,60
Gres	15,00 %	0,32
Finiture orizzontali interrato	no	
Finiture verticali	Estensione	x_q
Gres	85,00 %	0,25
Pietra	15,00 %	0,85
Sistemazioni esterne	Estensione	x_q
Non drenante con pavimentazione in gres/cls	100,00 %	0,51

Tab.134 – Informazioni tecnologiche Torino

E' quindi possibile calcolare gli indici necessari:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Torino	3,43	1,39	0,88	0,10	0,39	0,03	-

Tab.135 – Calcolo x_i Torino

Infine, il quadro economico dell'intervento, adeguato con i valori ISTAT:

	Categoria	Importo [€]	€/m2
1	Scavi e strutture	€ 86.421.210,29	€ 1.098,78
2	Opere architettoniche	€ 86.369.262,80	€ 1.098,11

Tab.136 – Quadro economico Torino

5.1.2 CASO T2 – BRESCIA – TERZIARIO AD USO COMMERCIALE

L'edificio in questione è un centro commerciale (multibrand), in fase di gara d'appalto. I dati economici noti si riferiscono alle sole opere architettoniche.

Si riportano le informazioni relative all'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Terziario ad uso commerciale
Area geografica	Brescia (BS)
Anno di realizzazione	2015
Adeguamento ISTAT	+0,00 %

Tab.137 – Dati caso Brescia

Informazioni morfologiche	
GEA	87.256,00 m ²
Superficie lotto	76.283,00 m ²
Altezza media	14 m
Interpiano	8 m
Numero di piani	2,00
Superficie media di piano	43.628,00 m ²
Superficie libera del lotto	32.655,00 m ²
Fattore di forma	1:2
Tipo pianta	Regolare
Perimetro	1.072,00 m
Superficie laterale	15.021,00 m ²
Copertura	43.628,00 m ²
Superficie complessiva involucro	58.640,00 m ²
Impronta interrato	33.630,00 m ²
Piani interrati	2,00

Volume interrato	336.300,00 m ³
------------------	---------------------------

Tab.138 – Informazioni morfologiche Brescia

A seguire il riepilogo delle informazioni tecnologiche.

Informazioni tecnologiche		
Facciata	Estensione	x _q
Facciata continua livello medio	20,00 %	0,50
Pannello sandwich con lamiera metallica	40,00 %	0,13
Facciata ventilata in gres su pannello sandwich	40,00 %	0,28
Copertura	Estensione	x _q
Piana isolata non praticabile	100,00 %	0,11
Finiture orizzontali	Estensione	x _q
Battuto di cemento liscio a frattazzo (S&C)	75,00 %	0,05
Gres	25,00 %	0,27
Finiture orizzontali interrato	no	
Finiture verticali	Estensione	x _q
Gres	60,00 %	0,20
Lamiera metallica	40,00 %	0,95
Sistemazioni esterne	Estensione	x _q
Non drenante con pavimentazione in gres/cls	50,00 %	0,51
Drenante con autobloccanti	50,00 %	0,28

Tab.139 – Informazioni tecnologiche Brescia

Si calcolano quindi gli indici necessari:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Brescia	-	-	0,10	0,10	0,16	0,15	-

Tab.140 – Calcolo x_i Brescia

Infine, il quadro economico che in questo caso coincide con le sole opere architettoniche:

Categoria	Importo [€]	€/m ²
1 Opere architettoniche	€ 25.901.241,84	€ 296,84

Tab.141 – Quadro economico Brescia

5.1.3 CASO T3 – BOLOGNA – TERZIARIO AD USO UFFICI

Il terzo caso riguarda un edificio ad uso direzionale del quale sono state appaltate solo le strutture.

Si tratta di un immobile di quattro piani fuori terra e uno interrato con platea di fondazione, parte della struttura di elevazione in C.A.P. prefabbricato e parte in calcestruzzo gettato in opera ed, infine, una copertura con travi di legno lamellare e solaio in XLAM.

Si riportano le informazioni relative all'immobile:

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Terziario ad uso uffici
Area geografica	Bologna (BO)
Anno di realizzazione	2015
Adeguamento ISTAT	+0,00 %

Tab.142 – Dati caso Bologna

Informazioni morfologiche	
GEA	8.668,00 m ²
Superficie lotto	6.000,00 m ²
Altezza media	17,5 m
Interpiano	5,5 m
Numero di piani	4,00

Superficie media di piano	2.167,00 m ²
Superficie libera del lotto	3.833,00 m ²
Fattore di forma	1:1,50
Tipo pianta	Irregolare
Perimetro	314,00 m
Superficie laterale	5.488,00 m ²
Copertura	2.167,00 m ²
Superficie complessiva involucro	7.655,00 m ²
Impronta interrato	3.300,00 m ²
Piani interrati	1,00
Volume interrato	21.742,50 m ³

Tab.143 – Informazioni morfologiche Bologna

In questo caso, avendo già descritto nell'introduzione le caratteristiche della struttura, non si riporta il riepilogo delle caratteristiche tecnologiche, in quanto funzionali esclusivamente al calcolo degli indici delle opere architettoniche, che non saranno oggetto di stima.

