



UNIVERSITÀ DI PARMA

DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
XXX CICLO

IDENTITÀ DEL DISEGNO E DEL RILIEVO CONTEMPORANEO.

DEFINIZIONE DI UN METODO CONOSCITIVO DEL
PATRIMONIO ESISTENTE: DALLA DIAGNOSTICA
ALL'INFOGRAFICA PER L'ARCHITETTURA.

FEATURES OF CONTEMPORARY DRAWING AND SURVEY.
DEFINITION OF AN ARCHITECTURAL HERITAGE FACT-FINDING
METHODOLOGY: FROM DIAGNOSTICS TO INFOGRAPHICS.

Coordinatore:

Chiar.mo Prof. Andrea Carpinteri

Tutore:

Chiar.ma Prof.ssa Maria Evelina Melley

Dottorando: Andrea Maiocchi

TRIENNIO 2014 / 2017

A Simona e Daniele

**UNIVERSITÀ DI PARMA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
XXX CICLO**

COORDINATORE:

PROF. ANDREA CARPINTERI

RELATRICE:

PROF.SSA MARIA EVELINA MELLEY

DOTTORANDO:

ANDREA MAIOCCHI

TITOLO DELLA TESI:

IDENTITÀ DEL DISEGNO E DEL RILIEVO CONTEMPORANEO.
DEFINIZIONE DI UN METODO CONOSCITIVO DEL PATRIMONIO
ESISTENTE: DALLA DIAGNOSTICA ALL'INFOGRAFICA PER
L'ARCHITETTURA.

FEATURES OF CONTEMPORARY DRAWING AND SURVEY.
DEFINITION OF AN ARCHITECTURAL HERITAGE FACT-
FINDING METHODOLOGY: FROM DIAGNOSTICS TO
INFOGRAPHICS.

INDICE

PARTE I – Premesse e considerazioni generali, una nuova identità del disegno.....	11
1.1 Introduzione, contesto e campo di indagine, motivazioni e scopo della ricerca	11
1.1.1 Preambolo	11
1.1.2 “Un disegno che li contiene tutti” e tre concetti: il disegno come mezzo, la tassonomia dell’edificio e la centralità del modello informativo	13
1.2 Identità del disegno contemporaneo	20
1.2.1 Una definizione aggiornata	20
1.2.2 Quantità, velocità, complessità	24
1.2.3 La condivisione tra ipertesto e disegno verso la “saggezza della folla”	27
1.2.4 Smaterializzazione e rimaterializzazione: verso un’architettura della simulazione totale	29
1.3 Il contesto scientifico. Critica ragionata per un approccio più consapevole alle metodologie infografiche in architettura	32
1.3.1 Gli aspetti critici del metodo strumentale-parametrico	32
1.3.2 Standardizzazione vs customizzazione	33
1.3.3 Lo spazio-tempo nel disegno architettonico: la distanza tra reale e virtuale e il tempo di sedimentazione delle informazioni.	35
1.3.4 Il mezzo e il fine	38
1.4 La figura dell’architetto nell’era dell’infografica digitale.....	41
1.4.1 La situazione in Italia, il Rapporto Annuale sulla Professione 2015	41
1.4.2 Specializzazione o regia? Pluralità o individualismo?	44
1.5 L’andamento demografico, la situazione del patrimonio esistente e il riassetto del mercato edilizio	49
1.5.1 Invecchiamento della struttura demografica	49
1.5.2 Consistenza dello stock del patrimoniale edilizio italiano	50
1.5.3 Stato di salute e vulnerabilità dello stock edilizio	52
1.5.4 Riassetto del mercato edilizio, verso nuovi orizzonti	55
1.6 Per un’infografica dell’architettura più consapevole: la proposta di uno strumento di conoscenza e analisi.....	59
1.6.1 Introduzione alla parte pratica della tesi: il concetto di convenienza degli espedienti rigenerativi e della conoscenza come strumento per perseguirli	59
1.6.2 Definizione dello strumento di rilievo e analisi dei dati	63
1.6.3 Il metodo della ricerca	66
1.7 Glossario, una definizione aggiornata dei termini fondamentali per la ricerca in questione..	69

PARTE II – Il rilievo per la rappresentazione infografica.....	79
2.1 Il rilievo e infografica per l’edificio	79
2.2 Il rilievo geometrico: metodi integrati	81
2.2.1 Introduzione	81
2.2.2 Rilevamento tramite laser scanner terrestre: gestione della campagna di rilievo e normalizzazione del dato digitale	82
2.2.3 Rilevamento tramite fotogrammetria e gestione del modello discreto	85
2.2.4 Considerazioni su produttività e tempistiche e confronto tra le tre tecniche di rilievo dell’architettura.....	86
2.3 Introduzione alle tecniche e le metodologie della “ <i>conoscenza profonda</i> ”	89
2.3.1 Il concetto di conoscenza profonda per il rilievo dell’architettura.....	89
2.3.2 Il rilievo aumentato: panoramica delle tecniche di conoscenza profonda	90
2.4 Il rilievo tecnico-costruttivo	97
2.4.1 Rilievo stratigrafico	97
2.4.2 Rilievo strutturale-tecnologico	100
2.5 Il rilievo diagnostico-prestazionale	102
2.5.1 Individuazione e computazione del degrado di un paramento murario il metodo delle sezioni multiple proiettate.....	102
2.5.2 Quadro fessurativo tridimensionale per superfici complesse	104
2.6 Introduzione al rilievo del dato immateriale	105
PARTE III – Restituzione e gestione dei dati: il modello al centro.....	109
3.1 La centralità del modello nell’infografica digitale per l’architettura: introduzione della gestione e acquisizione dei dati.....	109
3.2 LOR, Level Of Reliability: il problema dell’affidabilità del dato in funzione delle fonti	111
3.3 Sperimentazioni: discontinuità e continuità	115
3.3.1 Anastilosi tramite l’integrazione del dato rilevato digitale	115
3.3.2 Ricostruzione approssimata delle superfici per il calcolo strutturale	119
3.4 La restituzione del modello infografico e la sua caratterizzazione (la “M” del BIM)	121
3.4.1 Processi di parametrizzazione delle forme architettoniche, introduzione al tema	121
3.4.2 La trasformazione del modello discreto	126
3.4.3 L’estrappolazione delle griglie bidimensionali per la modellazione delle forme complesse	129
3.4.4 Modellazione delle forme complesse dell’architettura tramite l’uso dei parametri dimensionali.....	131
3.4.5 Riepilogo dei metodi di restituzione geometrica del modello infografico.....	135
3.4.6 Restituzione del dato strutturale e impiantistico	136
3.5 Analisi ed elaborazione del dato, verso un sistema informativo (la “I” del BIM)	137
3.6 Strumenti analitici in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo.....	139
3.6.1 Dentro all’edificio.....	139
3.6.2 Analisi stratigrafiche	140
3.6.3 Analisi delle unità stratigrafiche murarie e la loro rappresentazione nel BIM	143

3.6.4 Sintesi comparata per la ricostruzione delle fasi storiche	145
3.7 Strumenti analitici in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli	147
3.7.1 Necessità informative funzionali e di vincolo del processo rigenerativo: le quantità del progetto di riuso.....	148
3.7.2 Sistema dei vincoli e delle norme: calcolo automatico dei rapporti aero-illuminanti... ..	149
3.7.3 Sistema dei vincoli delle norme: calcolo delle superfici disperdenti e delle superfici di intervento	150
PARTE IV – Modello infografico e sistema informativo, il metodo avaupe	153
4.1 <i>Definizione dello strumento AVAUPE</i>	153
4.1.1 Introduzione	153
4.1.2 Principi e obiettivi del sistema AVAUPE e descrizione dello strumento informativo ..	154
4.2 La struttura del sistema informativo Le basi per una scheda-edificio e il rapporto con il modello BIM	155
4.2.1 Interfaccia variabile: il progetto di riuso per progettisti e amministrazioni	155
4.2.2 Schede informativa tipo	156
4.3 Conclusioni, sintesi e schematizzazione della procedura. Considerazioni sui limiti del campo conoscitivo e possibili sviluppi	162
Bibliografia.....	165
Sitografia	179
Indice delle figure.....	181
Ringraziamenti.....	187

PARTE I – PREMESSE E CONSIDERAZIONI GENERALI, UNA NUOVA IDENTITÀ DEL DISEGNO

1.1 Introduzione, contesto e campo di indagine, motivazioni e scopo della ricerca

1.1.1 Preambolo

Il contributo della tesi mira ad inserirsi nel dibattito relativo all'utilizzo delle tecnologie infografiche digitali per l'architettura. Come sottolineano Brusaporci, Cinti e Mingucci¹, molte questioni rimangono aperte sotto i due filoni di ricerca principali che riguardano da un lato *la modellazione*, dall'altro *l'impostazione dei database relativi*, in particolare ci si chiede *quali dati associare agli oggetti modellati e come gestirli* soprattutto in riferimento ai modelli parametrici ottenuti da modelli discreti (ovvero la restituzione digitale di un rilievo). Un altro problema lasciato aperto dagli studiosi riguarda la necessità di espandere la ricerca sul tema dei databases, intesi come strumenti che possano mettere a sistema la raccolta e la gestione dei dati in un apparato infografico per l'architettura. La necessità di definire una metodologia che possa mettere correlare il dato geometrico, quello costruttivo (compresa la loro attendibilità) con tutte fasi analitiche tipiche della nostra disciplina è espressa anche da Bianchini, Inglese e Ippolito: “[...] *E malgrado la tecnologia per la conoscenza abbia fatto passi da gigante negli ultimi anni offrendo strumenti sempre più potenti ed affidabili per il controllo dimensionale e qualitativo delle componenti edilizie, non ancora un sistema automatico o semi-automatico in grado di svelare le ragioni (composite, storiche, tecnologiche, culturali, etc.) per cui un*

¹ articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 10.1-10.8)

certo elemento è stato realizzato in quel determinato modo e posto in quella determinata posizione”²

Tenendo conto delle considerazioni sopra enunciate e nella consapevolezza dell'importanza della cosiddetta Terza Missione dell'Università, il fine del percorso di ricerca che sta alla base della tesi è quello di utilizzare la tecnologia digitale parametrica (BIM) per poter creare uno strumento che possa raccogliere e sintetizzare tutte le informazioni relative ad un edificio esistente. Nell'impossibilità di realizzare tale strumento infografico con un software informatico vero e proprio (per motivi economici e temporali) si è optato per un prototipo tramite sito informatico.

Il testo non vuole però ridursi ad una mera descrizione tecnica e procedurale, intende invece cogliere l'occasione fornita dalle esperienze sul campo per perlustrare la disciplina del disegno e del rilievo architettonico che tanti cambiamenti ha subito (e sta subendo) dall'avvento della digitalizzazione. Queste considerazioni, prettamente teoriche, sono concentrate soprattutto nella prima parte del testo e considerate fondamentali per poter strutturare una opportuna e consapevole introduzione alle tematiche trattate nella tesi. Sono altresì fondamentali per individuare le problematiche alle quali il percorso di ricerca – tramite i suoi risvolti pratici e sperimentali - intende proporre soluzioni.

La varia natura dei temi affrontati è stata volutamente scelta per poter descrivere, non tanto i dettami delle procedure specifiche, quanto più un sistema olistico di metodi conoscitivi, analitici e divulgativi che possano sintetizzare e gestire la complessità dell'intervento sul patrimonio esistente, con lo scopo ultimo di poter soppesare in modo più accorto le scelte a monte del processo.

² (Le dimensioni del B.I.M., 2016)

1.1.2 “Un disegno che li contiene tutti” e tre concetti: il disegno come mezzo, la tassonomia dell’edificio e la centralità del modello informativo

Il disegno può essere inteso come il risultato di una stratificazione storica di esperienze pratiche e teoriche. In particolare il disegno per l’architettura presenta la triplice natura di contenitore del sapere pratico e teorico (e quindi fonte storica-empirica), di strumento analitico e non ultimo (anzi primario in architettura) di strumento creativo. La sintesi di questi tre aspetti porta essenzialmente a considerare il disegno come *medium* dell’espressività in architettura. Inteso come mezzo di comunicazione, il disegno, risulta un insostituibile fattore testimoniale, al pari della lingua scritta, dal quale possiamo delineare lo spirito del tempo e talvolta la personalità degli autori. L’idea di definire il disegno come *medium* nella nota accezione data da Mc Luhan³ è utilizzata anche nel testo *Scienza del disegno*⁴ per ricordare quanto sia stata pionieristica la tesi di dottorato di Donald Shuterland intitolata *Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System* e quanto, a distanza di tempo, questi schemi comunicativi e di produzione del disegno siano oggi alla portata di tutti (e come si stiano continuamente evolvendo⁵). Il disegno secondo Claudio Moriconi è un *linguaggio universale senza limiti*⁶, potremmo quindi definire l’insieme dei segni come l’alfabeto dell’architettura e l’insieme dei codici (più o meno convenzionali) come un linguaggio. Questo linguaggio, esattamente come quello parlato, presenta varianti/accenti diversi alla personalità di chi lo esegue, a seconda del contesto nel quale viene utilizzato: da quello pratico della disciplina, a quello teorico della didattica. Nella storia innumerevoli sono le variazioni formali e funzionali che il disegno ha assunto, notevoli infatti sono le evoluzioni di questo *medium*. Queste variazioni/evoluzioni del disegno per l’architettura sono consistite in prima istanza dalle modalità di esecuzione della rappresentazione stessa (sviluppo della prospettiva, ottimizzazione degli studi

³ (Capire i media. Gli strumenti del comunicare., 2011)

⁴ (Docci, Maestri, & Gaiani, Scienza del disegno, 2017, p. 411-412)

⁵ Realtà virtuali immersive e semi-immersive interattive

⁶ (Claudio Moriconi professione infografico, 2001, p. 11-12)

della geometria descrittiva, etc.) e sono poi proseguite tramite la digitalizzazione attraversando tre tappe principali⁷: l'introduzione del CAD, l'evoluzione della modellazione e della visualizzazione tridimensionali non informatizzate e, infine, l'informatizzazione del modello tridimensionale. Non ci soffermeremo in questa sede sui dettagli di queste fasi, individueremo invece sinteticamente gli apporti fondamentali che esse hanno apportato alla disciplina al fine di comprendere meglio il tema trattato.

Il merito principale della tecnologia CAD (Computer-Aided Design), utilizzata inizialmente per gli elaborati bidimensionali, consiste nell'aver costituito il punto di partenza dell'era digitale per il disegno ma, come spesso è stato ribadito⁸, questa tecnologia ha concettualmente costituito la trasposizione delle funzioni del tecnigrafo al computer, in modo praticamente omologo, stravolgendo però tempi e precisione nell'esecuzione.

Il passo successivo e inevitabile (di fatto quasi contemporaneo al disegno bidimensionale nel mondo della ricerca ma con uno sviluppo più lento in ambito professionale) fu la terza dimensione, questo passaggio risulta però molto più rivoluzionario per le sue implicazioni. I tempi e la facilità con la quale si poterono ottenere visualizzazioni prospettiche misero in crisi l'applicazione della geometria descrittiva da parte del disegnatore che sempre più si è affidato al computer. L'aspetto ancora più radicale dello sviluppo della terza dimensione nel disegno di architettura è l'approdo nelle workstation degli studi professionali di quei softwares che hanno reso concepibili le forme complesse dell'architettura cosiddetta *decostruttivista* (e tutti i fenomeni individuati con l'accezione di *free-form architecture*) ma soprattutto le hanno reso possibili e cantierabili le forme complesse per le costruzioni (in termini di tempo di progettazione esecutiva e di computazione).

⁷ Si fa riferimento, in questo caso, non tanto alla cronologia con la quale si sono effettuati studi per perfezionare queste tecnologie quanto più all'ordine di tempo con il quale si sono realmente diffuse nell'utilizzo quotidiano (da parte di ricercatori e di professionisti).

⁸ Anna Osello e Lo Turco

Tuttavia, nei primi decenni del XXI secolo, il disegno dell'architettura ha subito notevoli evoluzioni non tanto per motivi di gestione geometrica del modello quanto piuttosto per l'associazione informativa al segno. Infatti se le prime due

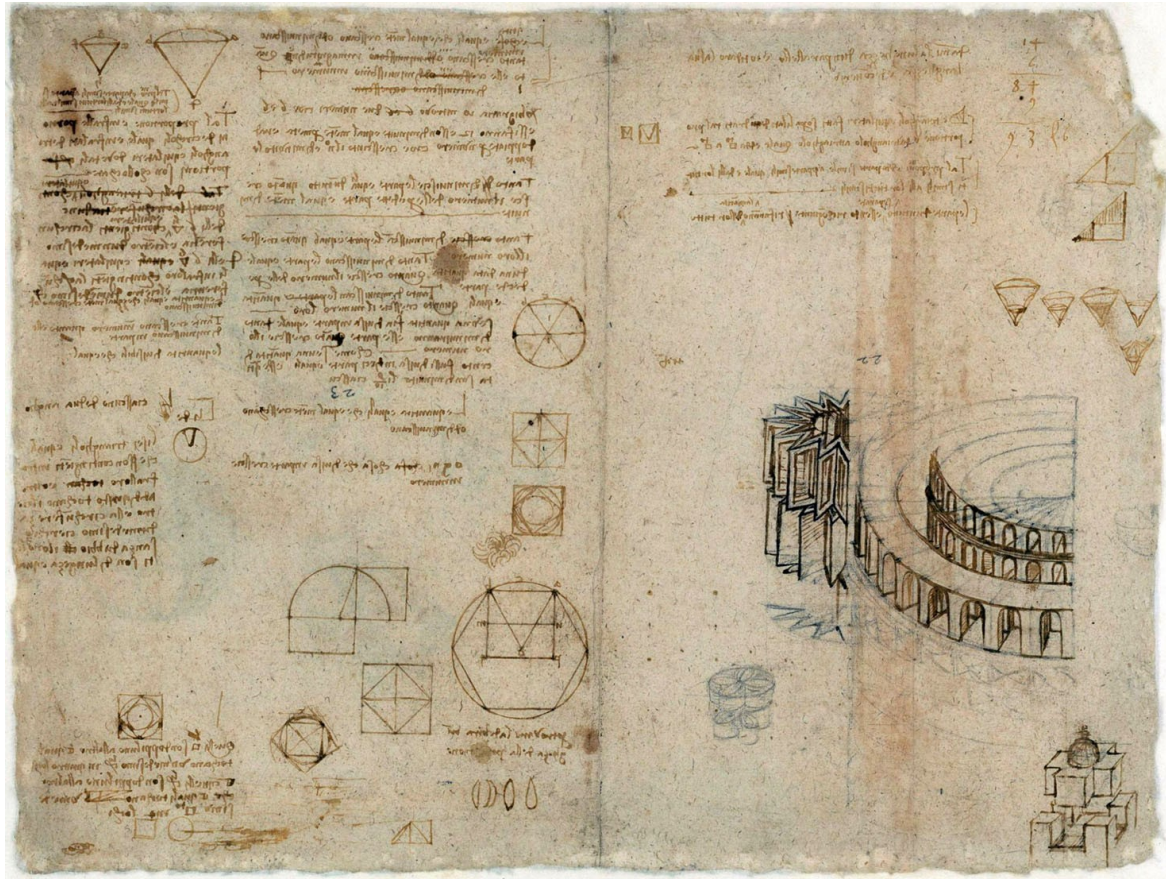


Figura 1 Leonardo da Vinci, Codice atlantico 849v, studi sull'anfiteatro di Teodorico

fasi della digitalizzazione (CAD e sviluppo della modellazione digitale) hanno ampliato gli orizzonti della gestione del dato geometrico, la terza tappa del disegno digitale ha una portata rivoluzionaria notevole. Già negli elaborati rinascimentali troviamo una forte presenza di informazioni appunti testuali a fianco dei disegni, nei quali informazioni aggiuntive, bozze, e studi geometrici andavano ad arricchire la totalità del documento con gli stessi principi dell'infografica contemporanea.

Negli anni del Movimento Moderno, l'Enciclopedia dell'Architettura Garzanti sotto la voce *disegno architettonico* afferma che “*il d.a. persegue l'obbiettivo di*

razionalizzare la crescente complessità della problematica architettonica e urbanistica: tramite l'approfondimento tipologico della funzione residenziale [...] tramite la proposta di materiali e tecnologie costruttive derivanti dalla produzione industriale [...]"⁹. Notiamo quindi come il processo di industrializzazione della produzione architettonica, avvenuto nei primi del Novecento, inizia ad accogliere e razionalizzare all'interno del disegno una quantità di informazioni tecniche sempre maggiore (siano esse di carattere funzionale o qualitativo).

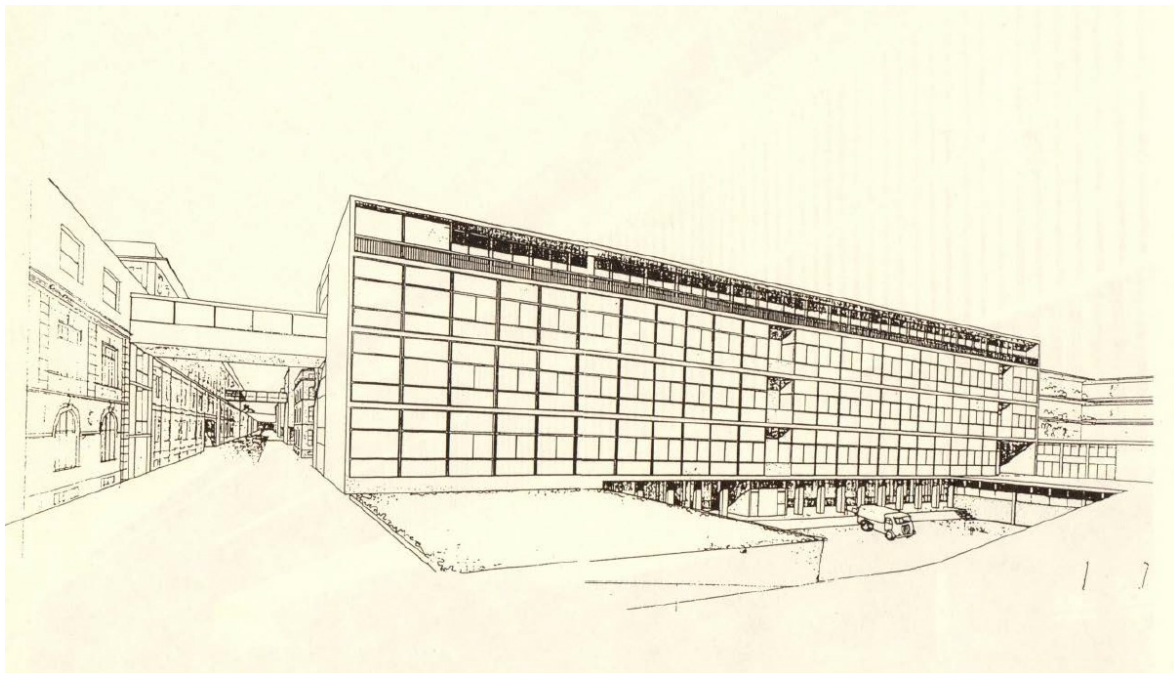


Figura 2 - Guglielmo Mozzoni disegno sede Carlo Erba Milano, 1950 - www.artribune.com

Come anticipato però, l'informatizzazione intensiva del disegno si è realizzata solo negli ultimi decenni. Potremmo asserire che i concetti primari alla base del Building Information Modeling sono quelli della prototipazione e della simulazione, mutuati direttamente dal disegno industriale come suggerisce Livio Sacchi¹⁰. In architettura si è giunti all'era del disegno parametrico informatizzato

⁹ (Voce dell'Enciclopedia: disegno architettonico, 1998)

¹⁰ (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 1.1-1.8)

con una certa cautela, da un lato dovuta alla complessità che un progetto architettonico comporta, dall'altro perché, per quanto si possa parlare di standardizzazione in architettura, il disegno (sia esso riferito ad un progetto o ad un rilievo) necessita sempre di un certo grado di libertà, soggettività, interpretazione e unicità. Per questo e altri motivi accettare il portato innovativo di questa tecnologia necessita la giusta cautela critica¹¹ in quanto preclude un certo approccio metodologico. Con l'avvento del Building Information Modeling si considera quindi il modello geometrico¹² come un contenitore di informazioni, spesso sovrapposte che, opportunamente gestite da filtri di visualizzazione, strumenti analitici e tabelle, possono ricevere dati per la tematizzazione del disegno o possono addirittura produrne nuove informazioni tramite l'estrapolazione e l'analisi dell'entità geometriche del modello.



Figura 3 - Biennale di Architettura, Venezia 2014. www.artribune.com

¹¹ Temi discussi in modo approfondito al capitolo 1.3

¹² Spesso denominato modello fisico forse per distinguere la sua effimera materialità legata all'aspetto geometrico messa a confronto con l'immaterialità delle informazioni testuali/tematiche.

Questa necessità di rappresentare e rilevare la parte nascosta dell'edificio deriva con buona probabilità, oltre che dalle semplici intuizioni del progresso tecnologico, da una domanda sempre maggiore di dati nella pratica professionale (dovuta a sua volta dall'aumento della complessità degli interventi, sia relativi al nuovo che all'esistente-). L'incremento della complessità procedurale è speculare alla più o meno giustificata proliferazione normativa legata all'edificio, alla richiesta di standards prestazionali sempre maggiori¹³, e all'incremento considerevole della parte dell'intervento dedicata agli impianti (meccanici, elettrici e informatici).

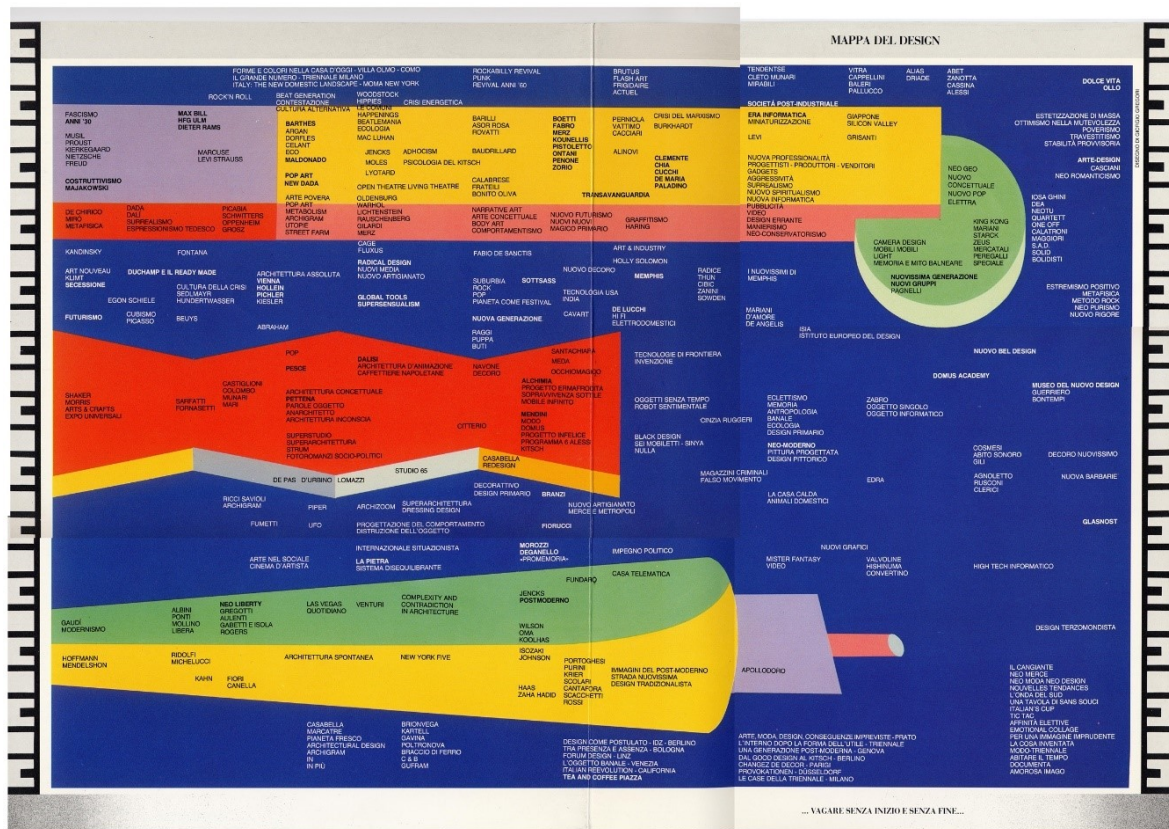


Figura 4 -Mappa del design, disegno di Giorgio Gregori, tratta da *ollo*. Rivista senza messaggio diretta da Alessandro Mendini, 1, 1988. www.aisdesign.org

¹³ È opportuno sottolineare che l'aumento degli standard prestazionali non è solo dovuto a ragioni di risparmio energetico o di ciclo di vita dell'edificio ma anche e soprattutto per aumentarne sempre più il grado di resilienza in relazione ai fenomeni sismici e al cambiamento climatico.