Di seguito il calcolo degli indici:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Bologna	2,51	0,27	-	-	-	-	-

Tab.144 – Calcolo x_i Bologna

Infine, il quadro economico:

	Categoria	Importo [€]	€/m ²
1	Scavi e strutture	€ 2.494.100,00	€ 287,74

Tab.145 – Quadro economico Bologna

5.1.4 CASO T4 – MILANO – RESIDENZIALE

L'ultimo caso riguarda un intervento residenziale, anche questo in corso nel 2015. Si tratta di un edificio di 9 piani fuori terra e due interrati. Le chiusure verticali sono in doppia muratura con intercapedine isolata, con finitura in intonaco, in travertino o legno. I serramenti sono in legno e la copertura è a falde, micro ventilata con rivestimento in lamiera metallica. I materiali utilizzati per le finiture interne sono gres, legno e pietra naturale.

In questo caso si conoscono i soli dati economici delle opere architettoniche.

Dati di progetto	
Tipologia edilizia	Residenziale
Area geografica	Milano (MI)
Anno di realizzazione	2015
Adeguamento ISTAT	+0,00 %

Tab.146 – Dati caso Milano

Informazioni morfologiche	
GEA	10.040,00 m ²
Superficie lotto	5.460,00 m ²
Altezza media	28,5 m
Interpiano	3,5 m
Numero di piani	9,00
Superficie media di piano	1.116,00 m ²
Superficie libera del lotto	4.344,00 m ²
Fattore di forma	1:10
Tipo pianta	Irregolare
Perimetro	383,00 m
Superficie laterale	10.927,00 m ²
Copertura	1.116,00 m ²
Superficie complessiva involucro	12.042,00 m ²
Impronta interrato	4.040,00 m ²

Piani interrati	2,00
Volume interrato	49.551,80 m ³

Tab.147 – Informazioni morfologiche Milano

A seguire, il riepilogo delle informazioni tecnologiche.

Informazioni tecnologiche			
Facciata		Estensione	x _q
Doppia muratura con intercapedine isolata e travertino	50,00 %		0,37
Doppia muratura con intercapedine isolata e legno	20,00 %		0,29
Doppia muratura con intercapedine isolata e intonaco	15,00 %		0,18
Serramenti in legno	15,00 %		0,76
Copertura		Estensione	x _q
Copertura inclinata, isolata, micro ventilata con lamiera	100,00 %		0,17
Finiture orizzontali		Estensione	x _q
Legno	30,00 %		0,50
Pietra	15,00 %		0,70
Gres	55,00 %		0,27
Finiture orizzontali interrato		no	
Finiture verticali		Estensione	x _q
Gres	100,00 %		0,20
Sistemazioni esterne		Estensione	x _q
Non drenante con pavimentazione in gres/cls	50,00 %		0,31
Drenante verde	50,00 %		0,23

Tab.148 – Informazioni tecnologiche Milano

Si possono quindi calcolare gli indici:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
Milano	-	-	0,44	0,33	0,47	0,12	

Tab.149 – Calcolo x_i Milano

Infine, si riporta il quadro economico, costituito dalle sole opere architettoniche:

Categoria	Importo [€]	€/m2
1 Opere architettoniche	€ 8.857.175,24	€ 882,19

Tab.150 – Quadro economico Milano

5.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO E ANALISI DEI RISULTATI

Con i nuovi casi proposti e quelli scartati in fase di generazione del modello, si verifica il funzionamento di quest'ultimo.

I risultati che si ottengono sono i seguenti:

Scavi e strutture			
	Stimato	Reale	Scarto %
Faenza	€ 1.146.803,79	€ 1.804.031,76	-36,43%
Udine	€ 1.612.935,17	€ 2.015.051,77	-19,96%
Torino	€ 85.966.881,08	€ 86.421.210,29	-0,53%
Brescia	-	-	-
Bologna	€ 2.527.340,24	€ 2.494.100,00	1,33%
Milano	-	-	-

Tab.151 – Risultati per scavi e strutture

Opere architettoniche			
	Stimato	Reale	Scarto %
Faenza	€ 3.119.145,72	€ 3.151.313,60	-1,02%

Udine	€ 2.980.686,20	€ 4.396.313,94	-32,20%
Torino	€ 83.240.977,24	€ 86.369.262,80	-3,62%
Brescia	€ 24.925.543,47	€ 25.901.241,84	-3,77%
Bologna		-	-
Milano	€ 9.107.440,15	€ 8.857.175,24	2,83%

Tab.152 – Risultati per opere architettoniche

Impianti			
	Stimato	Reale	Scarto %
Faenza	€ 1.808.260,84	€ 1.812.027,24	-0,21%
Udine	€ 2.477.913,02	€ 1.899.976,00	30,42%
Torino	-	-	-
Brescia	-	-	-
Bologna	-	-	-
Milano	-	-	-

Tab.153 – Risultati per impianti

Totale			
	Stimato	Reale	Scarto %
Faenza	€ 6.074.210,35	€ 6.767.372,60	-10,24%
Udine	€ 7.071.534,39	€ 8.311.341,71	-14,92%
Torino	€ 169.207.858,32	€ 172.790.473,09	-2,07%
Brescia	€ 24.925.543,47	€ 25.901.241,84	-3,77%
Bologna	€ 2.527.340,24	€ 2.494.100,00	1,33%
Milano	€ 9.107.440,15	€ 8.857.175,24	2,83%

Tab.154 – Risultati per totale

Analizzando i dati numerici possiamo notare come le stime siano piuttosto precise per i casi aggiunti in un secondo momento, mentre rimangono nel limite di tolleranza del $\pm 15,00\%$ sull'importo totale nei casi di Faenza e Udine.

Soddisfacendo questo requisito, è possibile affermare che il modello sia sufficientemente valido da costituire uno strumento di stima preliminare replicabile su qualsiasi edificio, indipendentemente dalle caratteristiche morfologiche e tecnologiche.

6 CONFRONTO TRA ACE E ALTRI STRUMENTI IN USO

Nel capitolo precedente sono stati esaminati i risultati ottenuti con il modello ACE. Il passaggio successivo, al fine di appurare il valore del metodo, è quello di effettuare un confronto con altri strumenti esistenti.

6.1 APPLICATIVO "COST ESTIMATING MODEL FOR BUILDING"

AACE International ha sviluppato un modello di stima dei costi basato su tecnologia CERs. Non è stato possibile testare il modello in quanto disponibile ai soli membri certificati AACE; per tale motivo, la natura del confronto sarà solamente di tipo metodologico.

Questo modello di stima è costituito da una serie di algoritmi, uno per ogni sistema dell'edificio, dividendo, come nel caso di ACE, l'importo negli appalti principali.

Il modello si applica ai soli edifici di tipo industriale e commerciale con strutture in acciaio o cemento armato. Sono esclusi i residenziali e gli edifici con struttura in legno.

Il modello, al fine di generare una previsione, richiede l'immissione della superficie di GEA²³; la superficie di piano; l'altezza dell'edificio; il numero di piani e il livello delle finiture e degli impianti, divisi in classi qualitative che vanno da 1 a 10.

E' possibile notare come il modello abbia un maggior numero di limitazioni rispetto ad ACE e non tenga conto di alcuni aspetti (materiali utilizzati e dettaglio della dotazione impiantistica) che invece sono presenti nel modello proposto in questa tesi.

6.2 APPLICATIVO CRESME

Tra gli strumenti esistenti è stato possibile testare l'applicativo disponibile sul sito dell'Ordine degli Architetti di Milano, sviluppato dal CRESME²⁴.

L'applicativo è basato su un modello parametrico di stima, riassumibile nel seguente schema di calcolo:

$$C_c = C_{mt} \cdot X_1 \cdot \dots \cdot X_n \cdot Y_1 \cdot \dots \cdot Y_m$$

Dove:

C_c è il costo di costruzione

23 Come per ACE si fa riferimento alla GEA della sola parte fuori terra.

24 Il CRESME (Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio) è un centro studi italiano di carattere socio-economico nato nel 1962 come Associazione senza fini di lucro, allo scopo di promuovere la conoscenza dell'edilizia e delle trasformazioni del territorio, per effettuare ricerche e studi e favorire incontri fra operatori pubblici e privati.

C_{mt} è il costo di costruzione base del modello teorico

$X_{1,n}$ sono fattori correttivi endogeni

$Y_{1,n}$ sono fattori correttivi esogeni.

L'applicativo è subordinato alla creazione di un database riportante i costi di costruzione base in funzione della tipologia edilizia (residenziale, alberghiero, terziario per uffici e commerciale) e, a seguito di alcune richieste all'utente, determina i fattori correttivi esogeni e endogeni.

Le domande riguardano la tecnologia strutturale²⁵, il rendimento energetico, la qualità delle finiture (potendo scegliere tra tre categorie (economica, media e migliore), numero di piani, presenza del seminterrato e sottotetto ed accessibilità al cantiere.

I risultati ottenuti sono divisi, come per ACE nei tre appalti principali di opere strutturali, opere architettoniche e impianti.

²⁵ L'applicativo propone, per le tipologie edilizie residenziali e terziario ad uso ufficio, solo strutture in cemento armato e muratura portante. Non è possibile stimare edifici destinati a tale utilizzo con tecnologie strutturali quali acciaio e legno.

A seguire, si riporta una schermata dell'applicativo:

Nota metodologica

Localizzazione opera

Provincia ▼

Comune ▼

Selezione dei parametri edilizi

<p>1. Tipologia edilizia</p> <hr/> <p><input type="radio"/> Monofamiliare isolata</p> <p><input type="radio"/> Bifamiliare</p> <p><input type="radio"/> Casa a schiera</p> <p><input checked="" type="radio"/> Palazzina plurifamiliare</p> <p>3. Rendimento energetico</p> <hr/> <p><input type="radio"/> Basso</p> <p><input checked="" type="radio"/> Medio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Massimo</p> <p>5. Numero piani</p> <hr/> <p><input type="radio"/> Un piano</p> <p><input type="radio"/> Due piani</p> <p><input checked="" type="radio"/> Tre piani e oltre</p> <p>7. Sottotetto</p> <hr/> <p><input type="radio"/> Presente ed abitabile</p> <p><input type="radio"/> Presente e non abitabile</p> <p><input checked="" type="radio"/> Non presente</p>	<p>2. Tipologia costruttiva</p> <hr/> <p><input checked="" type="radio"/> Cemento armato</p> <p><input type="radio"/> Muratura portante</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Presenza ascensore</p> <p>4. Qualità finiture</p> <hr/> <p><input checked="" type="radio"/> Economica</p> <p><input type="radio"/> Media</p> <p><input type="radio"/> Migliore</p> <p>6. Seminterrato</p> <hr/> <p><input type="radio"/> Presente ed abitabile</p> <p><input checked="" type="radio"/> Presente e non abitabile</p> <p><input type="radio"/> Non presente</p> <p>8. Accessibilità cantiere</p> <hr/> <p><input checked="" type="radio"/> Normale</p> <p><input type="radio"/> Penalizzante</p> <p><input type="radio"/> Molto penalizzante</p>
--	---