Per tutte queste ragioni, utilizzando un paragone con scienze naturali potremmo parlare di tassonomia dell'edificio. Si intende utilizzare il termine tassonomia perché più completo rispetto al termine anatomia, in quanto, gli elementi dei modelli virtuali parametrici dell'edificio sono ormai perfettamente caratterizzati e ordinati secondo specifiche gerarchie, secondo una *taxis*¹⁴. Tali elementi non sono semplicemente rilevati e rappresentati ma sono messi in relazione tra loro come in un ipertesto e sono pensati di fatto per attuare una simulazione sempre più dettagliata del reale.¹⁵

Questo aumento delle informazioni, oltre agli ovvi benefici legati ad un grado di conoscenza maggiore, tende a tracciare quindi una tassonomia dell'elemento costruito e se da un lato comporta la gestione di grandi quantità di dati, dall'altro racchiude in sé la natura olistica della rappresentazione in architettura, ovvero tende a raccogliere e sintetizzare tutti i problemi relativi alla conoscenza-rilievo e alla creazione-progetto. In questi termini possiamo notare come la centralità del *modello d'informazioni*¹⁶ costituisca, per questo nuovo approccio al disegno dell'architettura, un paradigma interpretativo fondamentale della realtà. Nel 1994 Claudio Moriconi scriveva: “*Quando elaboriamo un progetto necessariamente trasformiamo il nostro pensiero in elaborati grafici su cui riflettere e discutere con altri, ma sul foglio di carta possiamo rappresentare solo immagini bidimensionali e fare uno sforzo nel pensarli tridimensionali come nella realtà costruita; il computer ci permette, non solo di utilizzare la terza dimensione, ma di inserire tutte quelle informazioni grafiche, necessarie alla comprensione dell'intervento, nel modello stesso; in definitiva abbiamo un disegno che li contiene tutti*”¹⁷. *Un disegno che li contiene tutti* è forse l'espressione più adeguata al *modello di informazioni dell'edificio* ma anche in *Scienza del disegno* l'approccio procedurale delle nuove frontiere informative

¹⁴ *Taxis*, sostantivo femminile, dal greco: l'ordinare, porre in ordine, disposizione, grado. Dal sostantivo greco *taxis* derivano le parole italiane *sintassi* e, appunto, la parola *tassonomia*.

¹⁵ I concetti di *ipertesto* e di *simulazione* in relazione al disegno di architettura sono considerati fondamentali e saranno approfonditi nei paragrafi successivi.

¹⁶ Si utilizza l'espressione *modello d'informazioni* che racchiude in sé le accezioni di *modello informatizzato* (che riceve informazioni) e di *modello informativo* (che fornisce ed elabora informazioni)

¹⁷ (Claudio Moriconi professione infografico, 2001, p. 32)

dell'architettura viene definito come: “[...] progettazione basata su modelli 3D realizzati non come semplice rappresentazione di un oggetto o di un manufatto bensì come sistema conoscitivo, di simulazione e prototipazione; [...]”¹⁸

1.2 Identità del disegno contemporaneo

1.2.1 Una definizione aggiornata

Si è parlato spesso di identità dell'architettura, ma si può parlare anche di un'identità del disegno? Il concetto di identità è legato a quello di storia e spirito del tempo, a quello di luogo e quindi di identità locale, si può inoltre legare il concetto di identità alla personalità di un individuo o di una popolazione. L'identità di una disciplina potrebbe quindi essere costituita dall'insieme delle conoscenze empiriche, delle norme e dei codici, degli apporti forniti dagli studiosi e dai professionisti, dai traguardi raggiunti nel suo sviluppo pratico e teorico. In questo senso l'identità del disegno è in continuo aggiornamento, più che mai nell'era digitale. Riportiamo di seguito uno stralcio della descrizione della disciplina ICAR/17 DISEGNO¹⁹ nella quale si riportano i contenuti della disciplina che “[...]Comprendono i fondamenti geometrico descrittivi del disegno e della modellazione informatica, le loro teorie ed i loro metodi, anche nel loro sviluppo storico; il rilievo come strumento di conoscenza della realtà architettonica, ambientale e urbana, le sue metodologie dirette e strumentali, le sue procedure e tecniche, anche digitali, di restituzione metrica, morfologica, tematica; il disegno come linguaggio grafico, infografico e multimediale, applicato al processo progettuale dalla formazione dell'idea alla sua definizione esecutiva.” Di nuova identità del disegno²⁰ ne parla anche Fabio

¹⁸ (Docci, Maestri, & Gaiani, Scienza del disegno, 2017, p. 412)

¹⁹ D.M. 4 ottobre 2000 - Settori scientifico-disciplinari Pubblicato su G.U. n. 249 del 24 ottobre 2000 - supplemento ordinario 175

²⁰ (Anima digitale, verso una nuova identità del disegno, 2001, p. 105-117)

Bianconi sottolineando che *“La vera rivoluzione risiede nella convergenza verso il digitale: il salto di livello che si attua nella multimedialità, interattività e ipertestualità.”*

Come abbiamo visto nel precedente capitolo ci sono stati casi in cui il mezzo ha influenzato fortemente il concepimento del fine, capire se il BIM farà o stia già facendo lo stesso per gli edifici contemporanei è una questione ancora difficile da definire. Tuttavia quel filone di figurazione architettonica che da Jean Prouvé a Renzo Piano fino a Carlo Ratti o RCR Arquitectes basata spesso *“sull’enfatizzazione delle potenzialità espressive dei materiali”*²¹, come descrive Paolo Verducci, o sullo scomponimento degli elementi costruttivi e impiantistici come forte elemento identitario, potrebbe essere antesignana di quella che Carlo Gandolfi definisce come *“architettura-dispositivo”*²² trovando terreno fertile nel vasto mondo dei nuovi strumenti informatici.

L’evoluzione dei mezzi informatici ha portato in pieno sviluppo il carattere multimediale, interattivo e ipertestuale del disegno e i processi della rappresentazione e del rilievo si sono evoluti di pari passo con le istanze della rigenerazione urbana e architettonica, dal restauro conservativo alla ristrutturazione edilizia. Tali procedimenti come sappiamo richiedono quindi un livello di conoscenza molto più profondo rispetto al passato, si tende a caratterizzare il modello tridimensionale con proprietà che l’occhio umano non può percepire e il procedimento dell’analisi storico-critica non può stabilire. L’affinamento delle tecniche di rilievo architettonico e di diagnostica che ci aiutano a *“vedere dentro all’edificio”* deriva anche dalla necessità di validare o meno *l’affidabilità del dato*²³ costruttivo rappresentato in un modello digitale parametrico; il cosiddetto *Heritage Building Information Modeling* infatti costituisce un grande *“calderone di informazioni”* che potranno avere o meno un certo grado di attendibilità rispetto al reale. Il disegno in questo modo si

²¹ (Antiche costruzioni high-tech, 2001, p. 144)

²² (La qualità è nel dispositivo, 2017) articolo della rivista *Abitare* n.567, settembre 2017

²³ Concetto introdotto con l’intervento del Prof. Carlo Bianchini, *Il modello BIM e l’antico* al convegno *BRAINSTORMING THE BIM MODEL* tenutosi venerdì 25 novembre 2016 presso il Politecnico di Milano.

arricchisce di molteplici informazioni e, nei modelli di informazione dell'edificio si aggiungono, a quelli che risultano essere gli elaborati principali, una quantità considerevole di dati aggiuntivi di natura diversa (siano essi altri disegni più dettagliati o esplicativi, foto, punti georiferiti, testi, caratteristiche strutturali, proprietà materiche, codici identificativi di archivio, etc.). Ma le peculiarità di questo nuovo modo di disegnare l'architettura non si esauriscono con l'estrema caratterizzazione dell'elemento, infatti un altro aspetto fondamentale è il concetto di relazione reciproca dei dati e degli elementi che, collegati tra di loro, dialogano e condividono informazioni; tutto questo riporta ad una tendenza da parte disegno a somigliare sempre più ad un ipertesto, o meglio ancora, si potrebbe parlare di disegno (o modello) architettonico ipertestuale. Un terzo fattore, oltre alla iper-caratterizzazione degli elementi architettonici e alla loro messa in relazione è costituito dalla sintesi di questi ultimi: la tendenza degli oggetti rappresentati alla simulazione sempre più aderente alla realtà in uno spazio totalmente virtuale. Questo fatto costituisce concettualmente la frontiera estrema del disegno di architettura inteso come progetto e rilievo: per il progetto significa prevedere, nel disegno, più cose possibili nel mondo reale, per il rilievo significa eseguire il medesimo processo ma in senso opposto. A questi tre fattori appena elencati (1-caratterizzazione estrema elementi costruttivi virtuali, 2-messa in relazione tra questi elementi, 3-tendenza alla simulazione da parte dell'intero sistema) potremmo aggiungere un quarto che riguarda l'interfaccia dei sistemi e dei modelli di informazione (interazione uomo-macchina) e considerarli insieme come i quattro postulati fondamentali della nuova identità del disegno dell'architettura (cfr. fig. 5).

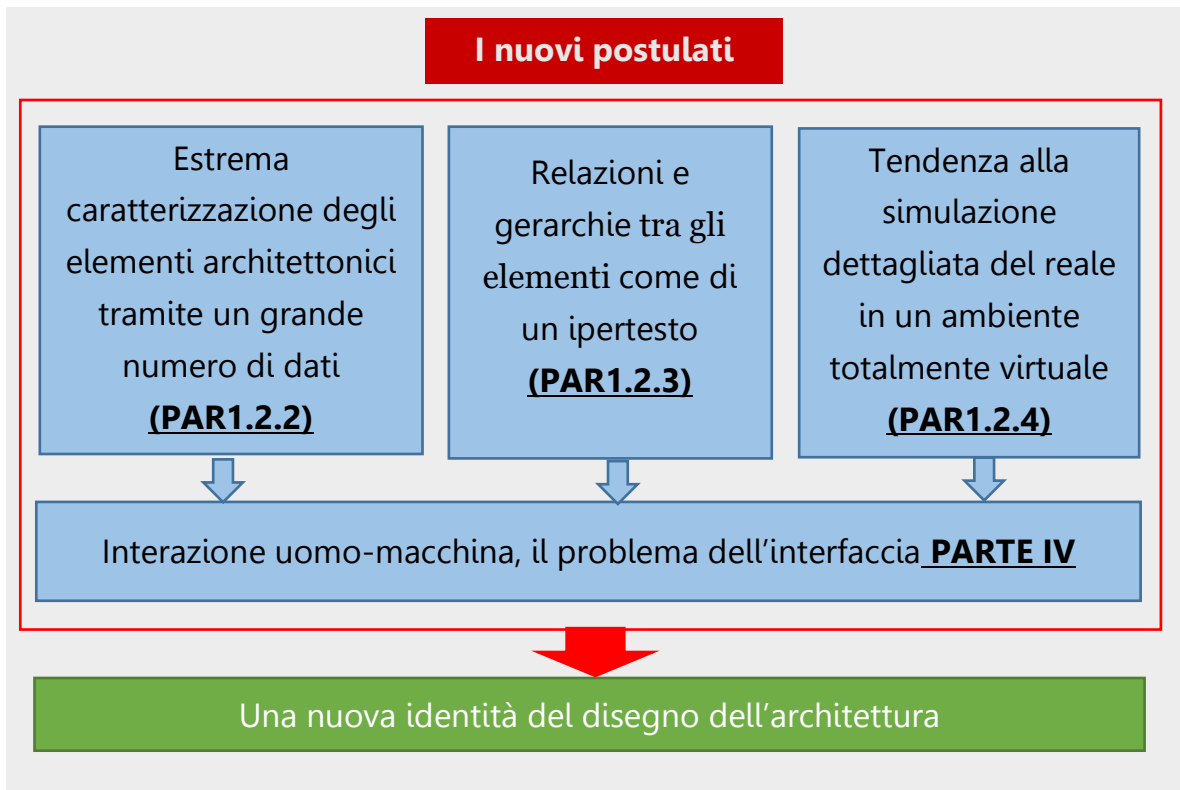


Figura 5 - schema nuova identità del disegno (*)

Approfondiremo nei prossimi sotto-capitoli i quattro concetti appena enunciati e rappresentati nella fig.5 per meglio descrivere l'odierna identità del disegno dell'architettura. È importante inoltre tenere conto che la quasi totalità delle considerazioni di carattere generale espresse in questa prima parte della tesi riguardano anche le attività del rilievo architettonico che, per certi versi in anticipo rispetto alla rappresentazione, ha accolto (e sta accogliendo) tutto il portato innovativo delle nuove tecnologie.

Per concludere questa breve introduzione ai prossimi capitoli che illustrano meglio il significato dei postulati appena descritti possiamo quindi affermare che l'utilizzo del computer in architettura ha stravolto ritmi, velocità, quantità e soprattutto grado di libertà e arbitrarietà della forma architettonica e urbana. In alcuni casi ha generato situazioni di densificazione di spazio, colore e segno che forse rispecchiano la multiculturalità e il caos delle metropoli contemporanee

condensata nella *Bigness* descritta da Rem Koolhaas²⁴. Se nel XV secolo la prospettiva fu uno strumento che permise, insieme ad altri fattori, di costituire un momento fondamentale per l'affermazione identitaria dell'architettura occidentale, ci si chiede in che modo potranno delineare i nostri posteri un'identità così multiforme come quella contemporanea che, grazie alle nuove modalità di scambio dei dati, di generazione delle forme e di calcolo delle strutture, ha reso possibile un moltiplicarsi inaudito della forma e del carattere architettonico (spesso trasmessi istantaneamente da una parte all'altra del mondo tramite i canali della globalizzazione). Un uso consapevole dei nuovi strumenti è l'unico modo per poter garantire la buona qualità e la consapevolezza passa anche attraverso una revisione della didattica

In sostanza possiamo affermare che il disegno dell'architettura all'alba del XXI secolo ha assunto una nuova identità, in continua evoluzione, mutevole, perfettamente aderente alla celebre definizione di *società liquida* introdotta da Bauman²⁵. Anche lo stesso uso dell'espressione *realtà virtuale* racchiude in sé un ossimoro che ben descrive il labile confine tra *realtà concreta* e *virtualità ideata* con le quali artisti e architetti devono rapportarsi nella contemporaneità.

1.2.2 *Quantità, velocità, complessità*

"L'incremento dei mezzi di comunicazione non rende la società più trasparente più consapevole di sé più illuminata i mass media moltiplicano la complessità della realtà invece di ridurla. L'esplosione di visioni [...] del mondo, di voci di minoranza prima sconosciute ed ora portate a conoscenza dai mezzi di informazione producono inevitabilmente una dissoluzione dei punti di vista [...]." ²⁶ Come suggeriscono queste parole, nella cosiddetta società

²⁴ (Junkspace, 2006)

²⁵ (Modernità liquida, 2011), tema trattato in questa e in altre opere dello stesso autore.

²⁶ (Moriconi, Il disegno a mappa di bit, 1996)

dell'informazione (o post-industriale) ci troviamo a gestire una quantità di dati inaudita. Questo aspetto coinvolge anche il disegno architettonico e più in generale la professione dell'architetto. L'incremento della documentazione necessaria per qualsiasi tipo di intervento edilizio ha conosciuto una crescita notevole negli ultimi anni, in particolar modo in Italia. Per renderci conto quantitativamente di cosa stiamo parlando riportiamo un estratto dell'articolo *Burocrazia & architettura*²⁷ di Simone Cola, consigliere CNAPPC che riporta i dati rilevati in un'indagine specifica condotta dalla Banca Mondiale²⁸:

"[...] Nello specifico i dati riguardanti il nostro Paese sono negativi riguardo ai tempi di rilascio della concessione, con una media di 233 giorni decisamente superiore a quella di UK (88), USA (91), Germania (97) e Francia (184) e analoghi soltanto a quelli della Spagna (230); allo stesso modo l'incidenza di tali procedure sul valore complessivo dell'immobile (3,7%) è superiore rispetto ai costi che normalmente si sostengono in USA (1%), Germania (1,1%) e UK (1,2%), leggermente migliore dei dati francesi (4,7%) e spagnoli (5,2%)."

TEMPI DI RILASCIO CONCESSIONE EDILIZIA (GIORNI)

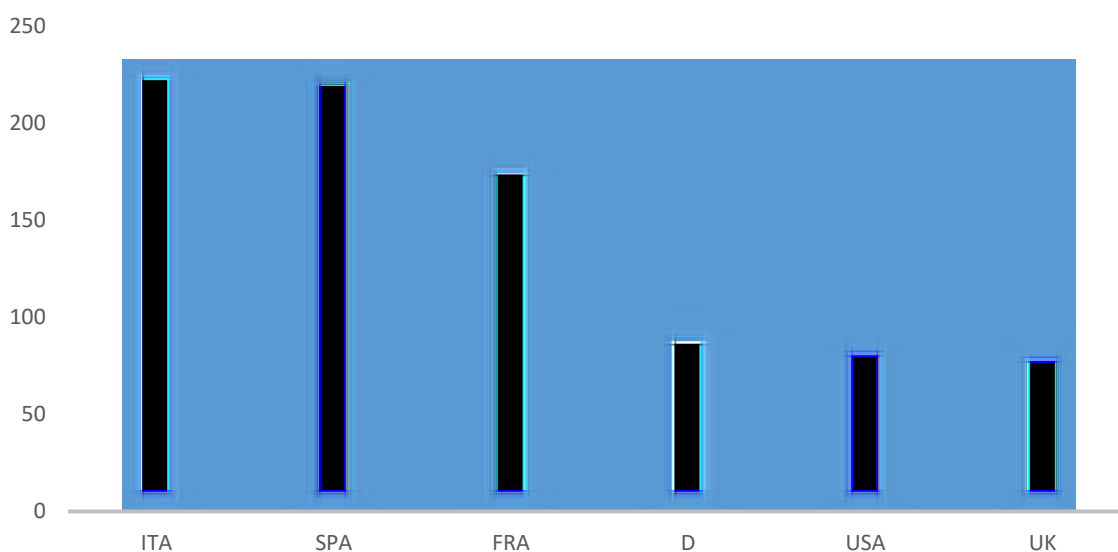


Figura 6 - tempi di rilascio concessione edilizia (* su dati: World Bank Group)

²⁷ (www.larchitetto.it, 2014)

²⁸ World Bank Group (Dealing with Construction Permits)

La scarsa qualità burocratico-amministrativa, oltre a escludere dal mercato delle opere pubbliche il 98.7% dei progettisti italiani in funzione di norme basate non sulla qualità progettuale ma su fatturati e piante organiche, condiziona pesantemente le procedure e i tempi di realizzazione dei lavori; per dare un'idea del caos amministrativo italiano è significativo notare come Il Codice dei Contratti vigente dal 2006 (composto da 273 articoli con 43 allegati) sia stato modificato da 44 norme e 15 leggi di conversione, abbia subito, conteggiando solo le modifiche convertite in legge, ben 545 tra variazioni, integrazioni e sostituzioni, rimanendo inalterato solo in 114 articoli. [...]

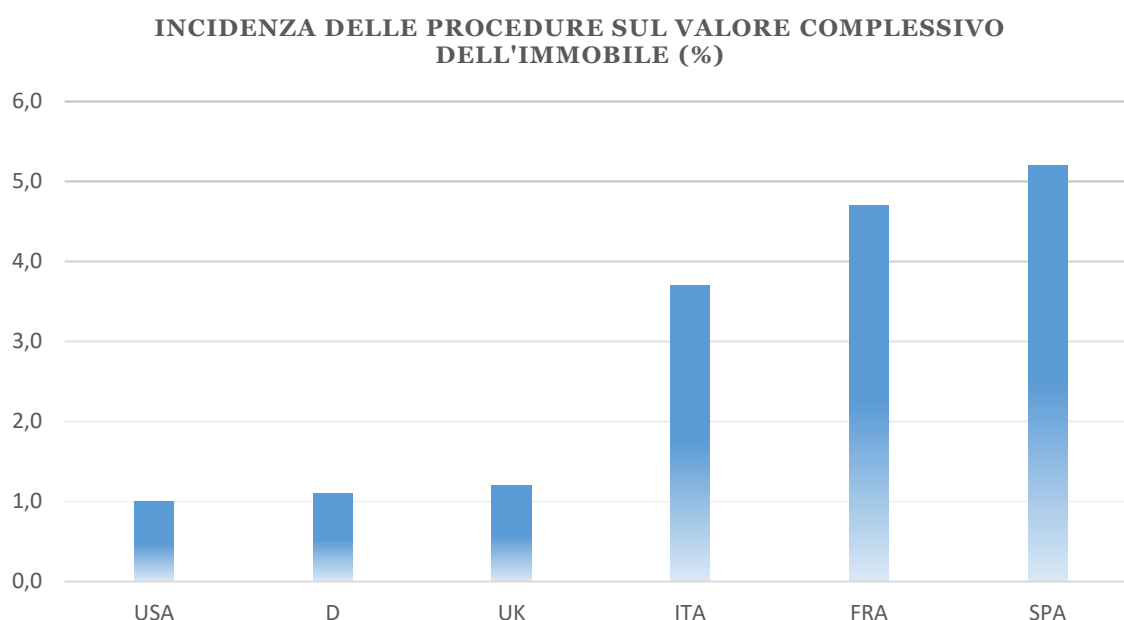


Figura 7 - incidenza delle procedure sul valore complessivo dell'immobile (*)

Sono quindi considerevoli le problematiche relative alla quantità dei dati e dell'aumento del grado di disordine in una struttura complessa. Serve di conseguenza un sistema gestionale efficiente di organizzazione, archiviazione, fruizione, analisi del dato. La capacità di accogliere una grande quantità di dati e di metterli in relazione tra loro può essere svolta dai software di disegno parametrico. Inteso come prefigurazione, come verifica preliminare

all'intervento vero e proprio, il disegno dell'architettura è un procedimento che la mente umana svolge da sempre e da sempre l'architetto ha associato le informazioni numeriche e testuali a quelle grafiche-geometriche. Ciò che cambia nell'era dei Big Data è la quantità dei dati e la velocità richiesta nel reperirli, la loro gestione è quindi possibile solo tramite un sistema di associazioni complesso non sequenziale di immagini e testo, un sistema ipermediale.²⁹

1.2.3 La condivisione tra ipertesto e disegno verso la “saggezza della folla”

Le conseguenze dell'estrema specializzazione di ogni branchia dell'edilizia, tipica del mondo anglosassone, ha portato ad una frammentazione notevole dei fattori da tenere in conto soprattutto nella fase esecutiva della realizzazione del manufatto. Nel testo *Saper leggere l'architettura* si parla di *strutturalismo del disegno* in questi termini: “*il metodo dello strutturalista consiste nell'esaminare il fenomeno. Scomponendolo nelle sue parti costitutive per classificare quindi nel ricomporle in modo da comprendere le ragioni che le legano reciprocamente e con il tutto*”³⁰. Nei moderni sistemi di rappresentazione come il BIM quindi uno dei problemi fondamentali è l'organizzazione di una massa di dati di natura totalmente differente, tale organizzazione proviene da schemi mentali che sono prefissati preventivamente dall'autore del disegno, in questo senso l'architetto mentre disegna dovrà di fatto pensare ad un sistema di associazioni complesso simile ad un ipertesto. Per la prima volta l'architetto dovrà porsi un quesito ulteriore a quello della pura rappresentazione, dovrà definire infatti regole per la struttura del disegno stesso e della sua fruizione (collegamenti e interfaccia). La complessità è aumentata non solo per il fattore quantitativo, come già enunciato, ma anche per quello qualitativo, infatti se per

²⁹ Concetto introdotto da Ted Nelson nel 1965.

³⁰ (Docci & Chiavoni, *Saper leggere l'architettura*, 2017, p. 5)

ipermedialità, il padre dell'ipertesto Ted Nelson, intendeva un insieme di audio grafica e testo, oggi un programma BIM, soprattutto in relazione al patrimonio storico culturale, può contenere una ben più vasta eterogeneità nella natura del dato (dalle proprietà fisiche del materiale alla caratterizzazione storica, per citarne alcuni). L'ipertesto è inoltre la base concettuale della condivisione dei dati e della loro libera associazione reciproca. Questo sistema di condivisione dei dati previsto dai sistemi BIM potrebbe essere visto come un'applicazione della teoria della *saggezza della folla*³¹, ovvero più individui a distanze notevoli, con formazione e competenza differenti concorrono alla realizzazione di un unico progetto. Lo stesso concetto di *Learning Objects*³² è facilmente assimilabile al concetto di famiglia BIM, in un'ottica divulgativa dell'informazione proveniente dall'elemento virtuale informatizzato.