Fig.8 – Schermata applicativo CRESME per stime su residenziale di nuova costruzione

6.2.1 CONFRONTO ACE - CRESME

Si immettono i dati relativi ai cinque casi di studio presentati nei capitoli 4 e 5 e si confrontano i risultati con quelli ottenuti tramite l'utilizzo di ACE. E' campita di verde la cella del metodo con lo scarto minore rispetto al costo reale.

Per Segrate:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 14.043.262	€ 15.414.071	€ 31.848.141
Opere architettoniche	€ 32.003.552	€ 32.003.552	€ 46.845.946
Impianti	€ 21.283.279	€ 18.447.470	€ 14.043.262
Totale	€ 67.330.065	€ 65.865.064	€ 89.447.853

Tab.155 – Confronto ACE-CRESME su Segrate

Per San Donato Milanese²⁶:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 41.307.784	€ 33.352.493	€ 55.197.139
Opere architettoniche	€ 65.660.919	€ 69.118.890	€ 100.140.036
Impianti	€ 50.332.306	€ 47.752.735	€ 29.694.032
Totale	€ 157.301.010	€ 150.224.119	€ 185.031.207

Tab.156 – Confronto ACE-CRESME su San Donato

Per Pisa:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 9.387.544	€ 7.511.933	€ 13.046.619
Opere architettoniche	€ 10.516.042	€ 11.270.042	€ 18.181.911
Impianti	€ 6.232.792	€ 7.364.960	€ 4.741.820
Totale	€ 26.136.380	€ 26.146.936	€ 35.940.352

Tab.157 – Confronto ACE-CRESME su Pisa

²⁶ Trattasi di immobile con struttura mista in calcestruzzo armato gettato in opera e acciaio. L'applicativo CRESME non tiene conto di ciò.

Per Faenza:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 1.804.030	€ 1.304.276	€ 2.602.708
Opere architettoniche	€ 3.151.313	€ 3.119.145	€ 3.184.311
Impianti	€ 1.812.027	€ 1.808.260	€ 821.721
Totale	€ 6.767.376	€ 6.231.683	€ 6.608.741

Tab.158 – Confronto ACE-CRESME su Faenza

Per Udine:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 2.015.051	€ 1.660.913	€ 2.555.996
Opere architettoniche	€ 4.396.313	€ 2.980.686	€ 3.616.399
Impianti	€ 1.899.976	€ 2.477.913	€ 1.006.424
Totale	€ 8.311.341	€ 7.119.512	€ 7.178.820

Tab.159 – Confronto ACE-CRESME su Udine

Per Torino²⁷:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 86.421.210	€ 85.966.881	€ 50.017.795
Opere architettoniche	€ 86.369.262	€ 83.240.977	€ 91.136.667
Impianti	-	-	-
Totale	€ 172.790.472	€ 169.207.858	€ 141.154.462

Tab.160 – Confronto ACE-CRESME su Torino

27 Trattasi di immobile con struttura mista in calcestruzzo armato gettato in opera e acciaio. L'applicativo CRESME non tiene conto di ciò.

Per Brescia:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	-	-	-
Opere architettoniche	€ 25.901.242	€ 24.925.543	€ 51.046.775
Impianti	-	-	-
Totale	€ 25.901.242	€ 24.925.543	€ 51.046.775

Tab.161 – Confronto ACE-CRESME su Brescia

Per Bologna:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	€ 2.494.100	€ 2.527.340	€ 5.317.725
Opere architettoniche	-	-	-
Impianti	-	-	-
Totale	€ 2.494.100	€ 2.527.340	€ 5.317.725

Tab.162 – Confronto ACE-CRESME su Bologna

Per Milano:

	Reale	ACE	CRESME
Opere strutturali	-	-	-
Opere architettoniche	€ 8.857.175	€ 9.107.913	€ 15.217.861
Impianti	-	-	-
Totale	€ 8.857.175	€ 9.107.913	€ 15.217.861

Tab.163 – Confronto ACE-CRESME su Milano

Analizzando i risultati è possibile vedere come il metodo ACE sia, nella quasi totalità dei casi, più preciso dell'applicativo CRESME.

Considerando i singoli appalti, l'unico caso in cui l'applicativo ha la meglio riguarda le opere architettoniche di Udine. E' possibile inoltre vedere come questo applicativo sottostimi notevolmente, fino anche a valori del 120% (vedi Faenza), il costo degli impianti.

Come detto nei capitoli precedenti, uno degli obiettivi del modello ACE è quello di garantire una sufficiente precisione nella divisione dei tre appalti principali; è possibile vedere come questo sia garantito rispetto all'applicativo CRESME, anche a discapito di una leggera imprecisione sul valore finale (Faenza e Udine). In questi casi, infatti, il miglior risultato ottenuto è frutto più di un bilanciamento di errori macroscopici che di un'effettiva precisione.

Ulteriore punto di forza del modello ACE è la possibilità di produrre stime senza limite alcuno dato da tecnologie costruttive e materiali impiegati (si evidenzia come l'applicativo del CRESME non contemplasse la possibilità che un edificio ad uso uffici potesse avere una struttura in acciaio). Il modello sviluppato invece rende indipendente ogni variabile e i database creati permettono la generazione di una miriade di tecnologie costruttive mediante la combinazione di diversi materiali. Ciò implica che ACE si sposa bene con la stima di progetti non ordinari, che utilizzano forme, tecnologie e materiali inusuali e per i quali non esistono sufficienti benchmark.

7 SVILUPPI FUTURI E CONCLUSIONI

7.1 RISPOSTA AI REQUISITI

Nello svolgimento di questa tesi sono state descritte le relazioni tra le variabili indipendenti che determinano il costo di costruzione, generando un algoritmo di calcolo che determina con semplicità e in presenza di scarse informazioni progettuali un valore attendibile di costo. Nel capitolo iniziale sono stati enunciati i requisiti che si chiedeva di soddisfare, che renderebbero ACE uno strumento utile e differente in termini positivi dai concorrenti.

Di seguito si riportano i requisiti e come ACE li soddisfa o come si intende sviluppare il modello affinché possa soddisfarli.

- a. Accuratezza della stima, nonostante un flusso di informazioni non esaustivo.**

Nella figura seguente è possibile vedere come, secondo i valori forniti da AACE, varia la precisione della stima in funzione dell'onere necessario a produrla.

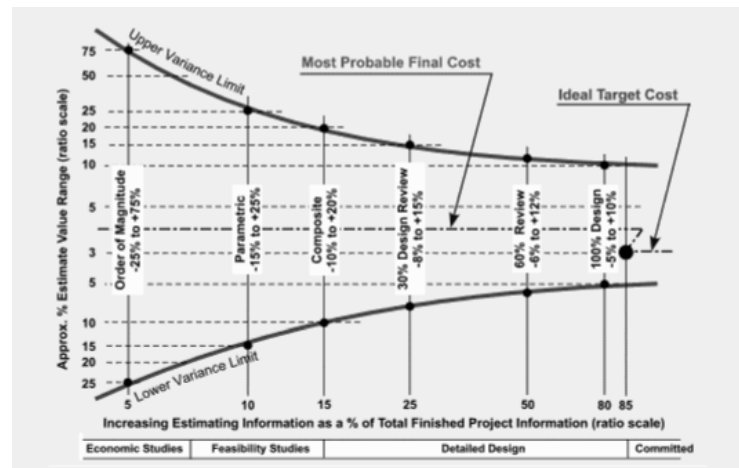


Fig.9 –Grafico accuratezza-onere di stima

Se si analizzano le nove stime prodotte è possibile vedere come il 66% percentile è compreso tra $\pm 5\%$, l'89% tra il $\pm 10\%$ e il 100% tra il $\pm 15\%$, con un range medio di $\pm 5,06\%$.

Si ricorda come una metodologia mista con l'utilizzo di CERs sia utilizzata per le stime di classe 3 e assicuri una precisione che va da un limite inferiore del $-(10 \div 20)\%$ a quello superiore del $+(10 \div 30)\%$.

Per questo motivo, nonostante i casi utilizzati per le stime siano stati già realizzati o in fase di realizzazione, sono state utilizzate le sole informazioni di progetto disponibili ad una percentuale di definizione tra il 10% e il 40%.

La natura di ACE fa sì che questo diventi un metodo predittivo utilizzabile sia con un numero variabile di informazioni. Naturalmente, il numero di congetture da fare varierebbe e ciò inciderebbe sull'accuratezza della stima.

Con tale premessa, le stime effettuate sono per livello di definizione e per metodologia utilizzata delle stime di classe 3. L'accuratezza ottenuta, anche se il numero di stime effettuato non è sufficiente a definirne una regola, è intermedio a quello di una stima di classe 2 ($-5 \div -15\%$; $+5 \div +20\%$) e una di classe 1 ($-3 \div -10$

%; +3 ÷ +15%). In termini di onere di stima, al risultato ottenuto compete un indice pari almeno a 20, contro un valore di 6,5 (media tra 3 e 10).

In realtà, l'onere dell'utente finale sarà ancora più basso, avendo a disposizione un modello pronto all'uso in cui sarà necessario inserire solo informazioni deducibili dal progetto.

Tuttavia, il fine di ACE non è quello di ridurre l'onere della stima, poiché è comunque necessario, con il progredire del dettaglio del progetto, redigere dei computi metrici estimativi. Il raffronto tra onere e accuratezza è fatto per dimostrare come, a parità di risorse impiegate, ACE assicuri una precisione maggiore nella stima.

b. Facilità di utilizzo del metodo.