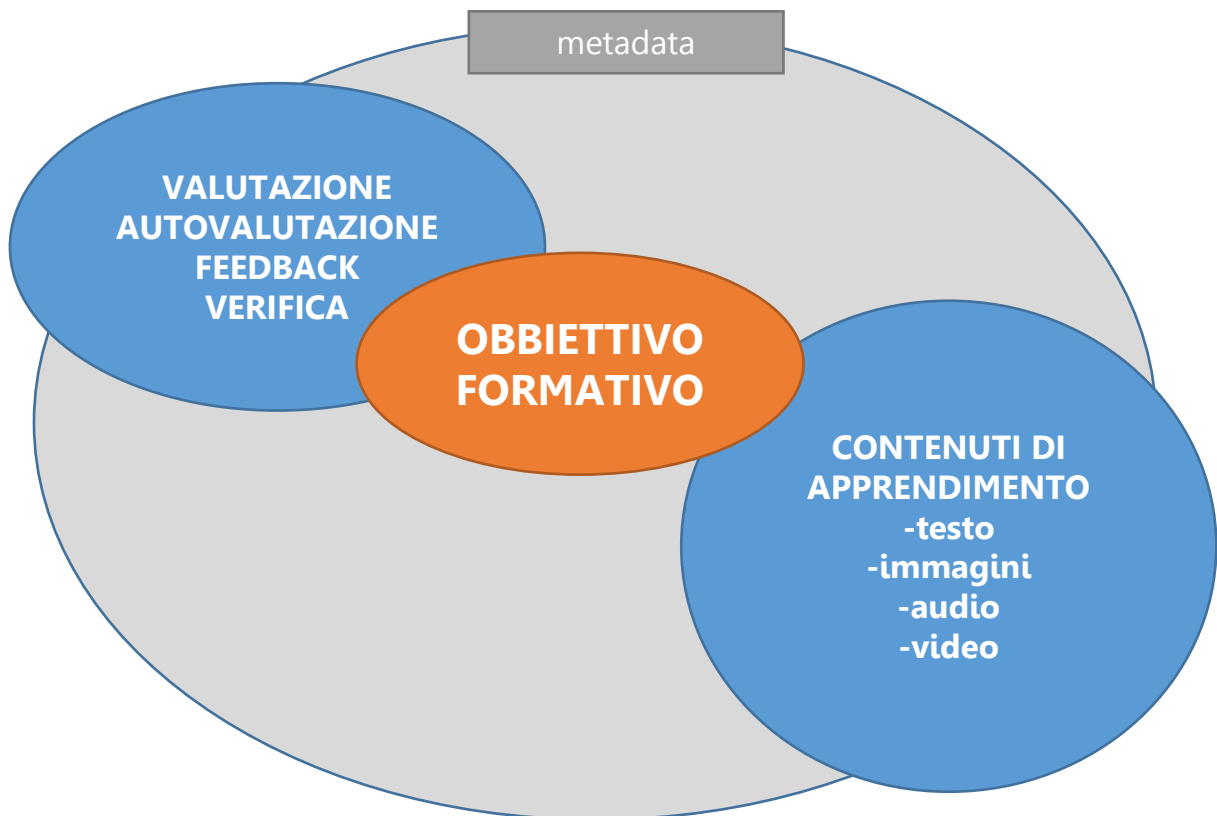


Figura 8 – struttura learning object (*)

³¹ (Surowiecki, 2007)

³² (Wiley, 2000)

1.2.4 Smaterializzazione e rimaterializzazione: verso un'architettura della simulazione totale

Prendendo spunto dalle parole di Giulio Carlo Argan citate nel testo *Scienza del Disegno*, la progettazione viene descritta come “*la progressiva visualizzazione dell’idea formale, cioè un progressivo trasporto di essa da uno spazio ipotetico e puramente mentale a uno spazio determinato e concreto.*”³³ Queste parole ci introducono al tema del rapporto tra realtà e virtualità nel disegno dell’architettura. Con riferimento al fenomeno della simulazione in architettura Francesca Cataliotti sottolinea come “*L’esigenza o forse la necessità di rappresentare l’ambiente è antica quanto la storia dell’uomo: essa appare e si sviluppa in parallelo alla sua evoluzione.*”³⁴ All’alba del nuovo millennio però l’informatica ha avviato un processo di smaterializzazione del disegno di architettura inedito, come è avvenuto, del resto, in tante altre discipline.

Ci si chiede dunque se l’architettura, nell’epoca dell’ICT, riesca a sopravvivere con queste nuove vesti di iper-immaterialità; per poter rispondere a questo quesito, dobbiamo analizzare le peculiarità fondamentali della nostra disciplina. A bene vedere la dualità tra idea e materia costituisce un elemento perdurabile nella storia dell’architettura ma, mentre prima del disegno digitale questi due mondi rimanevano sostanzialmente separati seppur dialoganti, oggi l’uno dilaga nell’altro o meglio: l’idea tende ad inglobare la materia tramite la simulazione della realtà, non solo nelle dimensioni dello spazio ma anche in quelle del tempo, dell’economia, della società (cosiddetti 4D, 5D, 6D, etc., ovvero il dato caratterizzato dalla sua immaterialità). Il modello digitale a differenza di quello tradizionale³⁵ tende a racchiudere informazioni che oltrepassano l’idea di spazio e di tempo, un esempio fra tutti potrebbe essere il cantiere che, prima di essere realizzato viene ormai simulato in ogni suo minimo dettaglio tramite diagrammi,

³³ (Docci, Maestri, & Gaiani, *Scienza del disegno*, 2017, p. 347)

³⁴ (“Simulare” l’architettura, *le anastilosi virtuali*, 2001, p. 119)

³⁵ Inteso come il modello vero e proprio, che sia ligneo o di altro materiale.

tabelle, animazioni che prefigurano scenari possibili per tentare addirittura di prefigurare l'imprevisto.

Ciò che ci si augura è che i nuovi strumenti informatici e infografici possano costituire un mezzo conoscitivo migliore e che possano sintetizzare le varie istanze del progetto e del rilievo. Nel testo *Scienza del disegno* viene descritta una interessante associazione tra i tre metodi figurativi individuati da Vitruvio (Ichnographia, Ortographia Scaenographia)³⁶ alle fasi del processo costruttivo. Sempre attingendo al testo appena menzionato possiamo notare che nonostante i mezzi della rappresentazione abbiano subito notevoli cambiamenti “[...] *l'essenza della dottrina della figurazione in architettura sta tutta ancora nell'enunciato Vitruvio, che aveva già individuato i tipi possibili di rappresentazione progettuale.*” Sono cambiante indiscutibilmente la quantità di dati, la velocità con cui reperirli e le modalità con cui si può gestire la visualizzazione se pensiamo ad esempio al salto continuo interscalare e interdimensionale possibile con il disegno BIM. Siamo quindi davanti alle estreme conseguenze di ciò che Vitruvio aveva individuato; quando infatti si arriva a riprodurre l'imprevisto in cantiere e persino a prefigurare la vita dell'edificio con una schedulazione delle attività di manutenzione si può quindi parlare di un tipo di *simulazione* dal carattere *totale*; Moriconi, infatti, in riferimento al concetto di simulazione asserisce che “*si fa carico di anticipare ogni possibilità di divenire, attraverso la manipolazione del modello, di verificare il funzionamento dell'oggetto come se si trovasse nelle reali condizioni di esistenza*”³⁷.

Il potere di una virtualità così spinta e raffinata ci porta molto lontano rispetto alla concezione tradizionale modello ligneo o alla carta stampata o disegnata ma c'è un principio che lega il plastico realizzato da Giuliano da Sangallo il Giovane per la Basilica di San Pietro in Vaticano a metà del XVI secolo con i più sofisticati modelli BIM ovvero il fine di prevedere, simulare, prototipare e rappresentare - per conoscere, studiar e verificare- l'architettura; a tal proposito ricordiamo le

³⁶ (Docci, Maestri, & Gaiani, *Scienza del disegno*, 2017, p. 350)

³⁷ Cit. Moriconi in (*Anima digitale, verso una nuova identità del disegno*, 2001, p. 111)

parole di Mario Ridolfi “*comunque non scordatevi mai che il disegno serve ad anticipare – se possibile, al vero – l’architettura; serve a controllare tutto in anticipo*”³⁸. In questo senso il disegno di architettura non ha perso il suo significato anzi lo ha rafforzato ampliando i tematismi che in un unico modello possono essere raccolti tendendo a racchiudere la totalità delle problematiche del progetto e anche i processi di *smaterializzazione* sopra citati saranno equilibrati sempre più da processi di *ri-materializzazione del disegno*, la stampante 3D costituisce il caso più esemplare in questo senso.



Figura 9 - plastico per basilica di San Pietro in Vaticano realizzato tra il 1539 al 1546 da Antonio da Sangallo il Giovane in scala. www.stamp3d-forum.it

³⁸ Cit. in (Claudio Moriconi professione infografico, 2001, p. 47)

1.3 Il contesto scientifico. Critica ragionata per un approccio più consapevole alle metodologie infografiche in architettura

1.3.1 Gli aspetti critici del metodo strumentale-parametrico

Come tutte le grandi rivoluzioni anche quella del BIM comporta un periodo di forte dibattito preventivo alla completa accettazione. Questa nuova tecnologia fa ingresso nel mercato in un momento di grande crisi economica e l'ambiente culturale italiano, delle università e degli studi professionali, accanto ad una sincera spinta innovativa mostra una certa eterogeneità di pensiero nel approccio al tema. Tutto questo dibattito, se opportunamente veicolato, non può che portare ad una comprensione più consapevole dell'edificio e, perché no, costituire un importante tassello della tanto invocata identità dell'architettura contemporanea.

Per poter comprendere quali siano i limiti di questo nuovo campo conoscitivo/produttivo e al fine di fornire una risposta con le parti più pratiche della tesi, si sono individuati gli aspetti che sono risultati più critici emersi dalla letteratura e dai media, ecco le problematiche principali:

- 1) Il problema della standardizzazione nel disegno dell'architettura (in particolar modo quella esistente).
- 2) La virtualizzazione spinta di tutto il processo produttivo e di quello conoscitivo (tendenza al distacco dalla realtà).
- 3) Il rapporto tra lo strumento e il prodotto e l'intenzionalità finale dell'autore.

1.3.2 Standardizzazione vs customizzazione

Nel 1969, in piena contestazione, le parole di Superstudio in un saggio intitolato *Design d'invenzione e design d'evasione* erano le seguenti: *“In questo modo soltanto, con l’atteggiamento creativo, si possono evitare le risposte prefabbricate imposte dai grandi monopoli di verità”*³⁹. Al di fuori dal contesto socio-economico molto differente da quello contemporaneo, il problema della standardizzazione ritorna ad essere un elemento cardine della produzione architettonica e ingegneristica contemporanea. Mentre nella citazione appena riportata si faceva riferimento sostanzialmente alla standardizzazione dell’elemento costruttivo reale, in questo passaggio ci si vuole concentrare su alcuni procedimenti di standardizzazione digitale. Dopo la produzione seriale dell’elemento costruttivo stiamo infatti assistendo alla standardizzazione del disegno digitale, con tutti gli aspetti positivi e negativi annessi. Ad un primo approccio infatti il sistema BIM presenta una certa rigidità soprattutto dal punto di vista della personalizzazione degli elementi. Spesso il progettista, soprattutto ad un primo approccio, si troverà ad affrontare alcune difficoltà nell’adattamento dei modelli alla realtà molto eterogenea degli elementi concreti, sia per il disegno di progetto (limiti nella fase meta-progettuale) sia -e soprattutto- nel disegno di rilievo (limiti della restituzione del dato).

L’architetto infatti, è passato da quella libertà indiscussa che il tecnigrafo offriva, per passare poi attraverso quella libertà addirittura “aumentata”⁴⁰, dei softwares per la free-form architecture (ad esempio con l’uso di NURBS⁴¹) per giungere poi ad un sistema (apparentemente) più rigido come quello del BIM, basato su procedimenti che prescindono dalla realizzabilità e cantierabilità dell’intervento. Il fatto che il BIM sia fortemente orientato sulla fase operativa è da considerarsi però un aspetto positivo; infatti come suggeriscono Bianchini, Inglese e Ippolito: *“La progettazione del nuovo si realizza attraverso la giustapposizione di*

³⁹ Superstudio (Natalini, Toraldo di Francia, Frassinelli, & Magris) cit. in (Biraghi & Damiani, 2009)

⁴⁰ A tale proposito si veda quanto enunciato nel sottocapitolo 1.1.2

⁴¹ Acronimo di Non Uniform Rational Basis-Splines.

elementi standardizzati dei quali si impongono le caratteristiche (qualità) e la posizione (quantità) all'interno del progetto. Al momento della costruzione elementi della medesima natura, verranno realizzati ex-novo in cantiere secondo le specifiche progettuali. Prioritario sarà limitare le interferenze con gli altri elementi al fine di precedere verso una realizzazione la più spedita possibile"⁴². Ciò che, apparentemente, può sembrare lasciato in secondo ordine, ovvero l'aspetto meta-progettuale, viene in realtà considerata come una fase a cui porre verifica. Tale fase, essendo appunto concettuale, può (e forse dovrebbe) avere principio con mezzi del tutto tradizionali (come carta) ed eventualmente essere ottimizzata con strumenti di modellazione libera per una ulteriore conferma compositiva. Con la trasposizione in BIM si procederà poi a parametrizzare il meta-progetto. Ma in questo modo quella che è l'istanza geometrica-compositiva, prima della resa esecutiva si dovrà confrontare con la fattibilità economica, strutturale, realizzativa, insomma viene in questo modo verificata a priori con la modellazione BIM che pone al progettista tante problematiche che altrimenti avrebbe dovuto affrontare a posteriori.

Per quanto concerne il problema della rappresentazione di un rilievo architettonico sorgono invece altre problematiche. Citando ancora una volta Bianchini, Inglese e Ippolito *"L'edificio storico ha nel suo carattere di unicità e di rapporto non-standard con la standardizzazione, uno degli elementi di maggiore caratterizzazione"*⁴³. L'evoluzione dei softwares per l'informatizzazione dell'architettura non è andata di pari passo con quella degli strumenti digitali per il rilevamento architettonico. Non di rado infatti a monte di campagne di rilievo tramite laser scanner o fotogrammetria si ottengono nuvole di punti modelli con un alto grado di dettaglio che però, in fase di trasformazione in modello parametrico perdono poi una considerevole quantità di informazioni. Rimane aperta ancora la questione della trasformazione del modello discreto in modello parametrico, esclusi alcuni casi di procedure di ingegneria inversa non esistono ancora metodi sufficientemente efficaci per

⁴² (Bianchini, Inglese, & Ippolito, 2016) articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), 10.1-10.8

⁴³ (Bianchini, Inglese, & Ippolito, 2016) articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), 10.1-10.8

convertire l'enorme quantità e complessità dei dati trattata. Si procede più spesso con la costruzione del modello parametrico utilizzando le nuvole dei punti come una sorta di "velina 3d"; anche in questo caso, come nel disegno per il progetto, ci sono aspetti positivi. Infatti l'operatore è così costretto a decidere a priori l'organizzazione della restituzione definendo, ad esempio, la corretta densità di punti e il livello di dettaglio della restituzione (disquisito ormai ampiamente in letteratura con l'acronimo LOD⁴⁴ e recentemente ridefinito con la norma UNI 11337:2017-4 dedicate a "*Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti*").

1.3.3 Lo spazio-tempo nel disegno architettonico: la distanza tra reale e virtuale e il tempo di sedimentazione delle informazioni.

L'introduzione e lo sviluppo massiccio dell'informatizzazione del disegno architettonico ha prodotto una distorsione di tempo e di spazio nelle attività nei procedimenti e nei metodi. Queste distorsioni hanno influenzato notevolmente la produzione stessa e più in generale l'approccio alla disciplina.

La dimensione che è intuitivamente più affine al disegno è sicuramente quella dello spazio, spazio inteso sia come concetto compositivo-conoscitivo che come distanza tra realtà dell'opera e virtualità delle intenzioni dell'autore (o viceversa in un rilievo grado di conoscenza dell'autore dello stesso). La distanza o meno del progettista rispetto al cantiere è un tema rilevante fin dall'epoca rinascimentale come ricorda Josè Ignacio Linazasoro menzionando il distacco di Leon Battista Alberti con l'esecuzione e il cantiere del Tempio Malatestiano⁴⁵. Capire oggi se, a causa dell'utilizzo del disegno digitale aumentino le distanze tra l'idea e la materia è una questione piuttosto controversa ma importante, quantomeno per un corretto orientamento alla ricerca e alla didattica. Se è vero

⁴⁴ Acronimo di *Level Of Development*

⁴⁵ (Saper credere in architettura, 2014) intervista a cura di Fabio Guarrera

che molto spesso l'eccessiva virtualizzazione, simulazione estraniato il disegnatore dall'oggetto progettato e o rilevato è altrettanto vero che con il disegno infografico parametrico si riduce a priori il gap *tra progetto e realizzazione*⁴⁶ come suggerisce Livio Sacchi. Il rischio di una perdita del contatto diretto con la realtà nei procedimenti di rappresentazione (che sia progetto o restituzione) che di attività di rilievo (aumento considerevole dell'uso delle tecnologie indirette) quindi può essere controbilanciato dall'approccio predittivo che il modello infografico assume con la tecnologia BIM in sede di disegno ma risulta imprescindibile l'esperienza sul campo e la conoscenza pratica. Anche ai fini didattici, quindi, l'approccio allo strumento del disegno deve essere già orientato alla realizzazione in modo da poter ridurre la distanza tra l'idea e la materia. Solo in questo modo eviteremo di trascurare gli aspetti più concreti della professione, a tale proposito ricordiamo le parole di Giovanni Michelucci a riguardo delle sue esperienze in cantiere *"[...] apparentemente banali, ma che portano tra l'altro a non separare il lavoro di chi progetta da quello di chi esegue; [...] e anche, cosa per me di massima importanza, a non separare il disegno architettonico dal suo costante riferimento alla visione dell'opera realizzata. Per cui un mio disegno non è mai un 'astrazione ma una rappresentazione del reale"*⁴⁷.

Un'altra dimensione che è stata stravolta dalle nuove tecnologie digitali è il tempo. È un aspetto della produzione del disegno di architettura della quale spesso ci si dimentica ma che ha subito un cambiamento radicale, non senza conseguenze. Con il disegno manuale la fase concettuale del disegno risultava molto più prolungata di quella odierna e l'ufficialità della fase esecutiva ne costituiva quasi sempre una conferma (flessibile e ragionata) dell'idea da sviluppare o del dato rilevato da rappresentare. Con l'avvento del CAD si è invertito il tempo dedicato all'una e all'altra fase appena descritte e, partendo da un disegno di bozza non molto approfondito, si susseguono un numero indefinito

⁴⁶ (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 1.5)

⁴⁷ (Disegno dell'architettura. Perlustrazione critica e lettura interpretativa dai trattati agli scritti contemporanei, 2004, p. 15) citazione riportata da Roberta Spallone dal testo (Dialoghi di Architettura, 1995, p. 287) di Faroldi & Pilar Vettori.

di revisioni che arricchiscono il disegno. Su questo versante si faticano a delineare gli aspetti positivi in campo metodologico; al di fuori delle necessarie e inevitabili regole del mercato e del reale ed effettivo risparmio di tempo nei procedimenti ripetitivi della professione, stiamo assistendo ad un modo di creare e conoscere l'architettura molto meno ragionato (nel senso umano del termine). Nella tecnologia BIM potremmo però scorgere una sorta di miglioramento sotto questo aspetto. Infatti, nonostante la ovvia differenza tra un tecnigrafo e una piattaforma infografica digitale avanzata, il fatto che



Figura 10 - schizzo di Giancarlo De Carlo.
www.airtribune.com

nel disegno BIM l'architetto debba avere già un'idea abbastanza dettagliata degli aspetti costruttivi e funzionali dell'oggetto da progettare o da rappresentare porrebbe l'obbligo di fare alcuni ragionamenti prima di eseguire il disegno digitale. Nonostante possa sembrare anacronistico, la sedimentazione delle informazioni detiene ancora un valore centrale nei processi di disegno dell'architettura; ciò lo si può comprendere anche dalle parole di Giancarlo De Carlo: *“Capire richiede tempo, e io dedico molto tempo alla lettura delle cose. La lettura che non è l'analisi, è per me un elemento fondamentale”*⁴⁸

⁴⁸ (Giancarlo De Carlo e la Facoltà di ingegneria di Pavia, 2008) di Delsante, Ioanni

1.3.4 Il mezzo e il fine

Nell'articolo intitolato *Rappresentazione e architettura nell'età digitale* pubblicato dalla rivista *XY Dimensioni del disegno* nel 1995, Livio Sacchi si pone questa domanda: "è possibile che il computer tenda a configurarsi e ad essere sempre più identificato come elemento scatenante una vera e propria frattura epocale?"⁴⁹ a distanza di quasi vent'anni, non possiamo che rispondere in senso affermativo, ma possiamo ancora approfondire un altro aspetto, già introdotto nei precedenti capitoli: quello che riguarda l'intrinseco rapporto tra lo strumento e il prodotto. Traendo di nuovo spunto dal pensiero di McLuhan secondo il quale la struttura mentale degli individui è profondamente influenzata dal tipo di tecnologia della quale dispone (determinismo tecnologico) potremmo asserire che, anche in architettura, il mezzo tenda ad influenzare il fine e che, di conseguenza, il campo di indagine della ricerca presenta ancora orizzonti molto lontani grazie all'avvento di queste nuove tecnologie. Si è potuto constatare nel sottocapitolo 1.3.2 come lo strumento geometrico abbia reso possibile alcuni aspetti formali dell'architettura contemporanea e viceversa e come le necessità prestazionali dell'edificio abbiano portato a richiedere ai softwares un arricchimento sempre maggiore del segno con il testo e, ancora, di come strumenti di rilevamento e di analisi sempre più sofisticati hanno dato alle discipline l'occasione ottenere dati più precisi e più condivisibili. Possiamo notare quindi come, nei processi creativi, di natura artistica, e in quelli di ingegno, di natura tecnica, l'evoluzione dello strumento abbia influenzato fortemente il suo prodotto. Si può affermare con altrettanta certezza che le necessità di ottimizzare la produzione e di implementare nuovi attributi al progetto abbiano reso il terreno fertile per creare nuovi strumenti. L'influenza tra mezzo e fine nel campo dell'arte e della tecnica sono quindi reciproche. In architettura sono valse le stesse regole, si sono evoluti i mezzi per realizzare i manufatti, le tecniche, i materiali e il loro uso, di pari passo sono cambiati i processi per ideare la forma architettonica e quella urbana ovvero il modo di

⁴⁹ (Sacchi, *Rappresentazione e architettura nell'età digitale*, 1995) articolo della rivista *XY Dimensioni del Disegno*.

disegnare. Non dimentichiamo che alla base di qualsiasi procedimento del disegno che riguardi la creatività o la conoscenza ci sono sempre percorsi mentali di associazione (non sequenziali) di idee e forme; anche nel caso della corrente decostruttivista, ad esempio, ricordiamo con le parole di Philip Johnson come le forme dell'architettura possano presentare un'evoluzione a volte anche inconscia nella mente dello stesso autore: *“Poiché le forme non nascono mai dal nulla, ma sono inevitabilmente legate alle forme precedenti, forse non è strano che le nuove forme di dell'architettura decostruttivista riportino al costruttivismo russo del secondo e terzo decennio del secolo. [...] La somiglianza ad esempio tra i piani distorti di Tatlin e quelli di Hadid è evidente. Il linearismo di Rodčenko riemerge in Coop Himmelblau e in Gehry e così via”*⁵⁰. Disegno, conoscenza, esperienza si fondono in un'unica entità, anche Pierluigi Grandinetti, nel saggio introduttivo al testo dedicato a Gianugo Polesello, disquisendo sull'approccio al disegno e alla composizione del maestro veneziano utilizza queste parole:

“[...] La geometria del progetto non esiste al di fuori di esso, è connaturata al progetto stesso, alla sua essenza architettonica. Si esprime attraverso la configurazione dell'impianto di base e delle sue regole di partizione, attraverso la messa a punto degli elementi costitutivi il progetto (elementi architettonici formalmente definiti e geometricamente costruibili) [...] Le regole di costruzione della forma architettonica passano attraverso la geometria del progetto. La pianta è lo strumento di controllo di questa geometria.”

Seguendo le parole dello stesso saggio introduttivo troviamo un passaggio che ci illustra quanto l'aspetto progettuale e della rappresentazione si influenzino reciprocamente rendendo a volte indefinibili i confini tra mezzo e strumento:

⁵⁰ (Architettura decostruttivista, 2009), sezione del libro (Le parole dell'architettura. Un'antologia di testi teorici e critici: 1945-2000, 2009) di Biraghi & Damiani.

“Ogni forma architettonica progettata tende a porsi come una soluzione tipologica esemplare, disponibile a più utilizzazioni compositive. Il tipo tende a diventare «prototipo»⁵¹

Il fatto di considerare il BIM niente di più di uno strumento o di considerarlo invece un metodo che possa influenzare o addirittura ridefinire gli obiettivi del prodotto architettonico è una questione molto dibattuta, specialmente tra il mondo accademico e quello professionale. La posizione rispetto a questo tema espressa da Angelo Ciribini⁵² è di totale accettazione delle nuove tecnologie, con un approccio di apertura verso la possibilità che queste ultime possano ricoprire una parte anche considerevole del lavoro intellettuale dell'architetto (quella meno creativa): *“C'è una concreta opportunità di alleviare gli architetti da attività meno creative? La digitalizzazione forse non sarà in grado di modificare la natura della concezione architettonica, ma sicuramente ha la possibilità di influire sullo statuto dell'architetto, tanto per la semi-automazione delle attività progettuali quanto per la responsabilizzazione che gli strumenti di simulazione implicitamente indirizzano nei confronti dell'architetto: imprenditivo”*. A questo approccio positivistico si oppone la visione più cauta dal mondo professionale da parte di Alfonso Femia e Paolo Mezzalma che, riconoscendo il notevole valore innovativo dei nuovi strumenti digitali, riaffermano la centralità e la priorità delle capacità professionali dell'architetto nel processo di produzione architettonica.

Come spesso capita e con buona probabilità, la ragione sta nel mezzo; non dobbiamo dimenticare che dietro a questa ondata di *“re-skilling”* digitale che si affaccia al mondo dell'edilizia travolto dalla crisi più importante dal dopoguerra ci sono professionisti in carne ed ossa con una determinata sensibilità ai problemi del territorio e una specifica personalità lavorativa che grazie alle nuove tecnologie - se opportunamente utilizzate - potranno operare più efficientemente esprimendo al meglio la qualità della progettazione e dei servizi di architettura.

⁵¹ (Grandinetti, 1983)

⁵² (Il BIM è uno strumento: 5+1AA, It's e Carlo Ratti Associati commentano Ciribini, 2017)

1.4 La figura dell'architetto nell'era dell'infografica digitale

1.4.1 La situazione in Italia, il Rapporto Annuale sulla Professione 2015

Oltre ai nuovi metodi di disegno architettonico cambiano anche i modi di svolgere la professione. La situazione molto particolare nella quale questa rivoluzione digitale sta avendo seguito è quella di una crisi edilizia senza precedenti che dinnanzi al calo demografico e alla ai piani urbanistici a crescita zero vede svilupparsi sempre più interventi di tipo rigenerativo del tessuto della città. Analizzare sinteticamente il contesto nel quale opera l'architetto contemporaneo potrà darci dati utili sulle necessità procedurali del disegno in modo da definirne meglio le necessità operative da tener conto per il prodotto finale di questo percorso di ricerca.⁵³

Nell'indagine congiunturale sullo stato sullo stato della professione in Italia L'Osservatorio Professione Architetto CNAPPC-Cresme ha chiesto ai professionisti come si stiano evolvendo i nuovi modelli organizzativi degli studi e quale sia l'influenza nel flusso di lavoro delle nuove tecnologie informatiche (in particolar piattaforme web di design contest, market-place, portali telematici, etc.) e se queste ultime rappresentino una opportunità o una criticità. Riportiamo qui un passaggio del rapporto annuale:

“La necessità di fornire servizi professionali più specializzati e diversificati sta comportando un'evoluzione degli studi nella direzione di una sempre maggiore interdisciplinarietà. Il 24% delle risposte indica come i modelli organizzativi degli studi si stiano evolvendo in questa direzione, e un altro 18% indica la necessità di offrire servizi sempre più specializzati. In effetti, come visto in precedenza, negli studi degli architetti italiani l'attività di pura progettazione architettonica è sempre più spesso accompagnata da un'ampia offerta di altri servizi più specialistici, sia classici (redazione capitolati, perizie estimative,

⁵³ Lo strumento di analisi dell'edificio che sarà descritto nell'ultima parte di questa tesi avrà come scopo oltre che quello di assistere l'operatore anche lo snellimento per quanto possibile del processo procedurale.

collaudi, catasto, perizie del tribunale, sicurezza, prevenzione incendi, DIA, concessioni, etc.), che innovativi (certificazione di classi energetiche, sistemi informativi geografici, studi e progettazioni di fattibilità, project financing, facility management, etc.).”