Si è dimostrato che le informazioni da immettere (input) per ottenere un valore di stima siano facilmente reperibili, anche senza uno sviluppo dettagliato del progetto, e che i risultati finali (output) siano chiari e univoci. ACE è uno strumento che il promotore può utilizzare senza essere affiancato da un consulente; si ricorda, però, la volontà di non sostituire questa figura: ACE si inserisce in un contesto di tipo preliminare, utile per lo studio di fattibilità e l'effettuazione delle prime valutazioni e scelte progettuali. Nell'ottica di programmazione e controllo dell'attività, il promotore dovrà necessariamente essere affiancato da un cost consultant.

c. Validità della stima, indipendentemente dal mercato in cui si colloca l'intervento da stimare.

Il meccanismo di funzionamento del modello è basato sulla somma di sette fattori, che nella maggior parte dei casi sono il prodotto di un termine quantitativo per uno qualitativo. Se il primo è una caratteristica intrinseca della morfologia dell'immobile, il secondo può assumere pesi diversi in funzione del contesto geografico in cui si costruisce. Esso è infatti legato al prezzo dei materiali che lo costituiscono (sia esso una chiusura, una finitura o una parte strutturale). Come noto, il modello è collegato ad un database di materiali ai quali è attribuito un valore numerico frutto di una normalizzazione effettuata sul prezzo fornito dal listino dei prezzi del Comune di Milano. Ciò fa sì che il modello sia attualmente valido in un'area limitrofa al Comune di Milano e a tutte quelle in cui prezzi sono assimilabili. Si ricorda che tale scelta è stata dettata da motivi di opportunità: per generare un modello che raggiungesse il grado di accuratezza richiesto è stato necessario effettuare dei test, confrontando i risultati con casi reali; i casi a disposizione consistevano in immobili edificati sul territorio del Nord Italia. Da qui è conseguita la scelta di utilizzare il listino prezzi di Milano. Inoltre, si fa presente che i prezzi scelti per la compilazione dei database riguardano **opere compiute**: ciò implica che l'importo contempla sia gli aspetti legati alla qualità del materiale, che il costo della manodopera per posarlo in opera.

Per tale motivo, per soddisfare il requisito di indipendenza dall'area geografica e dal mercato, la soluzione proposta è quella di creare più database, dettagliando anche all'interno dello stesso Paese, ognuno dei quali presenterà valori dei materiali dedotti dai bollettini locali. All'utente sarà chiesto, come prima domanda, dove deve essere realizzato l'immobile e in base a quello saranno calcolati gli indici qualitativi facendo riferimento ai valori corretti dei materiali. Si tratta di un processo che richiede tempo, ma operativamente semplice da realizzare. In questo modo l'aggiornamento dei listini terrà conto sia del differente prezzo dei materiali nei diversi mercati che il differente costo della manodopera.

d. Applicabilità alle nuove costruzioni e agli interventi di recupero del patrimonio esistente.

Preso atto della validità del modello per le nuove costruzioni si propone un possibile sviluppo che implementi gli interventi di ristrutturazione.

Si prenda il caso più ampio possibile comprendente il recupero più un successivo ampliamento.

Prima di tutto è plausibile pensare che il prezzo €/m² sia dato dalla somma di tre termini: un primo relativo alle demolizioni e smontaggi (d), un secondo relativo alla ristrutturazione (r) e un terzo all'ampliamento (a).

$$Y = d + r + a$$

Analizzando il termine delle demolizioni e smontaggi esso, così come per la nuova costruzione, sarà funzione dell'elemento che si andrà a demolire. I possibili elementi sono gli stessi che possono essere costruiti, quindi:

- Strutture interratae
- Strutture fuori terra
- Involucro
- Murature
- Finiture
- Sistemazioni esterne
- Impianti

Pertanto, il loro peso in termini quantitativi può essere stimato allo stesso modo del modello basato sulla sola nuova costruzione. Il termine qualitativo in questo caso non sarà più legato al prezzo del materiale, ma all'onere conseguente la demolizione. Il coefficiente che ne attribuisce il peso dovrà essere valutato

attraverso studi statistici al fine di minimizzare lo scarto. Subentra, però, un altro aspetto da considerare rispetto al modello per la nuova costruzione. Se in un caso è certo che il 100% dell'elemento andrà costruito, non è altrettanto certo che sarà il 100% ad essere demolito. Ogni termine dovrà quindi essere moltiplicato per un numero compreso tra 0 ed 1 che ne indichi la percentuale di demolizione che si intende realizzare (0 se l'elemento verrà conservato, 1 se sarà totalmente demolito).

In conclusione l'equazione per trovare "d" diventa:

$$d = \sum p_{d,i} b_{d,i} x_{d,i}$$

dove:

- $p_{d,i}$ è il coefficiente che indica la percentuale di demolizione della voce i-esima
- $b_{d,i}$ è il coefficiente che determina il peso della singola voce
- $x_{d,i}$ è l'indice di demolizione degli elementi i-esimi

Il secondo termine è quello riferito agli interventi di ristrutturazione. Anche in questo caso le variabili sono sempre le stesse e, come per le nuove costruzioni, l'indice i-esimo sarà il prodotto del termine quantitativo moltiplicato per quello qualitativo, dedotto dai prezzi del materiale. Come per le demolizioni, è necessario però conoscere l'entità della ristrutturazione, moltiplicando quindi l'indice per un coefficiente compreso tra 0 e 1. Tale prodotto a sua volta sarà moltiplicato per il coefficiente "b" che, data la natura del lavoro, sarà lo stesso utilizzato per le nuove costruzioni.

Quindi risulta:

$$r = \sum p_{r,i} b_i x_i$$

dove:

- p_i è il coefficiente che indica la percentuale di ristrutturazione della voce i -esima
- $b_{d,i}$ è il coefficiente che determina il peso della singola voce determinato al capitolo 4
- $x_{d,i}$ è l'indice di demolizione degli elementi determinato al capitolo 4.

Sia il termine di demolizioni e smontaggi che quello della ristrutturazione sono calcolati sulla GEA esistente. Il terzo ed ultimo parametro sarà invece calcolato sulla GEA dell'ampliamento.

Per esso valgono tutte le regole del modello tarato sulle nuove costruzioni.

$$a = \sum b_i x_i$$

Ne consegue che:

$$Y = \sum p_{d,i} b_{d,i} x_{d,i} + \sum p_{r,i} b_i x_i + \sum b_i x_i$$

In tal caso il modello delle nuove costruzioni diventerebbe solamente un caso particolare di un modello più ampio in cui i termini "d" ed "r" sono pari a zero.

e. Applicabilità a qualsiasi intervento edilizio, indipendentemente dalla tipologia edilizia.

Come detto in fase introduttiva, questo lavoro, pur avendo la pretesa di essere "universalmente valido", è stato limitato a tre tipologie edilizie: residenziale, terziario per uffici e centri commerciali.

Ciò è dovuto al fatto che all'interno dell'equazione di stima esistono quattro parametri legati alla tipologia: altezza di interpiano, incidenza dei rivestimenti verticali, incidenza delle murature e incidenza degli impianti.

Se l'altezza di interpiano è un valore semplice da calcolare, che potrebbe anche essere inserito di volta in volta dall'utente, ciò non è possibile per le altre tre voci. Come visto nel capitolo 4, tali valori sono il risultato dell'analisi di svariati progetti, da cui è stato tratto un valore medio funzione della tipologia edilizia. Questo lavoro deve quindi essere riproposto anche per immobili a destinazione differente. Per trasformare ACE da un modello teorico ad un'applicazione utile nel settore delle costruzioni è necessario che sia effettuato questo passaggio. Il lavoro di tesi, invece, aveva solo lo scopo di indicare un metodo e dimostrare che la stima potesse essere fatta indipendentemente dalla tipologia.

Sempre rimanendo nel campo delle differenti tipologie edilizie, un possibile sviluppo futuro riguarda gli edifici ad uso alberghiero.

Quello alberghiero rappresenta un ramo dell'edilizia abbastanza complesso in quanto ricco di peculiarità. In generale tutti i discorsi fatti nell'elaborazione del modello possono essere ritenuti validi anche per gli hotel, ma un discorso diverso va fatto per gli arredi.

Sebbene sia possibile escludere gli FF&E²⁸ dal quadro economico e considerare il costo al netto di questa voce, non sempre è possibile slegare parte degli arredi dalle opere architettoniche. Spesso, all'aumentare del livello di lusso dell'albergo, parti di arredo come armadi e testiere sono sempre più integrate con gli interventi edili.

Sarebbe possibile, quindi, analizzare l'incidenza di questi arredi sulla superficie complessiva, in funzione della classe di lusso, con lo stesso metodo con cui il modello ACE tratta i rivestimenti verticali. Ad un metro quadro di

²⁸ FF&E – Furniture, fixtures and equipments. Trattasi degli arredi, finiture e altri dispositivi che non hanno connessione permanente con la struttura dell'edificio. Ad esempio scrivanie, sedie, tavoli, computer ed altro equipaggiamento elettronico.

GEA sarebbe attribuito una quota parte di arredi permanenti, espresso con un indice qualitativo proporzionale al livello dell'albergo.

Tale approccio potrebbe essere seguito anche per gli FF&E, consegnando all'utente un costo complessivo comprensivo di arredi.

f. Considerazione delle peculiarità di ogni singolo intervento edilizio.

Durante la generazione del modello ci si è trovati di fronte ad alcune situazioni che hanno evidenziato alcuni limiti del modello. E' stato possibile parametrizzare e generare un metodo che trasformi in un'equazione di tipo complesso i soli fattori esogeni che concorrono a produrre variazioni nel valore di costo. Per i fattori endogeni, invece, ciò non è stato possibile. In alcuni casi, come ad esempio l'appartenenza ad una determinata zona climatica, il fattore è stato considerato in maniera indiretta, poiché una variabile endogena influenza una esogena (l'area climatica influenza le prestazioni dell'involucro e di conseguenza il materiale utilizzato, e ciò è risolto dall'elaborazione dell'ampio database di materiali). Altri fattori esogeni, peculiari dell'opera, non sono però stati considerati: i più importanti riguardano le caratteristiche del terreno su cui l'opera è realizzata e l'accessibilità al cantiere.



Fig.10 - Cantiere a Venezia con evidenti difficoltà di accesso all'area



Fig.11 - Cantiere a Dubai con normale accesso all'area

Attualmente, quindi, non si considerano caratteristiche opere di fondazione speciali che possono significativamente incidere sull'importo complessivo e i costi derivanti da un difficile accesso all'area di lavoro. Soluzione a tale problema, in un'ottica di evoluzione del metodo, sarà l'introduzione di fattori correttivi che ne tengano conto.