Come possiamo vedere a causa della crisi edilizia, il mercato del lavoro in architettura sta tentando di riassetarsi con nuove modalità. Rimane il fatto che circa il un quinto degli architetti si occupa quasi totalmente di aspetti burocratici normativi.

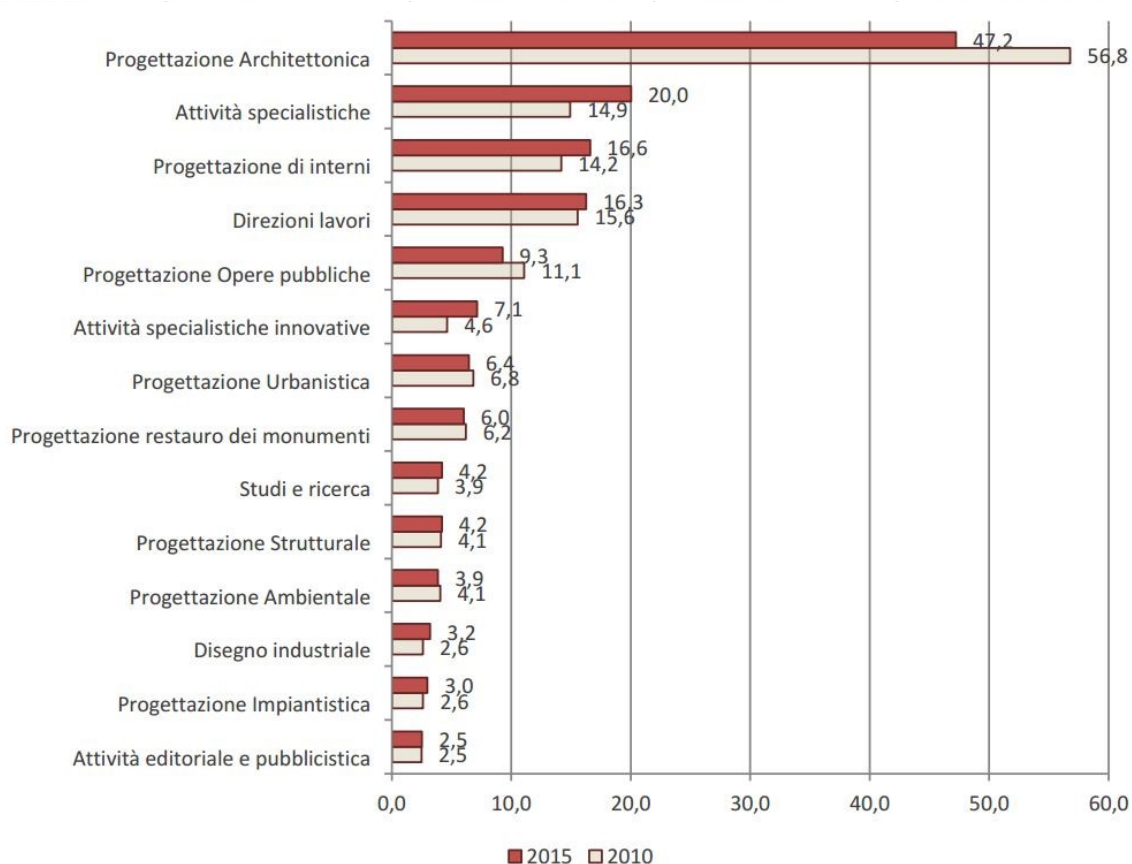


Figura 11- attività architetti. Osservatorio Professione Architetto CNAPPC-Cresme

Un altro aspetto importante affrontato dall'indagine è quello relativo all'organizzazione degli studi che, soprattutto per i più giovani, punta al coworking come passo iniziale. Questa tendenza alla sharing-economy è inoltre

rafforzata anche dalla necessità di molti studi di aumentare i limiti dimensionali (in termini di fatturato e addetti) fenomeno che, secondo l'indagine condotta da CNAPPC-Cresme, è da ricollegare ai requisiti per poter partecipare alle gare pubbliche.

Il rapporto con il con la rete internet per gli studi professionali costituisce un altro aspetto importante da analizzare; per quasi tutti i professionisti il web viene visto prima di tutto come un canale promozionale nel quale sviluppare un brand riconoscibile, l'utilizzo di sito internet e social-media risulta infatti la forma promozionale maggiormente utilizzata anche se forme marketing sia dirette (ad esempio newsletter) che indirette (ad esempio banner). Differente è invece l'approccio degli studi italiani verso le piattaforme di market-place o siti di design-contest, più in generale tutti quei meccanismi che sono basati su di un controllo differito della validità del progetto e per il quale può essere espresso un feed-back. Nonostante si pensi che i meccanismi di incontro tra domanda e offerta tramite piattaforma on-line sia inevitabile, i professionisti rimangono con un'opinione scettica in quanto la complessità dell'architettura non dovrebbe essere ridotta ad un giudizio simile a quello già sviluppato dei siti per i prodotti commerciali o turistici in quanto svilirebbe la professione e comunque non sarebbe sufficiente a descriverne i risultati con la completezza dovuta.

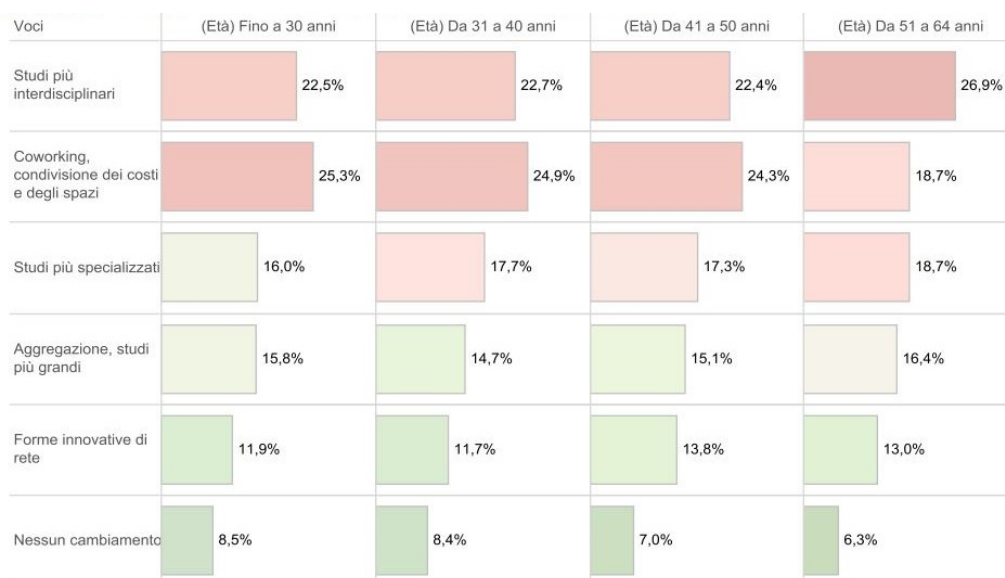


Figura 12 - organizzazione studi. Osservatorio Professione Architetto CNAPPC-Cresme

1.4.2 Specializzazione o regia? Pluralità o individualismo?

La specializzazione delle discipline ha generato una frammentazione nella filiera professionale che, se bene organizzata, anche grazie a metodi innovativi come appunto il BIM può portare a risultati di efficienza in termini di tempo e denaro considerevoli. Tali sviluppi si sono registrati soprattutto oltreoceano e in generale nei paesi più sviluppati del nord-Europa. Questo approccio disciplinare però si scontra con la realtà italiana spesso basata su studi di piccole dimensioni radicati in un tessuto come quello italiano che, sotto tutti gli aspetti (territoriale, storico, culturale, socio-politico, normativo, economico-produttivo etc.), presenta una eterogeneità quasi unica nel mondo.

Anche in questo caso il dibattito si divide tra chi sostiene che la struttura professionale debba subire un profondo cambiamento e chi invece individua gli aspetti critici dei nuovi approcci alla professione. In questa sorta di iper-pluralità specialistica che dovrebbe caratterizzare ogni livello del processo edilizio ci si chiede cosa ne sia della tradizionale centralità dell'architetto, inteso come regista del processo creativo-produttivo. Alberto Sdegno ⁵⁴ descrive questa frammentazione dal punto di vista professionale citando le figure individuate da Mario Carpo di *“primary author”* come chi si occupa dell'atto creativo e di *“secondary author”* come di chi si interessa a trasformare *l'idea in soluzione finale*; l'autore continua citando le parole di Jean Nouvel che definiscono quella di oggi una *“architettura automatica creata da architetti intercambiabili [...]”*⁵⁵. Il tema è affrontato anche da Livio Sacchi che sottolinea come il nuovo metodo lavorativo non vede più l'architetto come *“unico regista”* sospendendo che *“atteggiamento creativo individualistico si sostituisce il potenziale arricchimento derivante l'ascolto dei diversi esperti coinvolti;”* ⁵⁶ . Alla

⁵⁴ (Computer Aided Architecture: origini e sviluppo) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16 (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 4.1-4.6)

⁵⁵ Riferimento al dialogo tra Jean Nouvel e il filosofo Jean Baudrillard in (Computer Aided Architecture: origini e sviluppo) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16 (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 4.1-4.6)

⁵⁶ (Il punto sul B.I.M.) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16 (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 1.3)

molteplicità di figure presenti nel quadro lavorativo se ne aggiungono quindi delle altre come ad esempio quella ormai nota del BIM manager che spesso servono riempire quei vuoti di conoscenza che la filiera della nuova produzione digitale infografica presenta nel mondo della professione. Ci sono però anche altri punti di vista relativi all'accettazione della nuova tecnologia BIM. Nel contributo intitolato “«[...] L'Architettura non è un Martini». Riflessioni sul BIM” di Francesco Maggio⁵⁷ affronta le tematiche più critiche del disegno infografico digitale per l'architettura. Il problema principale individuato da Francesco Maggio è proprio quello legato alla molteplicità delle figure coinvolte nei processi; in una schiera così affollata di specializzazioni, infatti, ci si chiede come verrà trattato l'aspetto decisionale dinnanzi al committente. L'autore pone sotto l'aspetto critico anche la tendenza a disumanizzare il processo creativo insita nell'aumento massiccio della tecnologia a tal proposito riportiamo una sua citazione dell'architetto Vittorio Ugo: “Nessuno può contestare l'estrema versatilità strumentale del computer nei settori della firmitas e della utilitas, delle elaborazioni pratiche, dei computi, del rilievo metrico etc. Molto diversamente vanno invece le cose per quanto riguarda la venustas, i modi del progetto, il pensiero dello spazio, l'interpretazione dei monumenti, l'estetica, la conoscenza. [...]”⁵⁸

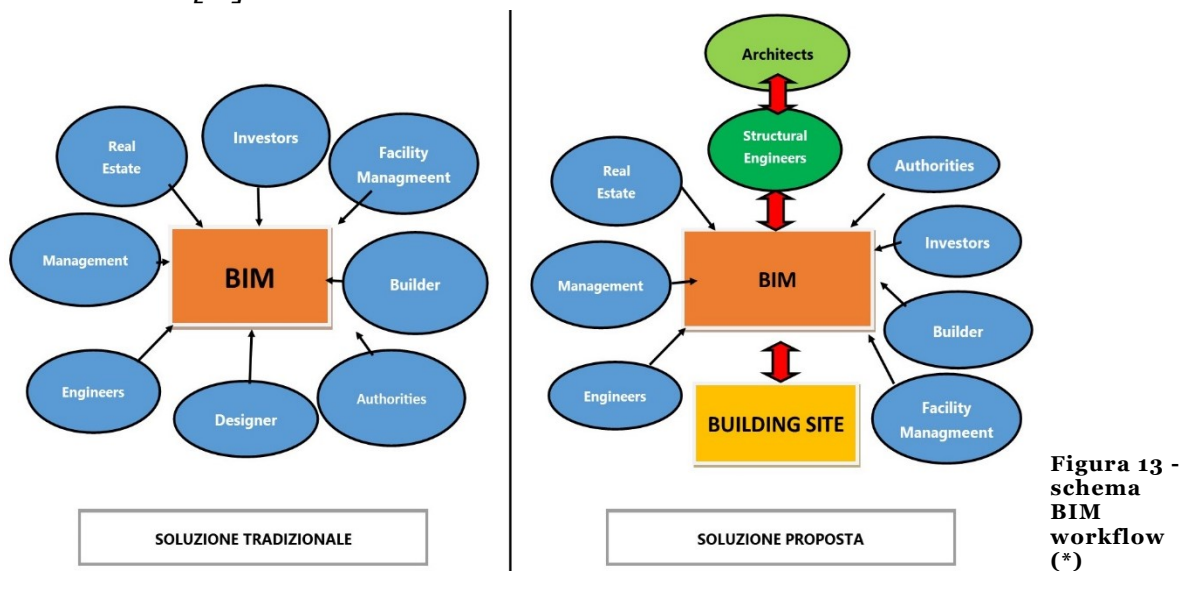


Figura 13 - schema BIM workflow (*)

⁵⁷ (Le dimensioni del B.I.M., 2016)

⁵⁸ (Mimesis - sulla critica della rappresentazione nell'architettura, 2004)

1.4.3 Tra principi e innovazioni

Anche in questo caso nel dibattito tra atteggiamenti più positivisticici e altri più ponderati è possibile delineare una sintesi. È indiscutibile il fatto che un importante vantaggio offerto dai softwares parametrici infografici è quello di una condivisione e di un confronto molto più immediato e preciso di quanto sia mai avvenuto; la centralità del modello in questo senso risulta il medium o filtro rispetto al quale tutte le revisioni del disegno avvengono in modo condiviso e con pochi di incompiensione. Questo modus operandi migliorerà sicuramente le dinamiche del lavoro di gruppo abbattendo costi e tempi. È altrettanto vero che una eccessiva specializzazione genera una considerevole frammentazione delle conoscenze (pratiche e teoriche) che, da un lato garantisce un alto livello di efficienza delle singole parti ma dall'altro genera una grossa carenza nella visione globale del processo e soprattutto non può prescindere nel disegno del progetto dalla supervisione di chi ha generato l'aspetto concettuale. Un altro aspetto critico è relativo al quanto intendiamo dare spazio a quel fenomeno che è stato descritto come "architettura automatica" o "progettazione automatica" in quanto, se per questo fenomeno intendiamo automatizzare i soli processi ripetitivi e non creativi, oppure creativi ma appunto seriali per i quali una matrice è stata ideata a priori dal progettista, allora avremo la certezza di fare un'architettura di qualità e con una identità riconoscibile, ma se, al contrario, la tendenza sarà quella di affidarsi totalmente ad una parametrizzazione della progettazione allora otterremo irrimediabilmente idee standardizzate incastonate in una produzione architettonica totalmente anonima e di scarsa qualità.

Abbiamo potuto notare dai precedenti capitoli quante questioni siano ancora dibattute e aperte ma per provare a definire una prima sintesi riportiamo il seguito della citazione al sottocapitolo 1.3.2 con le parole tratte dal testo scritto nel 1969 da Superstudio "[...] *La salvezza non è nell'arcadia primordiale e*

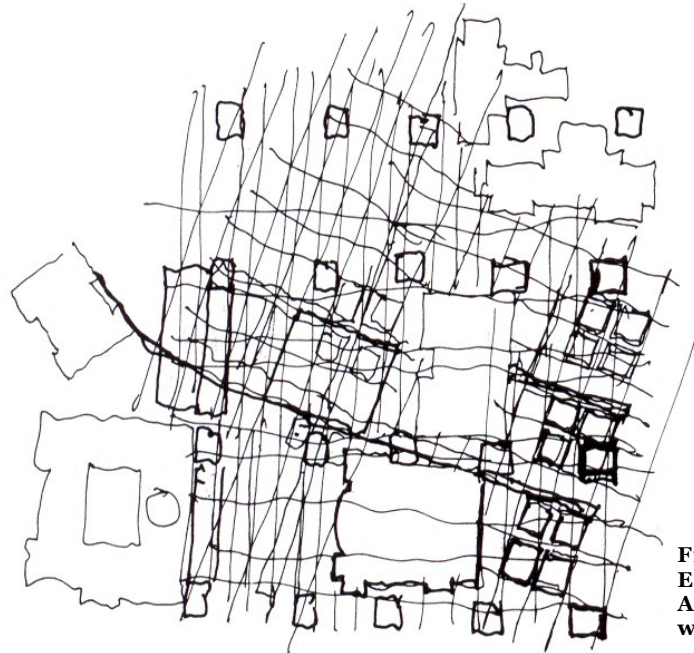
*nemmeno nel paese di Alice.*⁵⁹ Declinando queste parole al tema trattato in questa sede potremmo cogliere l'invito di affrontare le nuove sfide del disegno nella società dell'informazione con un avveduto l'equilibrio tra le tendenze estremizzanti. Infatti, come è sempre successo, nel corso della storia, una nuova tecnologia avrà successo se sarà capace di migliorare e non stravolgere i paradigmi dell'ambito operativo nel quale viene utilizzata. Questo vale ancora di più per tutti quelle discipline che presentano una natura duale come l'architettura che da sempre opera a metà strada tra arte e tecnica.

Nell'epoca contemporanea, la complessità dei processi edilizi richiede inevitabilmente un'attitudine alla collaborazione tra più professionalità di differente estrazione per raggiungere un obiettivo di qualità nella realizzazione e un alto grado di efficienza nella gestione dei tempi e dei costi. In questo senso il BIM è uno strumento ideale per questo scopo, essendo un contenitore/catalizzatore delle tante problematiche di progettazione, rilievo, realizzazione e manutenzione. Con una definizione molto azzardata, se correttamente utilizzato, potremmo definire il BIM uno degli strumenti a più alta caratterizzazione umanistica (nell'accezione di un insieme di più discipline) in cui al centro di tutto poniamo l'edificio o comunque la simulazione di esso. L'identità dell'autore, del progettista o dello studioso che si cimentano nel disegno deve comunque essere mantenuta in qualche modo, e qualsiasi procedura complessa deve necessariamente avere una persona o un gruppo ristretto di persone che possano effettuare le scelte e osservando il flusso di lavoro e dirigendolo sapientemente verso risultati di alta qualità.

Un altro aspetto molto importante per la didattica e per le future generazioni di architetti è di non dimenticare che la peculiarità fondamentale della professione è la capacità di immaginare, di prefigurare un'idea. L'utilizzo avveduto delle tecniche digitali non può che ampliare questa capacità ma è molto facile cadere nel rischio di un utilizzo incondizionato ed iper-immersivo che grazie ad una virtualità totalizzante rischia di distorcere l'idea di spazio, il rapporto con il concreto e, appunto, di diminuire la capacità e l'attitudine all'immaginazione. È

⁵⁹ Superstudio (Natalini, Toraldo di Francia, Frassinelli, & Magris) cit. in (Biraghi & Damiani, 2009)

quindi auspicabile non smettere di affiancare il disegno manuale a quello digitale e di rafforzare i collegamenti continui tra questi due modi di disegnare che metodologicamente si dovrebbero compiere. Non dimentichiamo che mentre il



**Figura 14 -
Eisenman, Wexner
Art Center.
www.arcduccitta.it**

CAD prima e la modellazione tridimensionale si sono sviluppate dalla fine degli anni '90 ai giorni nostri realtà come ad esempio la scuola portoghese hanno prodotto architettura di altissima qualità basando la didattica della rappresentazione sul disegno manuale. Per l'architettura l'atto del disegno manuale detiene un valore particolare, forse unico, in quanto il disegno è essenza stessa della disciplina. Claudio Moriconi, uno degli studiosi pionieri del disegno digitale in architettura scriveva: *“Il salto dal disegno tradizionale a quello computerizzato non vuol certo dire che possiamo fare a meno delle conoscenze teoriche che formano l'architettura del disegno stesso, anzi tutt'altro per operare attraverso il computer, che è e rimane una macchina, è necessario avere una profonda esperienza sulle tecniche disegnative e sulla loro teoria.”*⁶⁰

⁶⁰ (Claudio Moriconi professione infografico, 2001, p. 12)

Il fatto di considerare il BIM non solo come un problema di software ma soprattutto come una questione legata ai processi e alle metodologie⁶¹ potrebbe delineare un'occasione per ripensare e ottimizzare il disegno architettonico in modo più incisivo e corretto sulla base dei principi fondanti della disciplina. Per una revisione consapevole e basata sulla tradizione italiana potrebbe essere utile rivedere la validità dei modelli di massima efficienza quantitativa, tipici del mondo anglosassone, spesso legati alle più alle regole del mercato che al livello qualitativo nei dettagli e nella realizzazione punto di forza della produzione italiana e peculiarità principale per ridefinirne la l'attrattività. Si tratta di comprendere in che modo i nuovi strumenti digitali potranno assecondare questa dimensione tipica del nostro modo di pensare e fare architettura per una interpretazione autentica dell'uso di questi strumenti.

1.5 L'andamento demografico, la situazione del patrimonio esistente e il riassetto del mercato edilizio

1.5.1 Invecchiamento della struttura demografica

L'invecchiamento della struttura dell'età media della popolazione è un fenomeno che sta investendo quasi tutti i paesi in cui lo sviluppo industriale ha lasciato il passo a quello dell'informazione. Per avere un'idea dell'entità di questo fenomeni si è passati dai 2,7 figli per donna durante il boom economico degli anni '60 al valore attuale di 1,4 figli per donna, tale media non garantisce un ricambio generazionale completo. Gli aspetti positivi dei recenti mutamenti demografici riguardano sicuramente l'estensione dell'aspettativa di vita che, rispetto agli anni '70 del Novecento guadagna dieci anni sia per la popolazione maschile che

⁶¹ (Bianchini, Inglese, & Ippolito, *Il contributo della Rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito*) articolo della rivista (*Le dimensioni del B.I.M.*, 2016, p. 10.3)

femminile. Questi sono i fattori che, in sintesi, determinano un forte invecchiamento dell'età media della popolazione che dagli attuali 43,9 anni passerà nel 2020 a 45,7. Si prevede quindi che il fenomeno sia destinato a protrarsi nel tempo “[...] Tra il 2010 ed il 2020 infatti, ci saranno oltre 1.172.000 italiani anziani in più, mentre i residenti in età lavorativa saranno 1.670.000 in meno, con una ulteriore riduzione di giovani al di sotto dei 15 anni pari a 669.000 unità.”⁶²

Questo insieme di fenomeni sta avendo e avrà considerevoli ripercussioni sulla domanda abitativa che sempre più sarà rivolta ad una popolazione sempre più anziana. Per avere un'idea dei numeri della domanda abitativa riportiamo le parole di Enrico Campanelli *“Il numero di abitazioni liberate per l'estinzione della famiglia occupante infatti, passa da un valore medio stimato di 243mila abitazioni all'anno nel primo decennio degli anni Duemila ad un valore di circa 324mila abitazioni all'anno. Si tratta di circa 81mila abitazioni in più all'anno reimmesse sul mercato o rese disponibili per l'occupazione dei discendenti diretti, un incremento di circa il 33% rispetto alle stime relative ai primi anni Duemila.”*⁶³ Da questa descrizione possiamo comprendere come non solo in futuro ci troveremo sempre più a che fare con interventi sul patrimonio edilizio esistente ma che questi interventi dovranno aumentare gli standards di accessibilità e adattabilità degli edifici in funzione di un'utenza dall'età media sempre più elevata.

1.5.2 Consistenza dello stock del patrimoniale edilizio italiano

I dati ISTAT in riferimento ai rilevamenti dell'anno 2011 riportano una dimensione di 31.208.161 abitazioni per un totale di 12.187.698 edifici ad uso

⁶² (Campanelli E., *Invecchiamento della struttura demografica e domanda abitativa degli anziani*, www.cresme.it, 2016).

⁶³ (Invecchiamento della struttura demografica e domanda abitativa degli anziani, 2016)

residenziale. Rispetto allo stock totale solo l'1,5% appartiene ad imprese e società e il 4,1% al patrimonio abitativo pubblico mentre il restante 93,3% è appartenente a persone fisiche. Il settore residenziale dello stock patrimoniale italiano è suddiviso in larga parte da famiglie che vivono in una casa di loro proprietà con il 72% del totale mentre il 18% occupa le residenze in affitto (un 10% è poi rappresentato da chi occupa le case ad altro titolo come uso gratuito o prestazione di esercizio).



Figura 15 - stock - Cresme/ISTAT

Un dato rilevante, del censimento del 2011 è quello relativo alla forte crescita di altri tipi di alloggi diversi da abitazioni (come roulotte, camper, capanne, rimesse, garage, soffitte e cantine) che rispetto ai dati rilevati nel 2001 sono letteralmente raddoppiati raggiungendo la quota di 53.917, tale dato è quasi sicuramente destinato ad aggravarsi nel prossimo censimento considerando l'andamento difficoltoso dell'economia occidentale nell'ultimo decennio. A questa vera e propria emergenza abitativa fa fronte una considerevole quantità di considerevole di edifici non occupati. Tali edifici costituiscono quasi il 23%

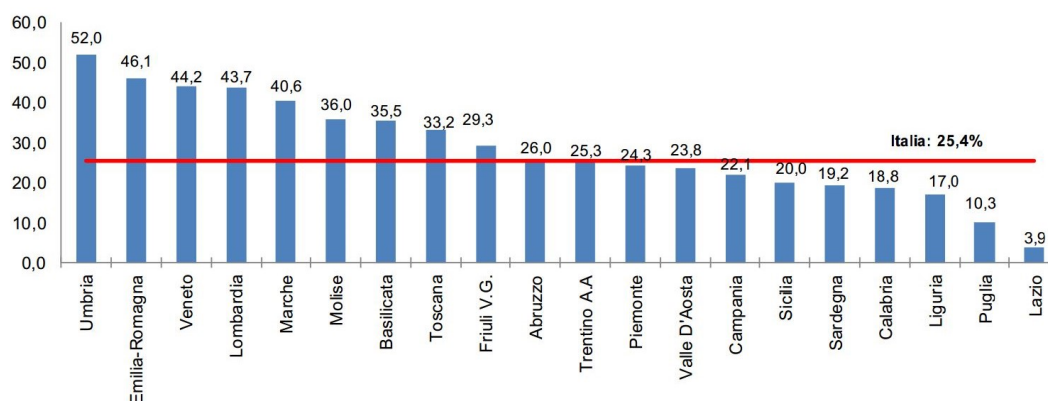


Figura 16 – Abitazioni non occupate o occupate da persone non residenti (var % 2011/2001). ANCE

dello stock patrimoniale residenziale italiano con la quota di 7 milioni di abitazioni non occupate o occupate da non residenti (intese come case vacanza, abitazioni Temporanee per studenti o lavoratori, e abitazioni vuote).