Un altro parametro che può essere preso in considerazione è l'eventuale costo di bonifica dell'area anche se, come visto, costituisce una voce autonoma nel budget e non fa parte del costo di costruzione. Il modello può essere integrato tramite la somma di un ulteriore termine legato alla superficie dell'area moltiplicato per un costo di bonifica che sia funzione del rischio di dover idoneizzare l'area. In sintesi, in base alle informazioni dedotte dalla storia pregressa dell'area, si determina il rischio che questa sia contaminata, e di conseguenza, si attribuisce il costo della bonifica.

7.2 SVILUPPI FUTURI

Il raggiungimento di tutti i requisiti è, senza dubbio, il primo sviluppo futuro del metodo, avendo dimostrato come esistano le premesse per un modello “universalmente valido”, affidabile e facile da usare.

La naturale evoluzione di questo modello, per la filosofia con cui è stato concepito e per il semplice meccanismo di utilizzo, è quella di poter diventare un software utilizzabile dagli addetti al settore. La possibilità di poterne disporre su un dispositivo mobile mediante un’applicazione rende senza dubbio ACE uno strumento ancora più utile ed immediato.

Inoltre, si è sempre pensato al promotore dell’attività immobiliare come destinatario del modello ACE. E’ tuttavia innegabile che la stima ex-ante sia un argomento che può interessare tutti gli attori coinvolti nel processo edilizio. Per questo motivo si può pensare di apportare delle modifiche che lo rendano utilizzabile anche dalle imprese: facendo riferimento a quanto detto nel paragrafo precedente, il modello si basa su dei valori numerici dedotti dai prezzi del bollettino; per tale motivo, si potrebbe lasciare la possibilità alle imprese di compilare il loro personale listino con i costi del materiale, arrivando a determinare non più il costo di costruzione C_c , bensì il **costo tecnico di costruzione C_{tc}** .

7.3 CONCLUSIONI

La sempre maggior efficienza imposta dalla minore disponibilità di risorse finanziarie, lo sviluppo delle capacità offerte dall’informatica e l’evoluzione dei

modelli di stima rivestono un ruolo sempre più importante e al quale si dovranno dedicare sempre maggiori attenzioni.

Questa tesi dimostra che l'applicazione di metodi e processi semplici ma logici, unitamente ad informazioni di progetto anche non eccessivamente dettagliate, può generare strumenti di stima dei costi precisi, giustificatamente affidabili, aggiornabili e adattabili alle necessità dell'utenza.

BIBLIOGRAFIA

AACE International, Recommended Practice No. 10S-90, *Cost Engineering Terminology*

AACE International, Recommended Practice No. 13S-90, *Recommended Method for Determining Building Area*

AACE International, Recommended Practice No. 17R-97 - *Cost Estimate Classification System*

AACE International, Recommended Practice No. 18R-97 - *Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement and Construction for the Process Industries.*

ANSI/BOMA Z65.1 – *Office Buildings: Standard Methods of Measurement*; (2010)

ANSI/BOMA Z65.2 – *Industrial Buildings: Standard Methods of Measurement*; (2012)

ANSI/BOMA Z65.3 – *Gross Areas of a Building: Standard Methods of Measurement*; (2009)

ANSI/BOMA Z65.4 – *Multi-Unit Residential Buildings: Standard Methods of Measurement*; (2010)

ANSI/BOMA Z65.5 – *Retail Buildings: Standard Methods of Measurement*; (2010)

ANSI/BOMA Z65.6 – *Mixed-Use Properties: Standard Methods of Measurement*; (2010)

Bassi A. *Costi parametrici per tipologie edilizie*, Milano, Maggioli S.p.A. (2007)

Camera di Commercio Milano, *Prezzi informative delle Opere Edili in Milano - I Quadrimestre 2012*, Milano, Camera di Commercio Milano. (2012)

Collegio degli Ingegneri e degli Architetti di Milano, *Prezzi tipologie edilizie 2012*, Milano, DEI. (2012)

Gallerani V., Viaggi D., Zanni G.; *Manuale di Estimo - seconda edizione*; McGraw - Hill Education; (2011)

Hollmann J.K., *Estimate Accuracy: Dealing with Reality*, PE CCE CEP. (2012)

ITACA, *Linea guida per la definizione di un prezzario regionale di riferimento in material di appalti pubblici*; (2012)

Propersi A. *Le imprese edili: gestione, programmazione e controllo*, Franco Angeli, Milano. (2013)

RICS Guidance Note, *Code for measure Practice*.

Sheldon M. Ross, *Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze*, Apogeo (2008)

Sonmez R.: *Parametric range estimating of building costs using regression models of bootstrap*, Journal of construction engineering and management, p.1011-1016. (Dicembre 2008)

Siti consultati:

Boma International: www.boma.org

CRESME Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l' Edilizia e il Territorio: www.cresme.it

Confcommercio: www.confcommercio.it

Federcostruzioni: www.federcostruzioniweb.it

Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale: www.itaca.org

OCSE Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico : www.oecd.org

Royal Institute of Chartered Surveyors: www.rics.org

Project Management for Construction: pmbook.ce.cmu.edu

Project Management Wisdom: www.maxwideman.com

TenStep Consulting Services: www.tenstep.com