1.5.3 Stato di salute e vulnerabilità dello stock edilizio

La composizione per epoca di costruzione degli edifici italiani è costituita da più della metà (per la precisione il 53,7%) di abitazioni che ha più di 40 anni (costruite prima del 1970), seguono con il 31% le abitazioni edificate nel ventennio 1971-1990, il 7,4% nel decennio 1991-2000 e, infine il 7,9% costruito tra il 2001 e il 2011. A questa caratterizzazione seguono tutte le considerazioni relative all'efficienza sismica, energetica e della valutazione economica degli immobili. In questo senso possiamo notare che solo l'8% dell'intero stock patrimoniale (quello realizzato nella prima decade del nuovo millennio) è assimilabile ai requisiti di prestazione oggi richiesti; E, tenendo conto della rapida evoluzione costruttiva e tecnologica, possiamo renderci conto di quanto questa similitudine sia relativa.

Abitazioni in edifici residenziali per epoca di costruzione in Italia -Composizione %

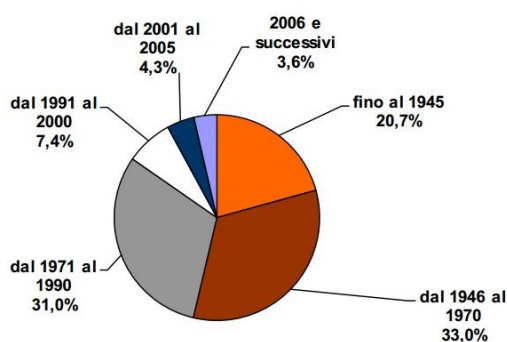


Figura 17 - epoca abitazioni. Cresme/ISTAT

Da questa fotografia del patrimonio edilizio comprendiamo chiaramente che, nonostante la normativa italiana in materia di antisismica per i nuovi edifici sia molto sviluppata, la problematica principale per la messa in sicurezza riguarda il patrimonio storico, con tutte le difficoltà tecnico-economiche degli interventi di miglioramento e adeguamento sismico ad essi annessi.

Secondo la classificazione sismica del 2015 realizzata dalla Protezione Civile, oltre il 44% del territorio italiano è esposto da un alto rischio sismico. Tenendo conto che più della metà degli edifici italiani è stato costruito prima del 1974, anno in cui sono state introdotte le prime normative in materia antisismica possiamo renderci conto dell'entità del problema che, nell'area in cui il rischio sismico è più elevato coinvolge più di 22 milioni di persone, praticamente un italiano su tre. Inoltre la fotografia scattata dal rapporto ANCE-CRESEME del 2012⁶⁴ presenta una criticità idrogeologica che coinvolge l'89% dei comuni.

Di conseguenza possiamo comprendere come al patrimonio edilizio italiano, oltre alle richieste prestazionali relative all'accessibilità e adattabilità da parte di una popolazione sempre più anziana, si trova ad affrontare una situazione di rischio sismico e idrogeologico molto elevato. A questi fattori di resilienza si aggiungono inoltre i remi di risparmio energetico, ciclo di vita dei materiali monitoraggio e controllo delle fonti di inquinamento.

Ci troviamo quindi dinnanzi ad un considerevole squilibrio abitativo inserito in un contesto di fragilità territoriale e ambientale notevole. Una situazione così complessa può essere risolta nel tempo grazie ad una nuova pianificazione e una nuova politica del territorio. In questo senso, è data appunto la complessità del

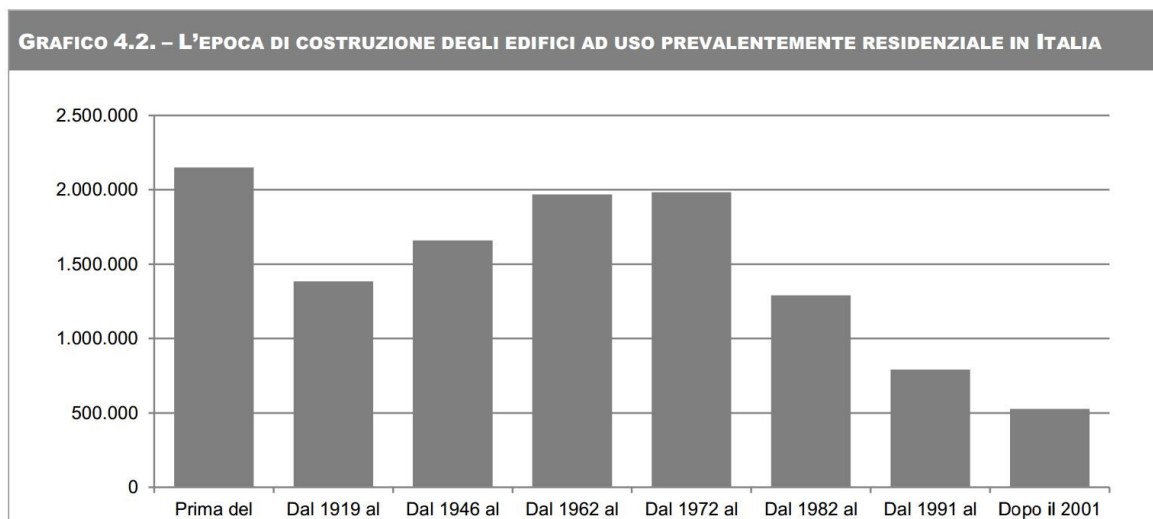


Figura 18 - epoca residenziali. Cresme/ISTAT

⁶⁴ (Lo stato del territorio italiano 2012. Insediamento e rischio sismico e idrogeologico, 2012)

tema, l'aiuto di sistemi informativi e modelli di informazione emergenti sono fondamentali per un accurato studio dei dati e per una gestione efficiente delle procedure di intervento.

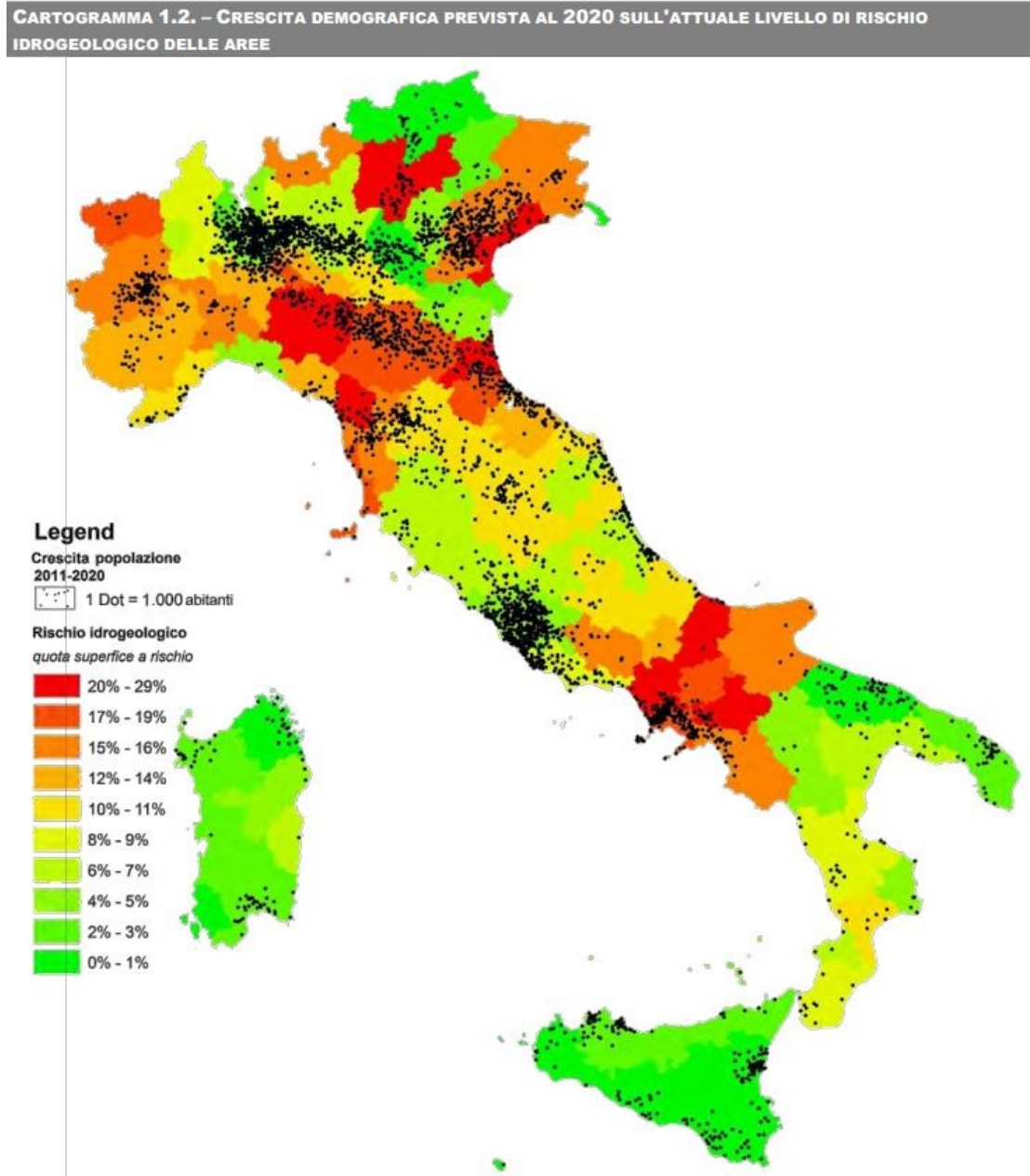


Figura 19 - crescita demografica prevista. Cresme/ISTAT

1.5.4 Riassetto del mercato edilizio, verso nuovi orizzonti

Alla luce di quanto osservato nei precedenti paragrafi notiamo come il mercato edilizio della seconda decade del nuovo millennio è infatti concentrato sullo rinnovo. Esso costituisce infatti più del 60% del mercato attuale secondo la ricerca condotta da CNAPPC-CRESME⁶⁵ e, sempre secondo tale ricerca, gli incentivi statali per la ristrutturazione edilizia hanno costituito un fattore di fondamentale importanza che ha portato il tasso di crescita di questo mercato fino al 2,5% nel 2014; tuttavia anche questo comparto sta conoscendo un lieve ridimensionamento che porterà probabilmente ad una stabilizzazione del tasso intorno all'1,1%. Questa tendenza è rilevata non solo dai dati raccolti e dalle stime effettuate ma anche dal punto di vista che i professionisti hanno sull'andamento del mercato infatti, sempre secondo la l'indagine sopra menzionata, i miglioramenti sono registrati solo nel settore delle ristrutturazioni (l'unico a mantenersi in crescita, anche se lieve, durante la crisi economica) che riporta un aumento della domanda dal 9% del 2013 al 21% del 2015. Questo settore è poi direttamente collegato a quello del mercato degli impianti per l'edilizia e degli impianti per la produzione di energia.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rinnovo residenziale	3,2%	2,3%	0,3%	1,2%	0,7%	0,9%
Rinnovo non residenziale	0,9%	1,5%	2,7%	2,3%	1,9%	1,6%
Rinnovo edilizio	2,5%	2,1%	1,0%	1,5%	1,1%	1,1%

Figura 20 – Tassi di crescita annui degli Investimenti in rinnovo edilizio per comparto. Cresme

Ciò che però dobbiamo considerare quando si parla di recupero di edifici esistenti è la questione dei costi. Infatti mentre sono abbastanza chiari i dati sulla consistenza e sulla caratterizzazione del corpo edilizio, meno chiare sono le informazioni rispetto all'entità e quindi alla fattibilità di tali interventi. Questo attore è sicuramente dovuto dalla complessità di effettuare a priori queste

⁶⁵ (Quinta indagine congiunturale sullo stato della professione in Italia, 2016)

considerazioni, il rinnovo edilizio infatti è una disciplina molto eterogenea che in termini economici trova una moltitudine di sfaccettature in base alla condizione di degrado dell'immobile, alla sua epoca di costruzione, a i suoi materiali, alla zona geografica nella quale si effettua l'intervento e all'intervento minimo per garantire l'abitabilità consentito dalla normativa vigente. Per poter comunque renderci conto di quanto possa costare l'intervento sull'esistente possiamo fare riferimento ad esempio al *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009* nel quale ReLUIS e Cineas hanno elaborato una quantità considerevole di dati di natura tecnica ed economica in relazione agli interventi effettuati nelle zone colpite dal sisma del 2009. Osservando l'elaborazione, effettuata su alcuni dati sintetizzati dall'Ing. Andrea Prota durante la presentazione della pubblicazione nell'aprile del 2015 presso la Basilica di San Giovanni Maggiore a Napoli, notiamo come gli interventi sulle strutture in calcestruzzo siano in genere più onerosi e fino a che livello di spesa si possa arrivare per il rinnovo edilizio. Infatti gli interventi di tipo E-B, che si

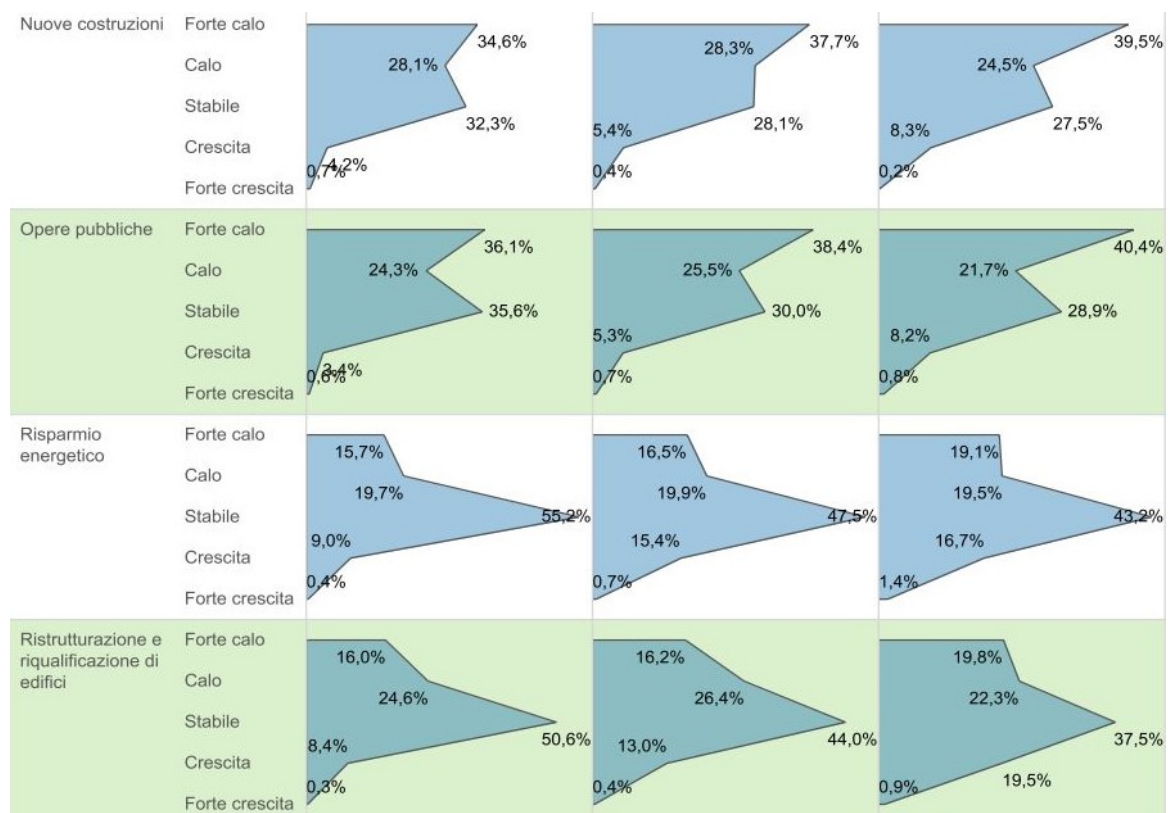
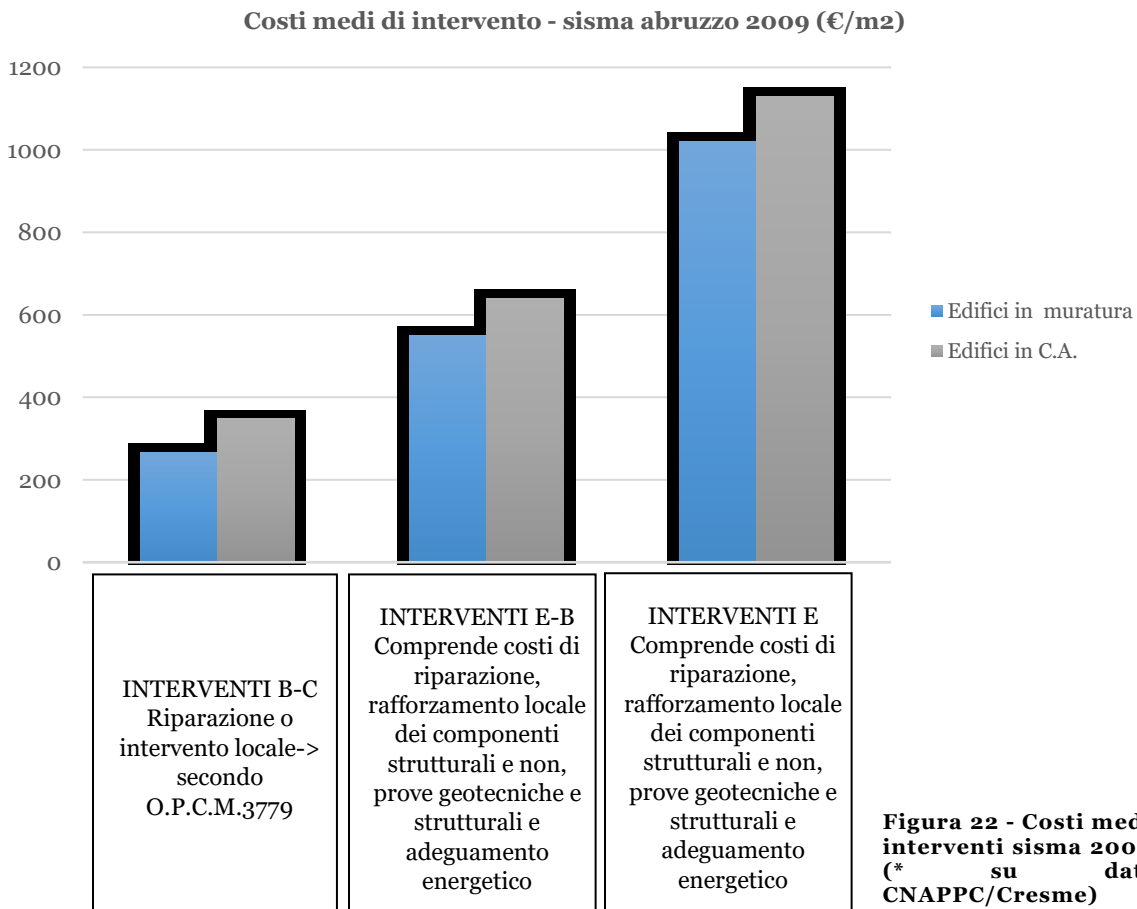


Figura 21 - Andamento domanda secondo architetti. CNAPPC/Cresme

posizionano nella fascia intermedia di costo, sono gli edifici classificati come E con danni considerevoli ma non estesi trattati quindi con rafforzamenti locali, sono in buona sostanza interventi di riparazione-rafforzamento ma ancora lontani dal concetto di miglioramento/adequamento sismico previsti per la ristrutturazione cosiddetta pesante degli edifici classificati come E a tutti gli effetti per i quali la fascia di costo aumenta avvicinandosi a quella di nuova costruzione.

Nei processi rigenerativi infatti dobbiamo tener conto di tutti gli aspetti prestazionali degli edifici per definire quella che può essere l'intervento più conveniente sotto vari aspetti. Per incidere realmente sul miglioramento/ricambio del nostro patrimonio edilizio dobbiamo avere piena coscienza delle varie realtà di mercato per aumentare l'attrattività anche da parte dei privati verso gli strumenti rigenerativi. Anche per il settore energetico troviamo difficoltà legate all'interesse verso gli edifici di classe energetica più



efficiente, riportiamo di seguito le parole di Roberto Moneta⁶⁶ responsabile dell'unità tecnica dell'efficienza energetica dell'ENEA: *“L'efficienza energetica ha fatto definitivamente il suo ingresso nel settore edilizio, ma rimane molto da fare sugli edifici esistenti: infatti solo l'11% risulta ristrutturato nelle prime tre classi energetiche, mentre rientra nelle ultime due classi energetiche quasi il 90% degli immobili da ristrutturare, situati principalmente nell'estrema periferia delle città”*. Secondo il *Rapporto annuale sull'andamento del mercato immobiliare urbano*, realizzato da ENEA, Istituto per la Competitività (I-Com) e Federazione Italiana degli Agenti Immobiliari Professionisti (FIAIP) per l'anno 2016, la classe energetica G (la meno efficiente) continua a dominare il mercato delle compravendite, solo l'11% del mercato è rappresentato da edifici ristrutturati appartenenti alla classe energetica A+, A e B.

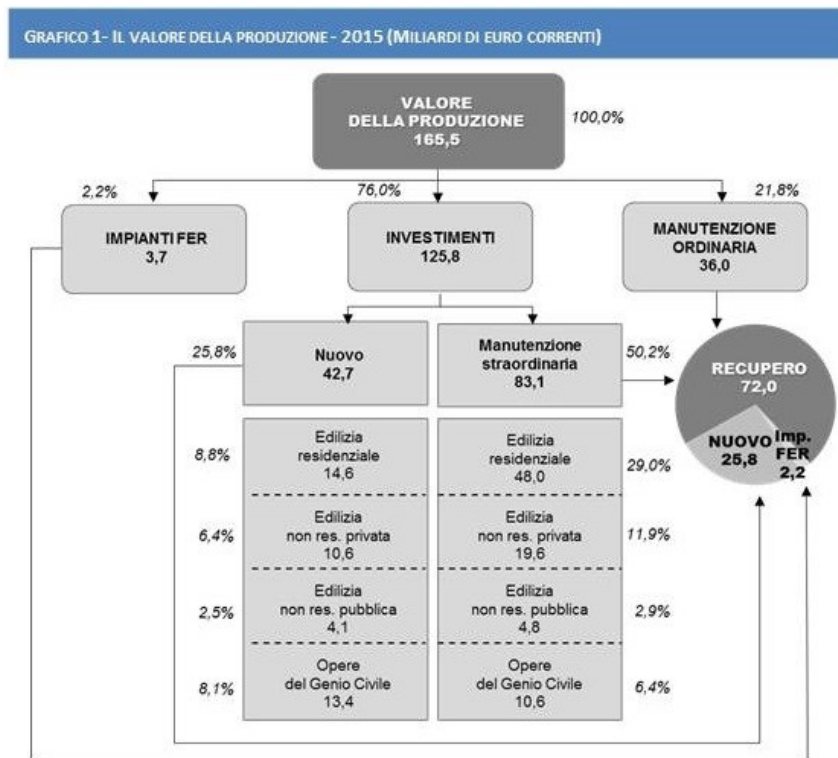


Figura 23 - valore produzione.
www.cresme.it, **Le resistenze delle costruzioni all'aumento della produttività e all'innovazione**, articolo di Lorenzo Bellicini

⁶⁶ (Mercato immobiliare, in crescita compravendite case più efficienti, ma resta dominante edilizia energivora, 2017)

Le osservazioni e i dati appena riportati ci fanno quindi comprendere le complessità legate alla concreta applicazione dei paradigmi della rigenerazione architettonica e urbana. Per comprendere meglio quali siano le strade percorribili per attuarla può risultare utile approfondire il concetto di convenienza nel mercato edilizio e le sue relazioni con gli altri aspetti della società. In questo senso il disegno infografico per l'architettura inteso come elemento di facility management della gestione delle città può avere delle concrete potenzialità.

1.6 Per un'infografica dell'architettura più consapevole: la proposta di uno strumento di conoscenza e analisi

1.6.1 Introduzione alla parte pratica della tesi: il concetto di convenienza degli espedienti rigenerativi e della conoscenza come strumento per perseguirli

Oggi le politiche contro il consumo di suolo e di contenimento dell'abitato entro i limiti periferici della città il rinnovo edilizio sono costituiscono le peculiarità di una politica condivisa ormai da tutte le amministrazioni. Queste tematiche risultano vitali negli anni in cui la crisi edilizia, l'arresto demografico e l'aumento delle fonti e dei prodotti inquinanti costituiscono problematiche ormai facilmente tangibili, ma il tema del recupero della città, come bene sappiamo, ha avuto inizio con l'epoca delle grandi dismissioni industriali di fine Novecento. In tutta Europa abbiamo assistito a interventi su scala distrettuale che miravano a restituire un'identità a parti di città che stavano per scomparire con più o meno successo. Marco Biraghi nel testo *Storia dell'architettura italiana 1985-2015*⁶⁷ analizza vari interventi avvenuti in Italia in quegli anni indicando come più avveduti quelli che hanno tenuto conto maggiormente del contesto e che sopra

⁶⁷ (Biraghi & Micheli, *Storia dell'architettura italiana 1985-2015*, 2013)

tuo sono stati poi seguiti da una efficace gestione nel corso degli anni come il Lingotto a Torino.



Figura 24 - vista area del Lingotto Torino. www.museotorino.it

A differenza degli anni ottanta e novanta, anche per quanto riguarda le politiche per il recupero dei tessuti urbanizzati, oggi ci scontriamo con la crisi economica e con nuovi modelli di mercato che dipendono da nuovi fattori come, ad esempio, l'utilizzo massiccio della rete e dei sistemi informativi o il rafforzamento del settore della logistica e dei trasporti. La disciplina del rinnovo edilizio, quasi sempre incentrata alla fine del novecento sulle aree industriali dismesse, si è poi caricata di nuove esigenze e nuovi obiettivi (consumo di suolo, reti tecnologiche, efficientamento energetico etc.) prendendo la nota definizione di rigenerazione architettonica e urbana. Nonostante gli sviluppi teorici di questo approccio siano ormai abbonanti in letteratura trovano ostacoli nella loro applicazione pratica; per questo motivo risulta di fondamentale importanza parlare di fattibilità degli interventi e di capacità e tempi di rientro economico, sociale, culturale, etc. Gli investimenti infatti sono molto più oculati ci si preoccupa sempre maggiormente della loro effettiva efficacia, soprattutto dopo il fallimento di una pianificazione estremamente rigida e gerarchi come quella a zone del dopo guerre, i quali danni si contano ancora nelle nostre periferie tanto quanto quelli derivanti dal fenomeno dello *sprawl* nelle zone meno dense che dovrebbero fungere da di connessione tra città e campagna. In poche parole

diventa sempre più importante sapere prevedere, sapere prefigurare, simulare, l'impatto di un intervento in relazione alle numerosissime variabili che lo interessano; si tratta in estrema sintesi di definire i termini della sua convenienza e molti di questi obiettivi sono difficilmente raggiungibili senza strumenti innovativi, metodologie efficienti strategie ragionate.

Nelle seguenti parti della tesi illustreremo i procedimenti pratici che sono stati eseguiti nel percorso di ricerca per creare uno strumento informativo che possa essere d'aiuto alla gestione del progetto di rigenerazione architettonica soprattutto in termini di definizione della convenienza dello stesso. Il concetto di convenienza per la rigenerazione urbana e architettonica presenta moltissimi aspetti spesso controversi, come abbiamo potuto osservare nei capitoli precedenti. La convenienza in un intervento infatti può investire una parte della popolazione o la sua totalità, può esercitarsi in modo diretto o indiretto, e ancora, i risultati di una scelta rigenerativa possono essere percepiti in tempi relativamente brevi oppure no. Anche la natura stessa della convenienza delle strategie di recupero edilizio e urbano presentano svariate sfaccettature, si può infatti parlare di convenienza relativamente agli aspetti di natura economica, di emergenza abitativa, di rilancio sociale, di pianificazione strategico-produttiva, di apporto culturale, di gestione dei flussi migratori, di resilienza urbana, etc.

Per comprendere tutti questi aspetti attorno alla convenienza di un intervento abbiamo bisogno di osservare, ascoltare, rilevare e analizzare, in una parola sola: di conoscere (meglio). A supporto delle tesi sostenute riportiamo alcune parole estratte dall'articolo *"Biger and Better": nuovi modelli di crescita urbana* di Lorenzo Bellicini: *"La crescita della popolazione nelle città negli anni "della crisi" e le previsioni di crescita, si inseriscono in una profonda riconfigurazione di scenario che ruota intorno all'impatto sulla città, sull'economia e sui comportamenti delle persone, di rilevanti questioni: i rischi derivanti dalla condizione climatica-energetico-ambientale; i grandi cambiamenti derivanti*

dalla digitalizzazione dell'economia (quarta rivoluzione industriale-cyber-fisica) ; l'exasperazione della città come luogo della competizione e dell'innovazione, come luogo di futuro; le epocali dinamiche demografiche migratorie sud-nord; la fortissima polarizzazione sociale. [...] La questione è che stiamo entrando in una nuova fase di sviluppo economico, in un periodo di cambiamenti epocali, siamo nel passaggio dalla città post industriale dei servizi alla cyber-città. Dall'era della città dei trasporti, dell'inquinamento, stiamo entrando nell'era della città delle bio-tecnologie, delle nanotecnologie, dell'elettromagnetismo, dell'attenzione all'inquinamento e al clima. È una nuova storia quella che oggi si comincia a scrivere, una nuova storia che disegna i contenuti di una nuova città.”⁶⁸



Figura 25 - future food district. www.carloratti.com

⁶⁸ (“Bigger and better”: nuovi modelli di crescita urbana, 2016) dal sito www.cresme.it

1.6.2 Definizione dello strumento di rilievo e analisi dei dati

Nella pratica professionale attività come la diagnostica edile, rilievo integrato, indagine e ricerca storica e studio dei vincoli sono spesso discipline separate che richiedono un grosso sforzo di mediazione e interpretazione del dato. Le conclusioni tratte alla fine dell'articolo *Metodi e strumenti informativo-rappresentativi per il progetto strategico Smart Swap Building* sottolineano la possibilità di pensare a una “[...] rappresentazione digitale intesa come strumento di conoscenza in qualità di documentazione e protocollo del processo edilizio debba ricercare la propria naturale evoluzione nella definizione di nuovi standard procedurali normati e condivisi è[...].” in quanto l’idea di un impianto generale e unificato che possa gestire digitalmente in modo efficiente, “[...] a livello nazionale, ancora non ha trovato una concretizzazione”⁶⁹. E proprio a questo aspetto che il percorso di ricerca in questione vuole offrire il proprio contributo ponendosi l’obiettivo di creare uno strumento che possa raccogliere tutte le istanze provenienti dalle varie discipline al fine di sintetizzarle e renderle facilmente comprensibili a tutti gli attori in gioco nella trasformazione del patrimonio edilizio. Per definire un modello rappresentativo che raccolga informazioni di natura diversa è necessario studiare le possibili nuove integrazioni di metodi di rilevamento in modo da ottenere il maggior numero di dati utilizzabili trasferibili in un modello parametrico. Le modalità di raccolta, in un unico modello geometrico, di molte informazioni infografiche risulta il nodo principale. Tali operazioni sono oggi possibili solo grazie ai softwares BIM per i quali la centralità del modello diventa quindi un aspetto fondamentale. Mirando quindi a risolvere quelle che sono le reali problematiche in campo applicativo nei processi rigenerativi si vogliono fissare le basi metodologiche per quel *sistema automatico o semi-automatico*⁷⁰ che possa raccogliere, elaborare e condividere i dati di natura materiale

⁶⁹ (Balzani, Maietti, & Medici, 2016) articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 9.1-9.8)

⁷⁰ Citazione di (Bianchini, Inglese, & Ippolito, 2016) riportata anche nel sottocapitolo 1.1.1 a p.14.

(profonda e superficiale) e immateriale⁷¹ che caratterizzano il patrimonio edilizio esistente. Più in dettaglio, approfondendo lo studio delle pratiche di rilievo strumentale integrato dell'architettura e la sua restituzione digitale infografica tramite software BIM, si punta a creare un collegamento tra modello di informazioni (la geometria informatizzata), i metodi di analisi ed elaborazione del dato (indici di convenienza/fattibilità) e il sistema informativo di divulgazione e fruizione del dato (sito internet, interfaccia diversificata in base alle utenze). Lo strumento dovrà tenere conto di tutti i principali concetti fin qui individuati: semplificazione del processo, sintesi e coordinamento degli aspetti specialistici, incrocio problematiche.

Lo scopo ultimo della ricerca è quello ottimizzare i processi conoscitivi e decisionali tramite l'utilizzo di uno strumento informatico. Per fare un esempio, indici di fattibilità economica e dati di analisi storico-critica e di diagnostica potranno essere comparati con fattori legati all'efficacia di impatto sociale e rigenerativo; si potrebbero simulare soluzioni di varie per comprendere, ad esempio se, nei casi opportuni, sia conveniente una ristrutturazione pesante oppure una demolizione e ricostruzione. Lo strumento informatico fungerà poi anche da portale informativo che potrà essere arricchito di dati per i quali sarà necessario definire un certo grado di affidabilità. Inoltre sarà possibile coordinare in modo integrato differenti istanze progettuali e costitutive, la complessità dei vincoli legati al patrimonio edilizio esistente. Questa sistema informativo che si serve del modello BIM come cardine della raccolta e gestione dati di fatto si inserisce in quella branca della gestione dei servizi all'edilizia relativamente recente conosciuta come facility management. Questa scienza aziendale nasce prima di tutto con lo scopo di accorpate tutte le attività che non fanno parte del core business di un'azienda, una buona fetta di queste attività infatti riguarda l'aspetto patrimoniale e la sua gestione. Il facility management secondo la definizione dell'IFMA⁷² è caratterizzato da tre aspetti fondamentali. Il primo aspetto è quello strategico, è la fase decisionale che sta a monte del

⁷¹ Tali concetti saranno approfonditi nella seconda parte della tesi.

⁷² (IFMA Italia Chapter) dal sito <http://www.ifma.it>

processo e che tiene conto del budget per definire la gestione e il reperimento dei servizi. Il secondo aspetto è invece quello analitico nel quale si analizzano le necessità dei clienti, si controllano i risultati dell'efficienza dell'erogazione del servizio e si individuano tecniche e tecnologie adeguate per il perseguimento degli obiettivi, è l'aspetto più importante del facility management. Come ultimo aspetto abbiamo quello gestionale-operativo, costituito dal coordinamento della moltitudine dei servizi, individuando sistemi e procedure per il miglioramento produttivo del quale il facility management è a servizio.

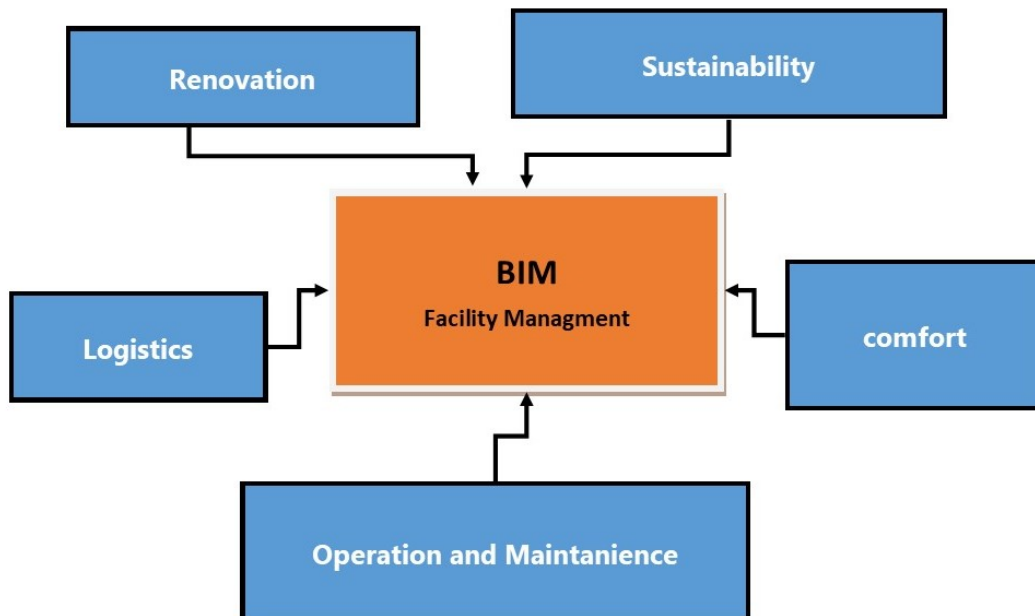


Figura 26 - BIM e facility management. (*)

1.6.3 Il metodo della ricerca

L'importanza di definire una precisa metodologia in questo tipo di studi è rimarcata anche nell'articolo *BIM e i beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale*⁷³ nel quale gli autori elencano le fasi di un processo di conoscenza finalizzato alla rappresentazione infografica del dato partendo dalla raccolta di quest'ultimo, passando poi per le problematiche della modellazione e della validazione delle banche dati per poi impostare le basi per un sistema di fruizione delle informazioni.

Anche nella ricerca oggetto della tesi le prime considerazioni sono comunque scaturite dai principi del rilievo convenzionale e di quello strumentale-geometrico; si sono svolte ricerche su tutti quegli strumenti e quei metodi di rilevamento che possono aiutare a comprendere meglio la natura del costruito, in particolar modo quello storico che presenta una certa complessità a causa della stratificazione degli elementi costruttivi e alle variazioni distributive dell'immobile. Ci si è poi concentrati sulle problematiche procedurali e metodologiche di acquisizione testando le potenzialità delle indagini diagnostiche in campo edilizio (con particolare attenzione verso quelle non distruttive). In un secondo momento le attività di ricerca si sono soffermate sul problema di acquisizione e gestione del dato geometrico. Sono stati sperimentati quindi diversi metodi di acquisizione, rettifica e integrazione reciproca del dato geometrico al fine di generare un modello che possa fungere da base infografica per l'associazione dei dati diagnostici, di ricerca storica e di caratterizzazione tipologica studiati sviluppati in ultima istanza.

È stato affrontato quindi il tema della gestione/creazione di modelli di edifici storici tramite attività di rilevamento integrato e di modellazione manuale. Tale procedimento è stato rettificato anche dai risultati delle ricerche storiografiche.

⁷³ (Inzerillo, Lo Turco, Parrinello, Santagati, & Valenti, 2016) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16

L'interazione e compensazione/correzione del dato rilevato tramite rilievo diretto, laser scanner e fotogrammetria ha portato a prodotti ibridi di varia precisione. L'intento è stato quello di cercare nuovi metodi di alleggerimento e/o semplificazione dei modelli tridimensionali acquisiti e di definire nuove procedure per ottenere il dato bidimensionale in modo automatico. Gli oggetti studio sono stati differenti e di varia complessità per poter sperimentare il più possibile i nuovi metodi di gestione di nuvole di punti e modelli a poligoni.

Al fine di definire le impostazioni per una piattaforma interattiva che possa accogliere gli aspetti qualitativi (ad esempio storici o sociali), quantitativi (ad esempio economici o costruttivi), si sono realizzati modelli parametrici associati a schede caratterizzanti dell'edificio. Tali schede presentano proprietà interattive ed ipertestuali in modo da costituire una base opportuna per la realizzazione di un atlante-archivio della riqualificazione.

Lo schema operativo definito si può riassumere nei seguenti punti:

- 1) raccolta dei dati geometrici
- 2) raccolta dei dati diagnostici
- 3) modellazione libera e parametrica
- 4) informatizzazione del modello
- 5) definizione dei parametri di fattibilità e convenienza del recupero
- 6) concepimento della scheda tipo edificio
- 7) organizzazione delle schede e degli elaborati infografici in un portale web a differente livello di fruibilità (professionisti, amministratori, ricercatori)

La ricerca svolta si è posta l'obiettivo di analizzare non solo le tematiche relative alla "diagnosi" in edilizia ma anche di "monitoraggio", indispensabile per le valutazioni di lungo termine, finalizzate alla conservazione e alla gestione energetica dell'edificato e dello spazio urbano; tali espedienti sono atti a migliorare o a correggere interventi di recupero edilizio ma anche di nuova costruzione. La panoramica sulle attività di diagnostica è stata concretizzata tramite attività di affiancamento a campagne di rilevamento mediante indagini

soniche, martinetti piatti, mircrotremori, boroscopie, pacometrie e indagini del terreno tramite georadar. Gli ambiti di indagine hanno coperto temi diversi e presentato differenti problematiche. Si è proceduto con lo studio delle possibili integrazioni tra i metodi di rilevamento strumentali per ottenere un numero maggiore di dati di qualità e quantità differente. La natura diversa di tali dati in alcuni casi ha portato ad un ampliamento del quadro conoscitivo, in altri una verifica di dati già acquisiti.

Lo schema generale del percorso di ricerca e del suo prodotto strumentale ricalca la struttura della tesi suddivisa nelle seguenti parti:

PARTE I - Aspetto teorico e individuazione del contesto e delle problematiche da risolvere.

PARTE II – Raccolta del dato e problematiche procedurali della campagna di rilievo

PARTE III – Restituzione geometrica, caratterizzazione informativa del modello è aspetti analitici

PARTE IV – Gestione dei dati analizzati in relazione al modello infografico al fine di creare un sistema informativo in forma web

L'attività sul campo ha permesso di definire i limiti e le criticità dell'approccio conoscitivo al patrimonio edilizio tramite questi sistemi di rilievo strumentale, delineando le basi per definire eventuali integrazioni tra differenti sistemi di rilevamento. Si è potuto sviluppare un metodo di estrapolazione del dato vettoriale dalle superfici derivanti da nuvola di punti tramite griglie multiple ad alta densità di sezioni proiettate sul piano in modo da ricavare dati utili in modo speditivo dalla nuvola dei punti. La sperimentazione continua delle svariate modalità di integrazione tra le varie tecniche di rilevamento e restituzione digitale hanno delineato le basi per la definizione di un metodo approccio tipo in base alla complessità dell'oggetto architettonico in esame. Il percorso di ricerca ha portato a sviluppare una collaborazione con il Comune di Montechiarugolo (PR) tramite convenzione con l'Università di Parma.

1.7 Glossario, una definizione aggiornata dei termini fondamentali per la ricerca in questione

BIM - Acronimo di Building Information Modeling indica una metodologia di gestione dei processi edilizi tramite l'utilizzo di un modello infografico digitale e parametrico. Il modello BIM può raccogliere dati, elaborarli e produrli. Grazie all'aiuto di softwares dedicati è infatti possibile riprodurre un modello tridimensionale che può essere interrogato al fine di fornire gli elaborati grafici tradizionali del disegno di architettura di natura bidimensionale come le piante, le sezioni e i prospetti e tridimensionale come le viste assonometriche e prospettiche. Grazie a questa metodologia di disegno è inoltre possibile caratterizzare le parti dell'edificio, elaborare abachi ed effettuare simulazioni prestazionali.

DIMENSIONI DIGITALI DEL DISEGNO - l'orizzonte dell'aspetto dimensionale del disegno si è notevolmente esteso con l'avvento del BIM. Per questo motivo, in relazione al disegno per l'architettura contemporaneo, si analizzano la seconda e la terza dimensione (entrambe riferite allo spazio), la quarta dimensione con riferimento al tempo, la quinta dedicata agli aspetti economici, la sesta al periodo di esercizio dell'edificio e la settima alla sostenibilità. Sempre secondo questa classificazione Alberto Pavan⁷⁴ suggerisce anche una prima dimensione che si pone a monte di tutto il processo che è costituita dall'organizzazione.

⁷⁴ (Digitalizzazione del settore costruzioni: uni11337:2017 dal bim alla piattaforma di filiera) documento digitale dal sito <http://www.assoacmi.it>

EIR Employer's Information Requirements (definito dalla norma UNI 11337:2017 con l'acronimo CI Capitolato Informativo) – documento con il quale il committente esplica i requisiti informativi con i quali l'affidatario dovrà far conto in tutto il processo produttivo.

FACILITY MANAGEMENT (e definizioni concernenti: SCM, CAFM, CMMS) - Concetto che in una accezione generale indica l'insieme di tutte quelle attività a supporto della produttività di un'azienda. Dalla traduzione della lingua inglese indica la “gestione” delle facilities ovvero il “mezzi”, i “servizi”, le “strutture” legati alla produzione. Dato che una considerevole parte di queste attività di supporto riguardano il patrimonio edilizio, l'accezione di *facility management*, appunto, è spesso legata a questo ambito e la metodologia BIM oltre che occuparsi dell'aspetto progettuale comprende anche l'aspetto gestionale-manutentivo dell'edificio e del controllo prestazionale. Secondo l'*International Facility Management Association Italia*, il facility management è suddiviso in tre aspetti o fasi⁷⁵:

- 1) Aspetto strategico
- 2) Aspetto analitico
- 3) Aspetto gestionale-operativo

Al concetto di facility management ne sono associati altri che articolano meglio le branche di questa approccio lavorativo:

SCM (Supply Chain Management) ovvero gestione della catena di distribuzione. Riguarda tutte le attività di logistica, dagli aspetti strategici della sua pianificazione al controllo e miglioramento dal punto di vista operativo. Questo aspetto viene approfondito negli anni '90 nel Novecento ma acquisisce sempre più importanza con l'affermazione di internet del web marketing e più in generale con lo sviluppo del commercio elettronico. Nell'ambito dell'architettura e del mercato edilizio questo concetto risulta

⁷⁵ (IFMA Italia Chapter) dal sito <http://www.ifma.it>

molto rilevante soprattutto per gli aspetti produttivi/cantieristici dell'intervento.

CAFM (Computer Aided Facility Management) ovvero quell'insieme di tecnologie e metodologie che rendono possibile la fruizione dei dati legati al patrimonio. Le informazioni legate ad esso possono essere sotto forma scritta o grafica e possono essere integrati con i sistemi informativi su scala urbana.

CMMS (Computerized Maintenance Management System) ovvero tutte le tecnologie e le metodologie relative ai sistemi informativi per il monitoraggio e la gestione della manutenzione del patrimonio.

Il concetto di *facility management* è quindi declinabile in vari aspetti operativi. Softwares e sistemi che puntino a semplificare le varie problematiche per una gestione migliore dei fenomeni sono l'espressione ideale di questo approccio.

INFOGRAFICA – Insieme di tecniche e metodi di comunicazione che tendono ad esprimere informazioni tramite la loro graficizzazione, sovente, tramite l'utilizzo simultaneo o coordinato di testi e immagini. Con il termine *infografica* si fa riferimento all'accezione più diffusa è legata alle arti grafiche, al giornalismo e all'informatica. Questo metodo di comunicazione nel quale immagine e testo coesistono ha in realtà origini preistoriche, infatti sin dalla prima comparsa dell'uomo l'utilizzo delle immagini ha costituito il primo linguaggio scritto e sin dai primi tempi testo e immagini sono state integrate nei documenti.

Con lo sviluppo del disegno parametrico digitale per l'architettura, il termine *infografica*, tende a riferirsi alla disciplina ne regola principi, metodologie e tecniche. L'*infografica* secondo questa accezione ha il proposito di produrre elaborati grafici e testuali che raccolgono il prodotto di procedimenti analitici e di monitoraggio dell'intero ciclo di vita dell'edificio.

INTERFACCIA UOMO-MACCHINA/UOMO-COMPUTER – Con questa espressione si intende tutto ciò che permette di mettere in contatto l'uomo e la macchina che sta utilizzando. L'*interfaccia uomo-macchina* nel campo

dell'informatica è denominata *interfaccia uomo-computer* (e in particolare *interfaccia utente* o *interfaccia grafica*, quando ci si riferisce ad un software o ad un sistema informativo) e consiste nello studio dell'interazione fra l'utilizzatore e lo strumento informatico. Tale interazione si può verificare attraverso l'hardware o il software di uno strumento informatico e investe i campi dell'ergonomia, della psicologia e della scienza dell'informazione. Le stesse applicazioni informatiche e i sistemi informativi devono tener conto di questo aspetto in sede progettuale, soprattutto le applicazioni che presentano un alto grado di complessità o i sistemi informativi che gestiscono un grande numero di informazioni in quanto la gestione, anche dal punto di vista del software dovrebbe essere resa possibile anche da persone non addette ai lavori⁷⁶. Ted Nelson e Douglas Engelbart, conosciuti come i padri dell'ipertesto hanno svolto molti studi ed esperienze sul miglioramento dell'interfaccia uomo-computer.

IPERTESTO e IPERMEDIA – per ipertesto si intende una struttura organizzativa del sapere non sequenziale e quindi più vicina al modo di pensare dell'uomo di quella con la quale, ad esempio, sono strutturati tradizionalmente volumi cartacei. Il concetto di *ipertesto* -parola comparsa per la prima volta a metà degli anni '60 del Novecento in un testo di Ted Nelson- sta alla base del concetto di *rete tra computer* che nel 1990 diventò il World Wide Web grazie a Tim Berners-Lee. Tuttavia il significato della parola *ipertesto* trascende dal fenomeno di *internet* (che risulta ad oggi l'esempio più imponente di un *ipertesto* in rete) e, sempre grazie alle nozioni di Ted Nelson, si evolve anche nel concetto di ipermedia o ipermedialità per il quale immagini, audio e video concorrono a costituire contenuti e collegamenti di una struttura informativa per la conoscenza. Il principio alla base degli scritti⁷⁷ di Ted Nelson è quello di delineare le basi per un sistema innovativo di fruizione della conoscenza.

⁷⁶ Dalla nota affermazione di Ted Nelson "Un'interfaccia utente dovrebbe essere così semplice da poter essere compresa, in caso di emergenza, nel giro di dieci secondi da un principiante."

⁷⁷ *Computer Lib/Dream Machines* (1974) e *Literary machines* (1981) di Theodor Holm Nelson.

LOD, LOG, LOI, LOR – Questi acronimi, legati alla modellazione parametrica dell'architettura, indicano, lo stato di avanzamento di un progetto e il loro grado di dettaglio in termini quantitativi e qualitativi. L'acronimo *LOD (Level Of Detail o Level Of Development)* descrive un concetto sviluppatosi primariamente nella sfera anglosassone e costituisce l'indicatore di dettaglio e sviluppo principale del prodotto BIM. Dal *LOD* derivano tutti gli altri indicatori: *LOG*, *LOI* e *LOR* (quest'ultimo approfondito nel percorso di tesi e introdotto da Carlo Bianchini⁷⁸).

LOD (Level Of Detail o Level Of Development), questo acronimo ha assunto due accezioni leggermente discostanti. Nel mondo britannico infatti viene considerato come *Level Of Detail*, sta ad indicare comunemente il livello di dettaglio del modello informativo. Nella direttiva britannica PAS 1192-2 si attua una differenziazione tra il dettaglio del modello (*LOD*) e il livello di informazioni correlate (*LOI*). Leggermente differente è invece l'accezione data all'acronimo *LOD* che l'American Institute of Architects descrive nel protocollo AIA G202-2013 Building Information Modeling nel quale si fa riferimento al livello di sviluppo della modellazione (*Level Of Development*), in quanto, un elemento può presentare un aspetto molto dettagliato avendo comunque un basso livello di sviluppo del design. In Italia i problemi della caratterizzazione del modello sono stati inquadrati dalla norma UNI 11337:2017 che definisce il *LOD* scorporando l'aspetto grafico con altri due indici di dettaglio/sviluppo: il *LOG* per i dati grafici e il *LOI* per i dati non grafici. I due standards specifici definiscono quello generale.

LOG (Level Of Geometry) costituisce il livello di dettaglio geometrico del modello 3d secondo la UNI 11337:2017.

LOI (Level Of Information) costituisce il livello di dettaglio della scheda informativa secondo la UNI 11337:2017.

⁷⁸ intervento del Prof. Carlo Bianchini, *Il modello BIM e l'antico* al convegno *BRAINSTORMING THE BIM MODEL* tenutosi venerdì 25 novembre 2016 presso il Politecnico di Milano.

LOR (Level Of Reliability) il livello di affidabilità del dato è un indicatore sperimentale ⁷⁹ che risulta fondamentale per il rilievo dell'architettura esistente. Definisce infatti il grado di affidabilità dei dati rappresentati sia a livello estrinseco (controllando, ad esempio, il grado di corrispondenza di un modello parametrico con un rilievo a nuvola di punti) che a livello intrinseco (ad esempio la definizione di pacchetti murari a seguito di rilievi conoscitivi profondi o di diagnostica).

MICRO-URBANISTICA – rientrano tra gli interventi di micro-urbanistica quelli attuati su una parte delle città, la scala di intervento è quindi quella che coinvolge uno o più distretti. La micro-urbanistica, costituisce un approccio più capillare alla pianificazione della città, si è manifestata da gli anni '80 del Novecento come reazione ai fallimenti dell'urbanistica moderna e come necessità di fronte delle grandi porzioni di città degradate emerse a seguito delle imponenti dismissioni e delocalizzazioni del tessuto industriale. In qualche modo l'approccio alla rigenerazione per parti della città è stato anticipato dagli studi e dagli scritti di Aldo Rossi⁸⁰ e si è palesato in molteplici casi nelle città europee di tardo Novecento, dal centro storico di Bologna a Barcellona fino alla ricostruzione di Berlino.

MODEL CHECKING – Il modello BIM condiviso può recepire un consistente numero di revisioni da più operatori di diverse discipline, è naturale quindi che si possano presentare incoerenze sia geometriche che informative. Tali problematiche sono individuabili e controllabili con processi

⁷⁹ Il tema è sviluppato e approfondito nella parte III della tesi.

⁸⁰ (L'architettura della città, 2011)

RIGENERAZIONE ARCHITETTONICA E URBANA – Per *rigenerazione* in architettura si intendono tutti quegli interventi e quelle metodologie atte al recupero del patrimonio edilizio, in particolar modo si fa riferimento a quegli interventi che, mirano al miglioramento edilizio, sociale, economico, paesaggistico e del decoro delle aree degradate. La rigenerazione quindi è un approccio interscalare che coinvolge paesaggio, città, distretto ed edificio.

SIMULAZIONE (in informatica) – si intende un modello della realtà che riproduce determinate condizioni che si svolgono nel tempo. Tali condizioni applicate ad un oggetto di studio permettono di effettuare previsioni sul suo comportamento a fronte delle sue caratteristiche (definite dall'operatore).

VIRTUALITA' (in architettura) – con questo termine si intende una prefigurazione della realizzazione potenziale di un accadimento o nella determinazione potenziale di un effetto. È un concetto strettamente legato alla simulazione ma detiene un'accezione più ideale che di fatto si lega alla radice delle parole *progetto* e *disegno*. La parola *progetto*, infatti, (dal latino *pro-iacere*, gettare-avanti) esprime intrinsecamente il significato della previsione di un fenomeno; la parola *disegno* (dal latino *de-signum*) indica la riproduzione con un segno di una idea, di un concetto. Nella contemporaneità l'aggettivo derivante dalla parola *virtualità* è spesso accoppiato alla parola *modello*, (*modello virtuale*) e l'utilizzo che ne fanno tutte le discipline, compresa l'architettura è quello di simulare comportamenti dell'oggetto di studio stabilendo preventivamente le regole fisiche che ne valideranno la prova (si noti che per prova o simulazione, nel campo dell'architettura, possiamo annoverare ad esempio anche una vista prospettica renderizzata, in quanto, costituisce a tutti gli effetti una verifica progettuale da parte dell'architetto che ne verifica la validità dei materiali, dei colori e delle forme in funzione della simulazione di luci e ombre inserita nel contesto paesaggistico).

WEB MARKETING, E-COMMERCE E PORTALI DELL'ARCHITETTURA – come tantissime discipline, anche l'architettura ha conosciuto, grazie all'avvento di internet, un'importante proliferazione di portali web che a vario titolo affrontano gli aspetti più importanti della professione e della ricerca architettonica. Risulta chiaro come, con l'avvento del BIM, è di determinante importanza la creazione o l'aggiornamento di librerie BIM da parte delle aziende produttrici di materiale e tecnologie edili. Per i progettisti, operatori della manutenzione, o più in generale del comparto delle facility management risulta fondamentale disporre dei modelli informativi di vario livello di dettaglio di pareti, arredi, impianti, solai e altri sistemi costruttivi per poter eseguire correttamente disegni e simulazioni; sempre maggiormente questo aspetto risulterà preponderante per l'affermazione sul mercato da parte delle aziende.

PARTE II – IL RILIEVO PER LA RAPPRESENTAZIONE INFOGRAFICA

2.1 Il rilievo e infografica per l'edificio

In questa parte della tesi verranno trattate tutte le problematiche relative ai procedimenti di raccolta del dato. Si affronteranno quindi gli aspetti del rilievo dell'architettura relativi alle procedure strumentali digitali che hanno occupato una fetta importantissima delle attività di rilievo. L'integrazione di tecniche e metodologie diventa la chiave fondamentale per una auto-correzione/verifica del dato e in questo senso il terreno di gioco tra geomatica e rilievo dell'architettura è ormai comune. Come anticipato, le tecniche di digitalizzazione del rilievo si sono evolute per certi aspetti più velocemente di quelle della rappresentazione, e oggi apportato una quantità di dati considerevole e adeguata alle richieste dei più sofisticati modelli infografici. Se teniamo conto del fatto che, con l'HBIM, il modello tridimensionale si è posto al centro del processo conoscitivo del patrimonio esistente, le nuvole dei punti (il cui utilizzo comune si è sviluppato molto prima del BIM) risultano oggettivamente molto utili per assistere la restituzione del modello infografico. Tuttavia con le nuvole di punti ci troviamo ancor dinnanzi a dati di natura totalmente diversa e concettualmente molto lontana da quella di un modello parametrico e proprio su questo tema la ricerca sta spendendo molte energie, in quanto non esiste ancora un sistema automatico (almeno per quanto riguarda le forme di una certa complessità ed estensione) che possa trasformare il modello discreto in un modello di elementi solidi al fine di poterli tematizzare. La procedura per la costruzione del modello è così individuata da Brusaporci, Cinti, Mingucci:

“1. uso della semplice nuvola di punti, ripulita e decimata

2. uso di un modello solido, ottenuto dalla triangolazione della nuvola di punti;

3. riconoscimento automatico parziale di oggetti e conseguente modello misto (solidi generici e oggetti)

4. ricostruzione manuale di oggetti (spesso molto onerosa), i quali possono poi essere:

-più o meno parametrici

-più o meno intelligenti”⁸¹

Al di fuori di quelli che sono i problemi procedurali della restituzione del dato⁸², ciò che si vuole sottolineare in questa parte della tesi è che il modello infografico, o comunque un sistema informativo ad esso correlato, per poter considerarsi completamente efficiente necessita di una quantità e una qualità di dati che le metodologie di rilievo tradizionale non possono fornire. Accanto al concetto di *conoscenza normale*, al quale assoceremo tutti i paradigmi del rilievo tradizionale intendiamo approfondire due ulteriori ambiti conoscitivi: quello della *conoscenza profonda* e del *dato immateriale*. In sostanza questi ultimi due concetti non sono altro che la “I” di *Information* dell’acronimo *BIM* mentre il rilievo geometrico costituisce il contenitore di queste informazioni e quindi la “M” di *Modeling*.

Di seguito quindi, secondo un ordine logico-procedurale, affronteremo i problemi rimasti in sospeso attorno al rilevamento geometrico, per poi passare a metodi e tecnologie di rilievo profondo (nelle sue declinazioni di tecnico-costruttivo e di diagnostico/prestazionale) e in fine introdurremo spunti per il rilevamento del dato immateriale).

⁸¹ *Le dimensioni del B.I.M.: postfazione*, articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. P.4)

⁸² Tema che viene affrontato nella parte III della presente tesi.

2.2 Il rilievo geometrico: metodi integrati

2.2.1 Introduzione

Nell'ambito della ricerca sono state svolte diverse esperienze di rilevamento tramite laser scanner. In prima istanza si sono effettuati rilievi per la chiesa di San Ludovico e di San Tiburzio nel centro della città di Parma, il rilevamento di questi edifici però è stato parziale e i dati ottenuti sono serviti per sperimentazioni di trasformazione del modello discreto in modello solido.

La campagna di rilievo più interessante per i temi trattati di seguito riguarda invece la villa Mariotti-Micheli situata nel comune di Montechiarugolo in provincia di Parma. Le attività di rilievo e di ricerca di questo immobile si sono svolte all'interno di un accordo quadro tra il comune e il Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Parma. In questo caso di studio, oltre alle attività già introdotte di conoscenza profonda e di raccolta del dato immateriale che affronteremo nei prossimi capitoli, si sono volute affrontare le problematiche di tipo operativo rispetto alla complessità di un rilievo integrale dell'edificio e di buona parte degli spazi esterni.

L'edificio si sviluppa su tre piani e un ammezzato per un totale di circa mille metri quadrati di superficie lorda utile. Presenta inoltre una vasta area interrata costituita da una manica voltata che si sviluppa lungo tutta la corte antistante. Sviluppatosi da un nucleo iniziale con destinazione d'uso a stalla si è poi evoluto nel corso della storia rendendo ancora oggi visibile la successione delle fasi costruttive.

I metodi di rilevamento sono stati 3:

- 1) Rilievo diretto tramite l'utilizzo di metro, cordella e distanziometro laser
- 2) Rilievo tramite laser scanner terrestre
- 3) Rilievo tramite aerofotogrammetria

La scelta di utilizzare tutte e tre le principali tecniche di rilevamento oggi utilizzate ha costituito una precisa scelta di analisi procedurale con lo scopo di indagare sulle problematiche relative all'integrazione delle diverse tecniche ma soprattutto sulla valutazione della convenienza operativa in termini di:

- 1) tempo e operatori impiegati
- 2) dettaglio e precisione delle misurazioni
- 3) quantità delle misurazioni rilevate
- 4) quantità degli elaborati producibili

Le problematiche relative alle sopracitate attività saranno esplicate nei prossimi sottocapitoli.

2.2.2 Rilevamento tramite laser scanner terrestre: gestione della campagna di rilievo e normalizzazione del dato digitale

La campagna di rilevamento è iniziata con le operazioni preliminari di rilievo fotografico e rilievo diretto. Si è poi proceduto con il rilevamento tramite laser scanner con l'utilizzo di 68 stazioni per una copertura integrale (interno-esterno) dell'edificio, compresi i locali interrati. Il percorso del rilievo è iniziato all'interno dell'edificio, al centro dell'androne principale per poi effettuare una ricognizione della corte e rientrare all'interno nell'ingresso opposto dell'androne (cfr. fig. 27).

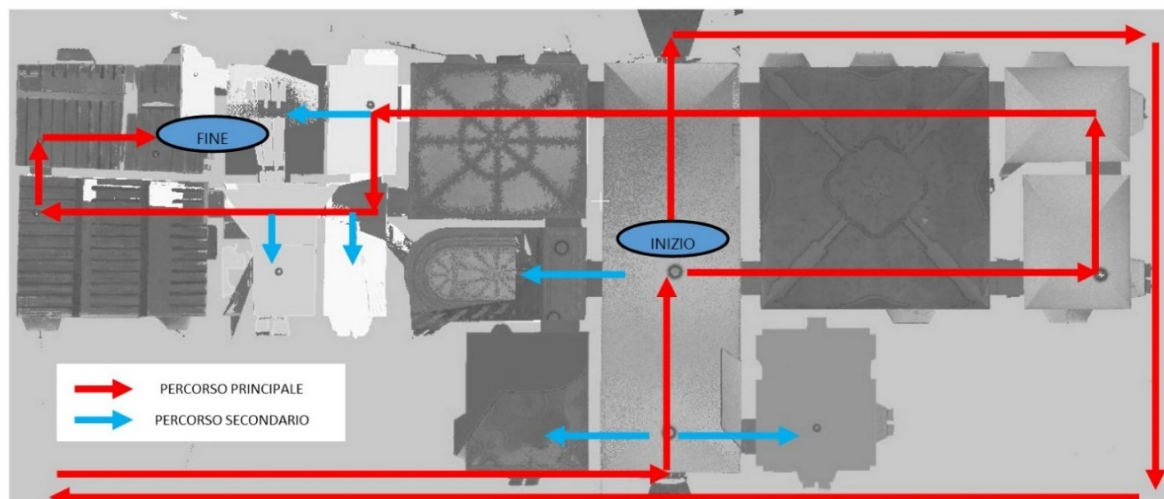


Figura 27 - percorso laser scanner piano terra - Villa Mariotti- Micheli (*)

All'interno si è poi proceduto con la catenaria delle stazioni con la metodologia “punto a vanti, punto indietro” anche lungo i vani scala per facilitare le fasi di registrazione delle nuvole. La densità dei punti è stata fissata ad un livello medio per garantire un compromesso tra velocità e resa del rilievo e per non appesantire troppo modello finale. Anche l'opzione di rilevamento fotografico integrato è stata disattivata al fine di alleggerire le operazioni di rilevamento.

Per quanto riguarda le risorse, in questa campagna sono intervenuti per la maggior parte del tempo due operatori e in una minima parte un solo operatore, la sola campagna di rilievo è durata 8 giornate. La restituzione del dato ha richiesto quasi il doppio del tempo impiegato per il rilevamento. Le singole nuvole di punti di ogni stazione sono state decimate e normalizzate. Particolarmente impegnativa è risultata la calibrazione delle nuvole, in quanto, la registrazione automatica da parte del software, come era prevedibile, ha funzionato in modo abbastanza efficiente per le stazioni dello stesso piano (riuscendo ad orientarle reciprocamente per nel 90% dei casi) mentre ha presentato forti difficoltà nella registrazione di stazioni collocate su livelli differenti dell'edificio. Si è dovuto procedere quindi con la “registrazione manuale delle nuvole” tramite l'identificazione di tre punti omologhi per ogni nuvola rilevata. In fase di restituzione poi le nuvole sono state raggruppate in

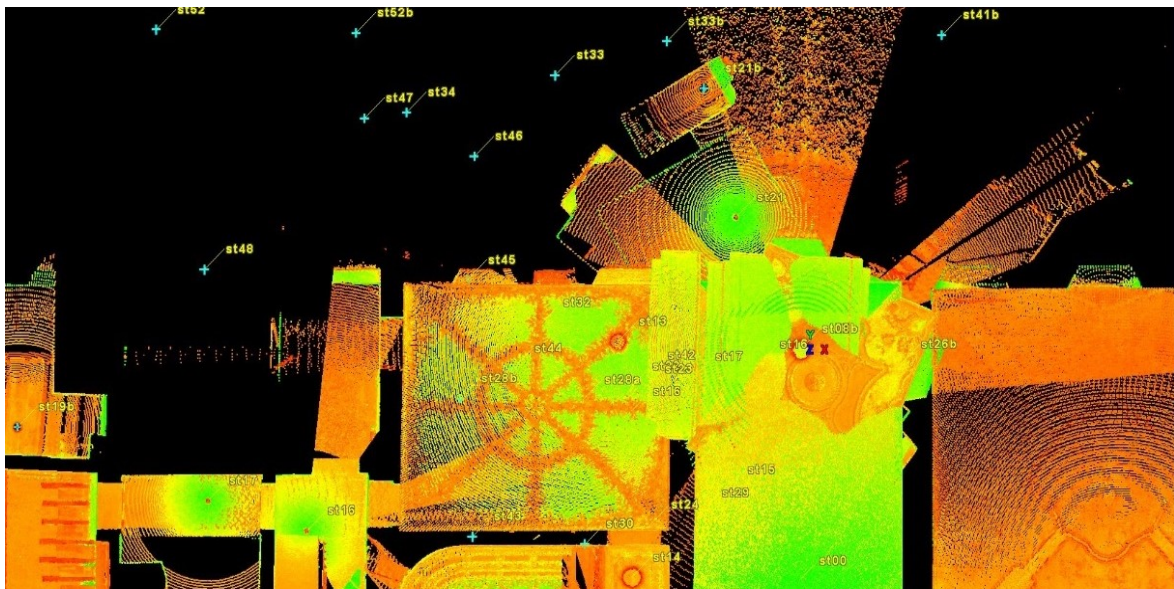


Figura 28 - decentramento della stazione all'ingresso dell'androne (*)

base a i piani dell'edificio dividendo in ulteriori due gruppi la superficie esterna dello stesso e tutti gli spazi aperti. In questo modo è risultato più semplice gestire i problemi in modo più dettagliato e sostenibile dal punto di vista della pesantezza dei files.

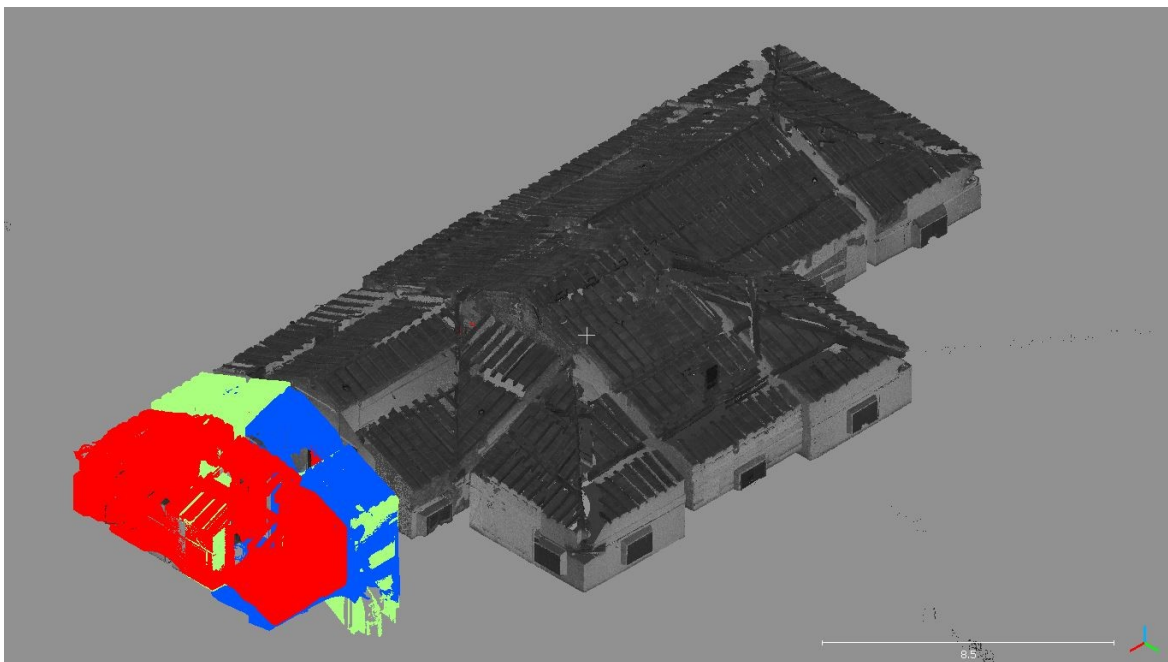
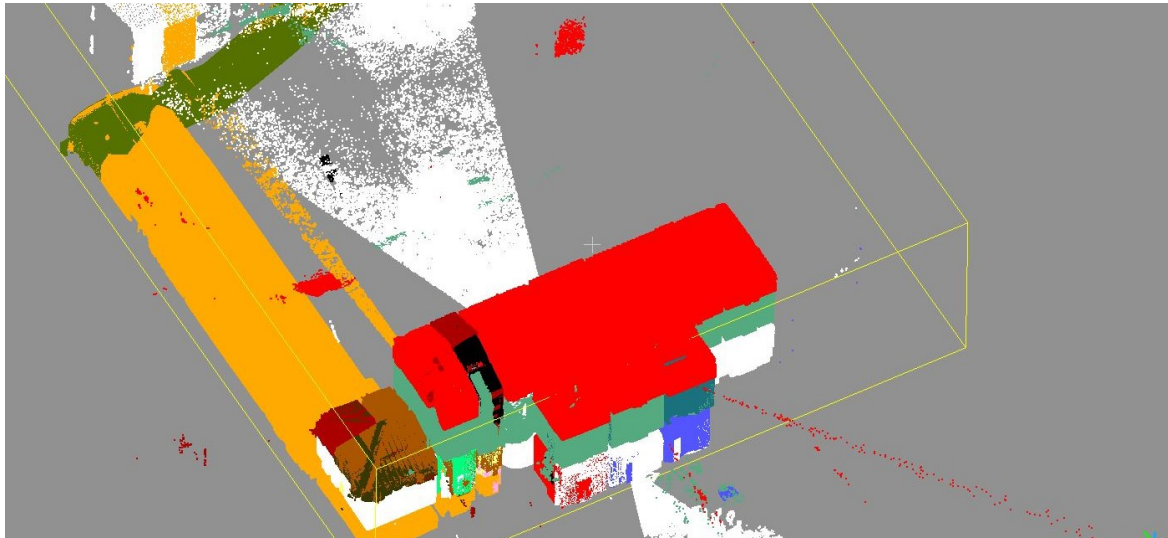


Figura 29 (in alto e in basso) - calibrazione delle nuvole di punti (*)

2.2.3 Rilevamento tramite fotogrammetria e gestione del modello discreto

L'immobile di villa Micheli-Mariotti è stato rilevato anche tramite l'uso di tecniche di aerofotogrammetria tramite l'utilizzo di drone. È stato effettuato una ripresa del sito integrale compresi gli spazi esterni della corte. Sono stati scattati 171 fotogrammi che hanno permesso di restituire il modello integrale della villa e della vegetazione circostante. Il drone ha realizzato una videoripresa della campagna di rilevamento svolta e l'intera operazione ha coinvolto un operatore per poco più di un'ora.



Figura 30 - Vista aerea di villa Mariotti-Micheli (*)



Figura 31 - Ortofoto Villa Mariotti-Micheli (* aerofotogrammetria realizzata in collaborazione con il Prof. Riccardo Roncella)

2.2.4 Considerazioni su produttività e tempistiche e confronto tra le tre tecniche di rilievo dell'architettura

L'esperienza sul campo in riferimento allo stesso oggetto di studio ha potuto mettere a confronto procedure di rilevamento architettonico molto differenti tra di loro tra loro almeno sotto il profilo operativo (rilievo diretto, laser scanner terrestre, aerofotogrammetria). Risulta evidente che, in una condizione ideale, con una certa disponibilità di tempo, l'utilizzo di tutte e tre queste metodologie porta ad una precisione del dato molto elevata comportando però anche svariate operazioni di elaborazione e comparazione dei dati.

In sintesi abbiamo potuto constatare che la campagna di rilievo diretto ha occupato due operatori raccogliendo le misure di un piano dell'edificio al giorno,

all'incirca 4 giorni; le misurazioni tramite laser scanner, invece, hanno impiegato due operatori per circa il doppio del tempo impiegato per il rilievo diretto, mentre la aero-fotogrammetria poco meno di due ore con un operatore.

Per comprendere le diverse peculiarità al fine di capire quando sia conveniente una tecnica piuttosto di un'altra però bisogna tener conto anche del tempo di restituzione impiegato dagli operatori, la sua complessità ed infine il grado di dettaglio e la quantità di elaborati ottenibili dal prodotto finale (aspetti qualitativi e quantitativi). Il rilievo diretto non ha presentato nessun imprevisto procedurale, il tempo impiegato per coprire tutti i piani è stato più che accettabile tuttavia i tempi si dilatano poi in fase di restituzione in quanto, soprattutto per edifici di una certa estensione e complessità, la non automatizzazione della restituzione e la possibile dimenticanza da parte degli operatori rendono necessari ulteriori sopralluoghi. Il rilievo tramite laser scanner, effettuato integralmente, comporta un dispendio di tempo notevole sia in fase di rilevamento che di restituzione; oltre agli imprevisti che con più o meno probabilità si possono presentare durante le operazioni di rilievo, l'operatore dovrà necessariamente impegnare una considerevole quantità di tempo nel collegamento reciproco di tutte le nuvole che, come detto non sempre, si possono registrare senza problemi. Il modello proveniente dal rilievo tramite laser scanner terrestre però risulta di notevole dettaglio in tutte le sue parti, il livello di dettaglio è poi gestibile in grazie a operazioni di decimazione e normalizzazione della nuvola e permette, a differenza delle tecniche fotogrammetriche di avere una rappresentazione completa dell'edificio riportando al dettaglio le superfici interne ed esterne; tale aspetto è di notevole utilità per le fasi di modellazione tridimensionale parametrica dell'edificio per il quale avremo quindi tutti gli spessori dei muri, le aperture, i fuori piombo e tutte le altre patologie diagnosticabili con la sola interrogazione del modello geometrico. L'aerofotogrammetria risulta quindi la più conveniente in termini di tempo e operatori impiegati non solo in fase di rilievo ma anche in fase di restituzione, in quanto per ottenere una nuvola di punti e/o modello mesh sufficientemente accettabile per assistere una modellazione dell'edificio in scala 1:50 è necessaria una lavorazione dei fotogrammi di circa due giorni. Questa tecnica offre il vantaggio di reperire, oltre al dato geometrico tridimensionale,

l'ortofoto planimetrica e i fotopiani delle facciate; il limite della fotogrammetria, come anticipato risiede invece nel fatto che, con le tecnologie odierne, non è possibile oggi effettuare un rilievo di grandi dimensioni e di grande complessità in modo integrale, in particolar modo a causa della difficoltà di effettuare rilevamenti fotogrammetrici interni che si spossano facilmente collegare con quelli descrittivi la superficie esterna dell'edificio rilevato.

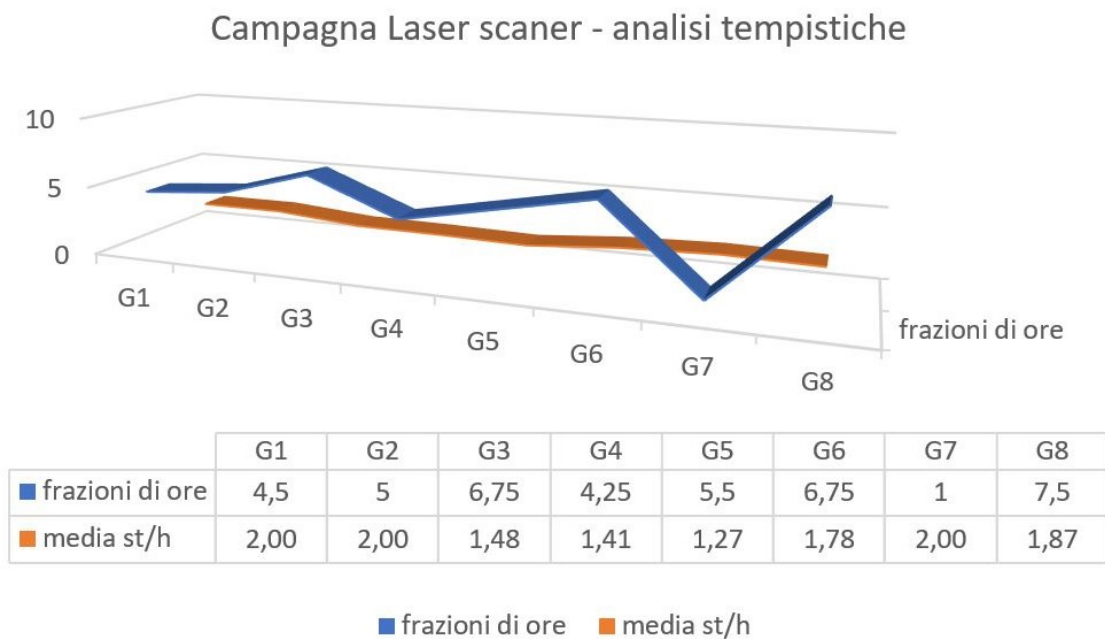


Figura 32 - tempistiche campagna laser scanner - Villa Mariotti - Micheli (*)

2.3 Introduzione alle tecniche e le metodologie della “conoscenza profonda”

2.3.1 Il concetto di conoscenza profonda per il rilievo dell'architettura

Bianchini, Inglese e Ippolito⁸³ individuano sottolineano come sia fondamentale la conoscenza profonda dell'edificio sia alludendo alle caratteristiche di tipo non quantitativo che descrivono l'edificio esistente (come le questioni storico-culturali e quelle sociali) sia in riferimento a quella distinzione che Cartesio applica tra conoscenza normale, che si manifesta attraverso i nostri organi di senso, e quella profonda che invece necessita tramite l'utilizzo di tecniche e metodologie. Con il concetto di “conoscenza profonda” infatti vogliamo indicare quell'insieme di dati relativi all'edificio, in particolare quello esistente, che non provengono da procedure di rilievo tradizionali, ovvero quelle volte a definire sostanzialmente le proprietà aggiuntive intrinseche (come la conformazione tecnico-costruttiva e diagnostica-prestazionale) e quelle estrinseche (di natura immateriale come ad esempio il contesto socio-culturale) che possono aiutare il ricercatore, il progettista o l'amministratore a comprendere meglio le peculiarità dell'edificio in sede di intervento rigenerativo. Come anticipato nei precedenti capitoli, questo approccio del rilievo architettonico – che potrebbe portare ad una sorta di *rilievo aumentato* – è reso possibile da un lato dall'evoluzione tecnologica che ha mutuato procedure e strumenti di diagnostica, spesso sviluppatasi in ambiti disciplinari diversi da quello dell'edilizia, dall'altro resa possibile proprio dall'avvento del BIM che propone un modello geometrico tridimensionale che presenta un alto grado di caratterizzazione degli elementi costruttivi rappresentati.

⁸³ *Il contributo della Rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito*, articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 10.1-10.8)

I motivi per cui si sta sviluppando sempre più attenzione alla conoscenza profonda dell'edificio sono essenzialmente due:

- 1) Per conoscere la configurazione tecnologica e materica intrinseca
- 2) Per diagnosticare il degrado o il dissesto di un edificio

Entra in gioco poi un terzo fattore che è quello relativo all'affidabilità del dato; il grado di affidabilità può derivare da molti aspetti variabili, come quelli ambientali/atmosferici o quelli strumentali che approfondiremo meglio nella successiva parte della tesi dedicata alla rappresentazione del dato. In questa sede ci basti sapere che l'affidabilità del dato è strettamente legata alla particolarità della singola situazione di analisi e che al variare del contesto operativo può si possono avere diversi gradi di profondità della conoscenza.

Come avviene per il rilievo architettonico tradizionale le tecniche di conoscenza profonda dell'edificio sono svariate e spesso necessitano di essere integrate tra loro per avere una certa validità o per aumentare il dettaglio del loro portato informativo. Sostanzialmente si dividono in due grandi famiglie: quelle distruttive e quelle non distruttive; risulta ovvia l'importanza delle ultime nel campo della tutela del patrimonio culturale sotto vincoli di tutela ma i loro limiti di efficacia sono legati soprattutto alla corretta interpretazione del dato fornito rendendo talvolta necessaria l'integrazione con saggi semi-distruttivi o distruttivi.

2.3.2 Il rilievo aumentato: panoramica delle tecniche di conoscenza profonda

È opportuno differenziare gli strumenti dai tipi di indagine, infatti uno strumento di conoscenza profonda può essere utile per diversi tipi di indagine e a sua volta un'indagine può presentare la necessità dell'utilizzo di più strumenti. Mentre gli strumenti saranno illustrati sinteticamente nelle seguenti pagine le indagini saranno invece presentate nei prossimi due capitoli suddivise in due

macro-famiglie: quella del rilievo tecnico-costruttivo (orientata all'individuazione degli impianti e delle layout strutturali dell'edificio) e quella del rilievo diagnostico-prestazionale (indirizzata alla diagnosi dei dissesti e dei degradi e alla definizione dei gradi prestazionali dell'edificio in termini energetici, anti-sismici, etc.).

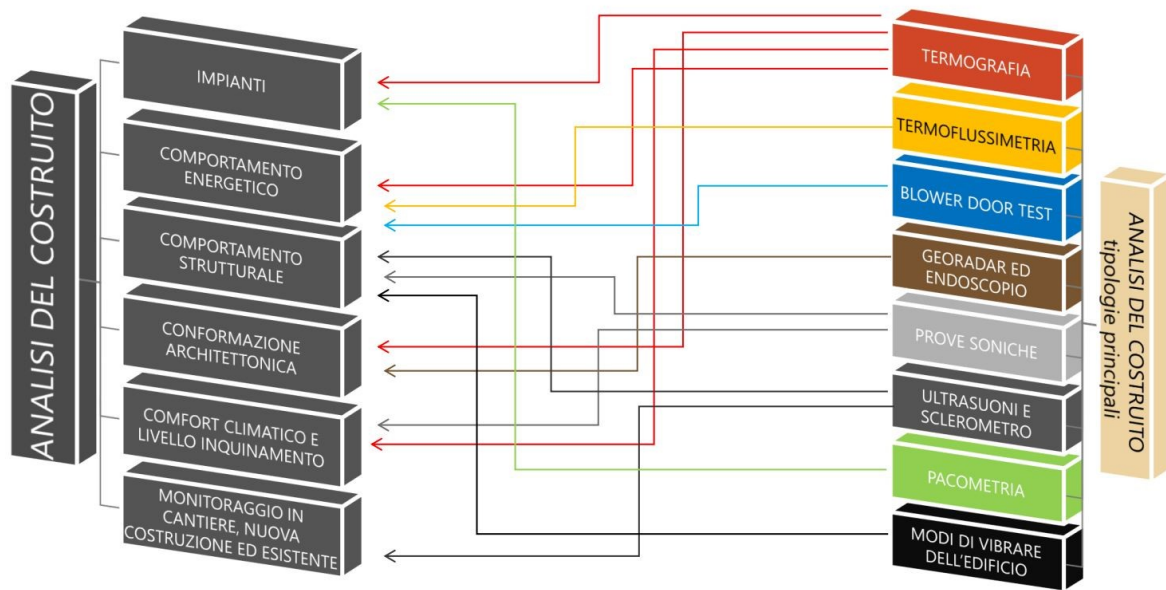


Figura 33 - Confronto tra le tipologie di indagine e gli ambiti di analisi del costruito (*)

TERMOGRAFIA EDILE

Campi applicativi

- *Verifica unità murarie*
- *Comportamento energetico*
- *Rilievo impianti (regime stazionario)*

Peculiarità

- *Non invasiva*

Limiti strumentali

- *Le indagini sono strettamente influenzate dalle condizioni atmosferiche*



ENDOSCOPIA EDILE

Campi applicativi

- *Restituzione stratigrafica dei pacchetti murari*
- *Individuazione strutture celate*

Peculiarità

- *Alta affidabilità del dato*

Limiti strumentali

- *È un tipo di indagine semi-distruttiva*



INDAGINI SONICHE

Campi applicativi

- *Indagini per la caratterizzazione dell'elemento costruttivo*
- *Individuazione della omogeneità/discontinuità dell'elemento rilevato*

Peculiarità

- *Definizione delle proprietà fisiche del materiale (modulo elastico)*
- *Non distruttiva*

Limiti strumentali

- *Non adatta alle strutture in C.A.*



INDAGINI ULTRASONICHE E SCLEROMETRO

Campi applicativi

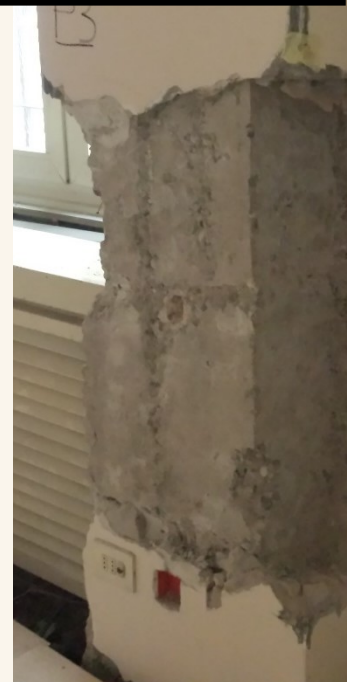
- *Indagini di caratterizzazione dell'elemento costruttivo*

Peculiarità

- *Definizione delle proprietà fisiche del materiale (resistenza meccanica CLS.)*
- *Non distruttiva*

Limiti strumentali

- *Indagine limitata alle strutture in C.A.*



PACOMETRIA

Campi applicativi

- *Indagini di caratterizzazione la struttura dell'elemento costruttivo*

Peculiarità

- *Definizione della posizione dei ferri Dell'armatura e dello spessore del copriferro*
- *Non distruttiva*

Limiti strumentali

- *portata in profondità limitata*



(www.docplayer.it di ENEA)

GEORADAR

Campi applicativi

- *Indagini di caratterizzazione la struttura e la composizione materica dell'elemento costruttivo*
- *indagini del sottosuolo (archeologia, sottot-servizi)*

Peculiarità

- *Descrive morfologia e materia*
- *Non distruttiva*

Limiti strumentali

- *Interpretazione non immediata*



(www.boviar.com)

MICROTREMORI

Campi applicativi

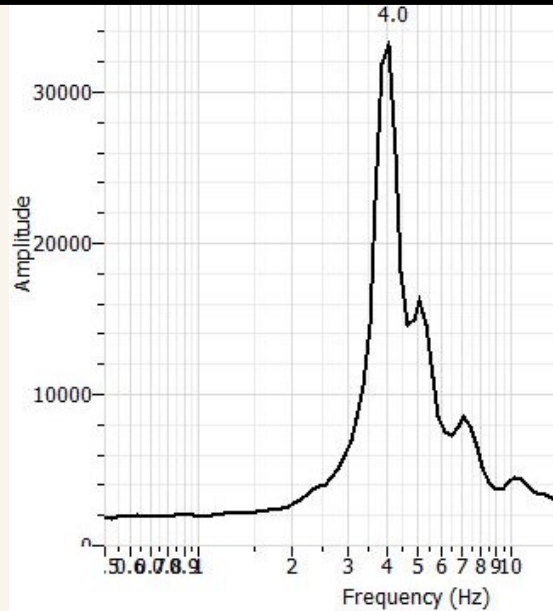
- *Indagini di comportamento strutture sotto sollecitazione sismica*

Peculiarità

- *Attraverso una vibrazione controllata indotta registra i “modi di vibrare dell’edificio”*
- *Non distruttiva*

Limiti strumentali

- *Necessita integrazioni*



(www.studiogeofaber.blogspot.it)

TOMOGRFIA ELETTRICA

Campi applicativi

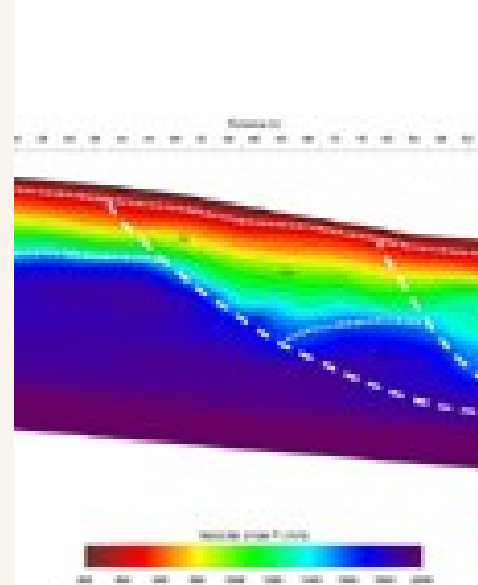
- *Indagini conoscitive del sottosuolo e delle strutture interrato*

Peculiarità

- *Fornisce sezioni verticali del terreno che a loro volta possono fornire un modello tridimensionale*

Limiti strumentali

- *Indagini invasive*



(www.geosoil.it)

TERMOFLUSSIMETRIA

Campi applicativi

- *Indagini di caratterizzazione dell'elemento costruttivo*

Peculiarità

- *Definizione della resistenza termica e calcolo della trasmittanza di pareti solai e coperture*
- *Non distruttiva*

Limiti strumentali



(www.diagnosticastrutturale.it)

BLOWERDOOR TEST

Campi applicativi

- *Indagini del comportamento fisico di un edificio*

Peculiarità

- *misura l'ermeticità dei vani*

Limiti strumentali

- *indagini invasive*



(www.blowerdoortest.it)

2.4 Il rilievo tecnico-costruttivo

2.4.1 Rilievo stratigrafico

Le esperienze sul campo per la definizione delle stratigrafie murarie si sono svolte essenzialmente tramite l'uso dell'endoscopia edile. La prima campagna di rilievo si è svolta presso la sede della ex-Banca d'Italia a Parma, i saggi sono stati effettuati sugli elementi verticali dell'edificio e hanno confermato le ipotesi di ricostruzione delle fasi storiche dell'edificio. Non bisogna dimenticare, infatti che questo tipo di indagini richiede una certa quantità di tempo e risulta quindi necessario pianificare accuratamente la campagna di rilievo sulle basi delle informazioni storiche dell'edificio e sull'analisi storico critica che va in ogni caso effettuata prima di qualsiasi procedura di indagine conoscitiva profonda. Le indagini di questo tipo infatti spesso presentano gradi di incertezza, necessitano di un'interpretazione da parte dello studioso o del professionista e molto spesso costituiscono una verifica dell'ipotesi formulata.



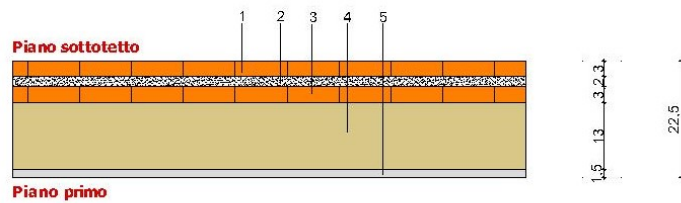
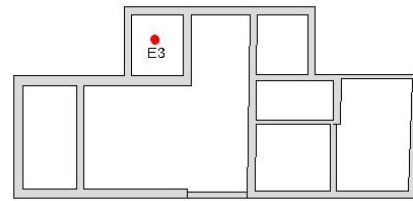
Figura 34 - pianta dei saggi endoscopici (*)



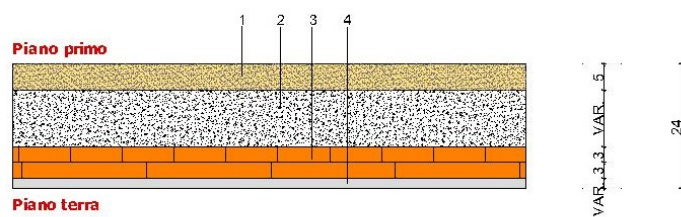
Figura 35 - alcuni fotogrammi dell'immagine endoscopica (*)

Si è proceduto quindi con la redazione di un elaborato guida fissando la posizione dei saggi in tutte le zone del perimetro dove si sono ipotizzate parti omogenee dell'elemento costruttivo di concerto con la suddivisione tipologica effetto della sedimentazione storica dell'edificio. Ogni fotogramma è stato memorizzato nello strumento in riferimento alla profondità registrata tramite metro per poter restituire il layout stratigrafico. Oltre ai fotogrammi sono stati realizzati dei video per ogni saggio in modo da poter ricostruire ex-post la successione degli strati nel caso sorgessero imprecisioni o incoerenze con gli eidotipi dedicati al rilievo endoscopico.

Sono stati effettuati saggi conoscitivi anche nell'immobile di Villa Mariotti nelle strutture orizzontali. Lo scopo in questo caso è stato dettato più che dalla necessità di una ricostruzione storica dell'edificio dall'esigenza di conoscere la struttura spesso celata da controsoffitti o incannicciati, le indagini hanno permesso di restituire la stratigrafia dei solai (come in fig. 35).



1. pavimentazione in cotto (piarella) sp. 3cm
2. malta incoerente o sabbia sp. 2cm
3. mattone pieno sp. 3cm
4. travetto in legno sp. 13cm
5. incannucciato sp. 1,5 cm



1. pavimentazione in graniglia sp. 5cm
2. strato di riempimento con spessore non definito * sp. VAR.
3. doppio strato in laterizio (mattone pieno) sp. 3+3cm
4. strato di finitura con spessore non definito * sp. VAR.

Figura 36 - restituzione stratigrafica delle indagini endoscopiche (indagini e grafici a cura di Matteo Battelli e Laura Cagni)

2.4.2 Rilievo strutturale-tecnologico

Per rilievo strutturale e tecnologico si intendono tutti i metodi di conoscenza profonda che possano restituire uno schema o una immagine delle parti strutturali o degli impianti non visibili ad occhio nudo. Le principali esperienze in questo senso hanno coinvolto l'immobile di Villa Mariotti-Micheli e dell'ex sede del comune di Busana situato nell'appennino reggiano. Il metodo di indagine è stato quello legato alla termografia. I due casi analizzati hanno mostrato differenze procedurali sostanziali essendo stati svolti in condizione di temperatura totalmente differente e presentando due sistemi costruttivi differenti.

L'immobile dell'ex comune di Busana, situato a ridosso di una piazza nel centro della località, è un edificio in calcestruzzo armato con tamponamenti in laterizio. Le indagini termografiche sono state condotte in parallelo con quelle endoscopiche. Le indagini sono state svolte nel periodo invernale e l'edificio durante le prove era regolarmente in attività quindi riscaldato. Queste condizioni hanno permesso di eseguire dei fotogrammi qualitativamente interessanti nei quali si possono distinguere chiaramente sia i layout strutturale che quello impiantistico come in fig.33.

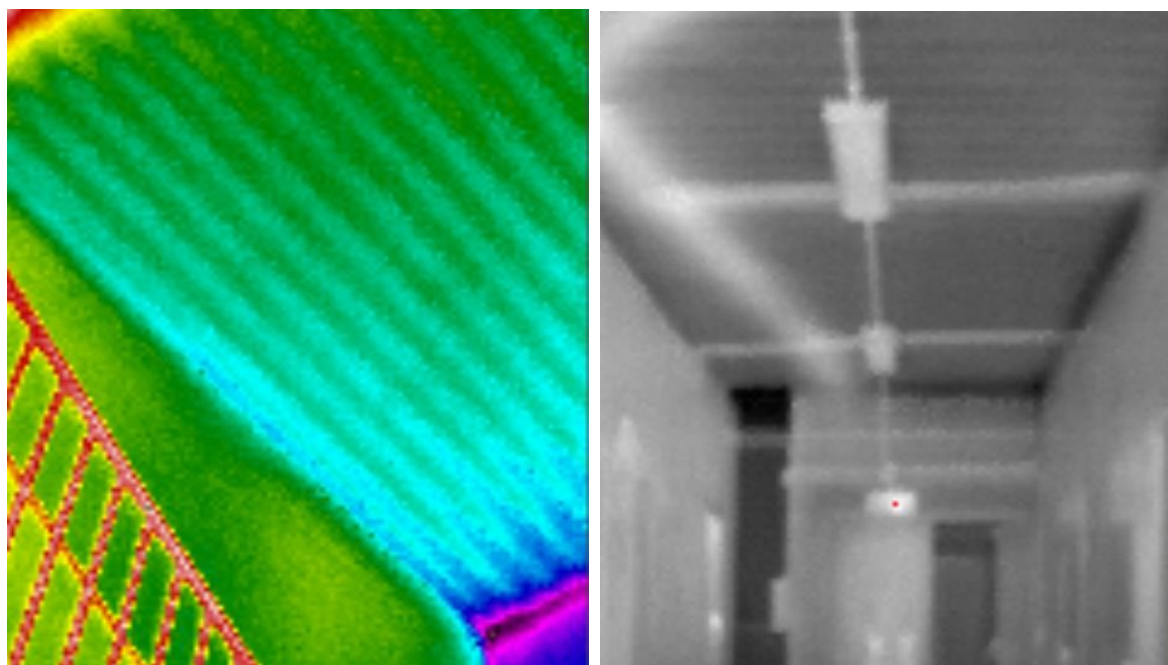


Figura 37 - termogrammi, a sinistra l'orditura del laterocemento mentre a destra l'andamento degli impianti (*)

Indagini termografiche sono state svolte anche presso villa Micheli-Mariotti, in questo caso la struttura in muratura, l'edificio presenta una forte sedimentazione storica, costruito probabilmente sui resti di un vecchio castello ha subito nel corso degli anni svariati cambiamenti che hanno portato ad una composizione muraria molto eterogenea. Le fasi costruttive infatti sono percepibili sono dopo un approfondito studio delle strutture e delle facciate. I termogrammi in questa situazione ci hanno aiutato solo per alcuni punti interrogativi rimasti in sospeso dall'analisi dell'edificio (come la presenza di alcuni vuoti murari e presenza – ipotetica – di strutture ad arco celate in facciata) in quanto esso non si trovava in regime stazionario durante le prove termografiche a causa dell'impianto di riscaldamento non funzionante. Si è dovuto quindi procedere tramite il riscaldamento artificiale degli ambienti con l'uso di bruciatori per poter portare sezioni dell'edificio prossime al regime stazionario.



Figura 38 - riscaldamento degli ambienti per le indagini termografiche (*)

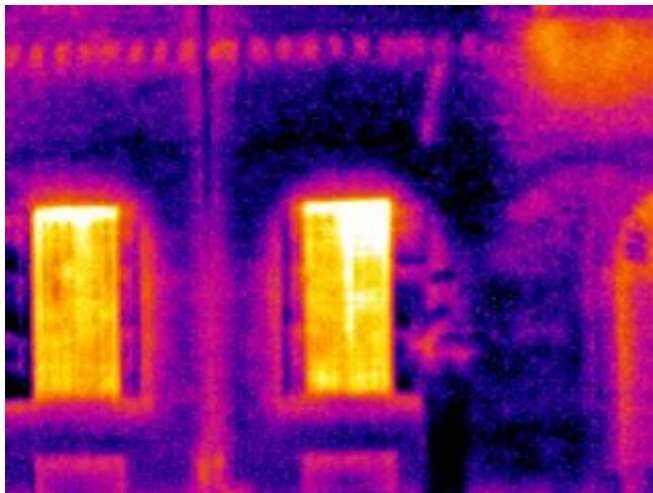


Figura 39 - termogramma del muro perimetrale dopo il riscaldamento della parete (*)

La termografia edile, utilizzata per l'analisi delle strutture e degli impianti di tipo qualitativo e ai fini della conoscenza strutturale, è una tecnica molto interessante, soprattutto per la facilità di utilizzo, per la rapidità nel reperimento dei termogrammi e per la sua totale non-distruttività, per contro è strettamente legata all'ambiente nel quale si opera sia in termini atmosferici che costitutivi dell'edificio.

2.5 Il rilievo diagnostico-prestazionale

Le metodologie di rilievo diagnostico-prestazionale sono oggi le più diffuse e sviluppate, come ad esempio il controllo delle zone umide sui paramenti murari (vedere la fig. XX nella quale sono state individuate nella villa Micheli-Mariotti alcune deteriorate dall'umidità), ma in questo capitolo andremo ad

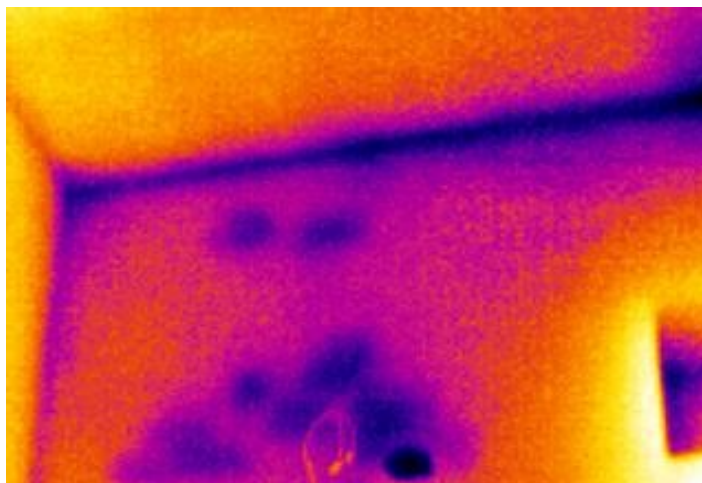


Figura 40 - zone umide della parete (*)

affrontare alcune problematiche dei degradi e dei dissesti dell'edificio perlopiù tramite elaborazioni grafiche provenienti da rilievi digitali.

Potremmo infatti effettuare una distinzione tra quelle indagini diagnostiche che raccolgono direttamente il dato (eventualmente con elaborazioni intermedie ma effettuate in modo automatico dal software o dallo strumento) da quelle che tramite un processo operativo del disegnatore portano ad una entità geometriche che rappresenti il dissesto o il degrado dell'edificio.⁸⁴

2.5.1 Individuazione e computazione del degrado di un paramento murario il metodo delle sezioni multiple proiettate

Questa metodologia mira a riportare tutte le informazioni provenienti dal rilievo tramite laser scanner terrestre. Lo scopo è quello di riportare più dati possibili da un modello tridimensionale ad un piano bidimensionale ai fini di rappresentare in modo speditivo, oltre che gli elementi, architettonici anche quelli relativi al degrado. Il metodo consiste nel creare sezioni multiple

⁸⁴ Il tema della restituzione degli elementi strutturali e impiantistici sarà affrontato nella parte III.

dell'elemento lungo i tre assi cartesiani con un passo ridotto (minore sarà il passo maggiore sarà il grado di dettaglio, cfr. fig 37).

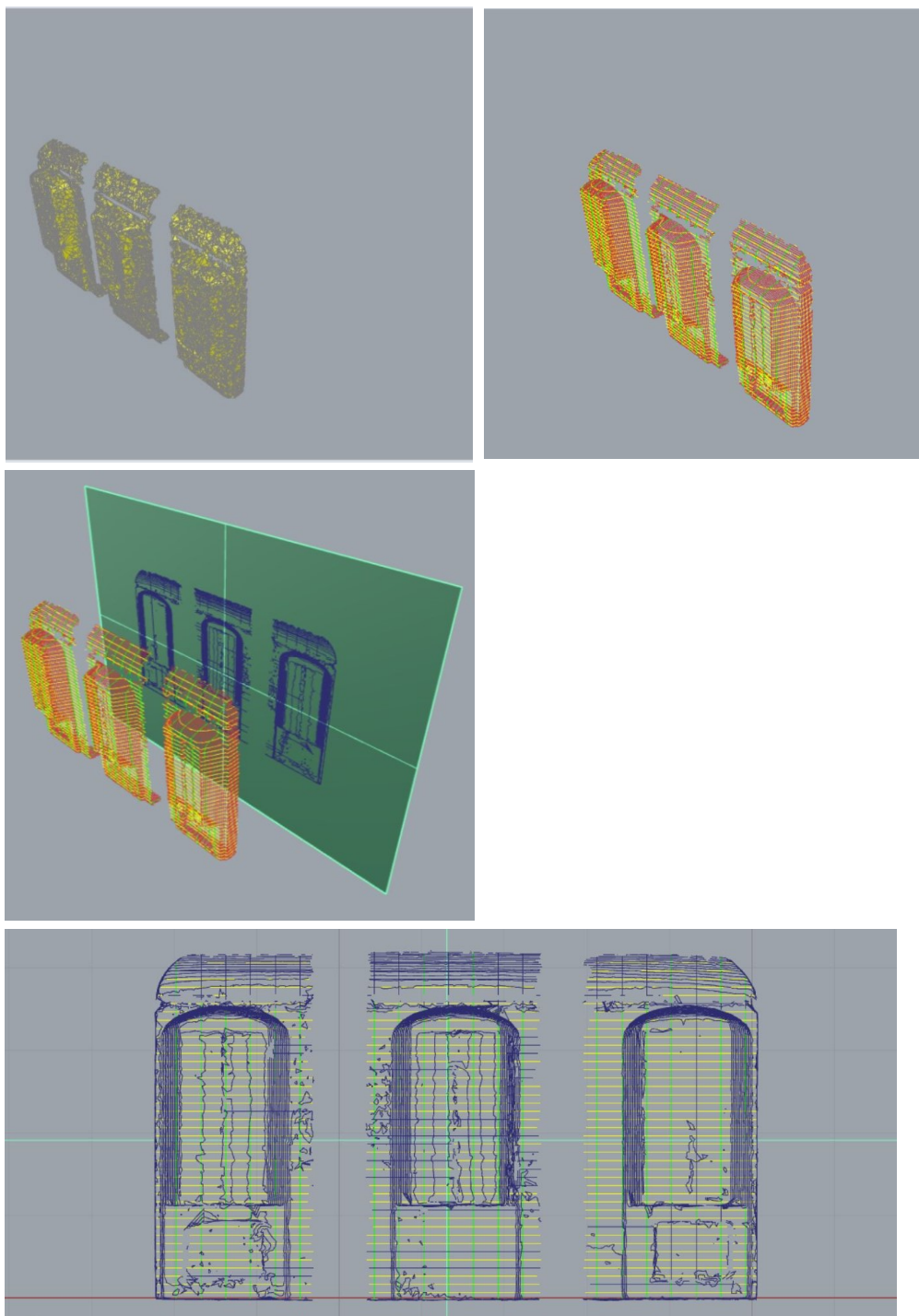


Figura 41 - metodo di estrapolazione grafica tramite sezioni multiple proiettate (*)

2.5.2 Quadro fessurativo tridimensionale per superfici complesse

Un'altra elaborazione grafica importante, relativa all'aspetto operativo della professione riguarda la definizione dei quadri fessurativi. Molto spesso infatti ci si trova dinnanzi a patologie fessurative che interessano elementi voltati per i quali è difficile definirne con precisione l'estensione ai fini computativi. In questo caso il metodo di individuazione della fessurazione si basa sulla rappresentazione tridimensionale di quest'ultima; partendo infatti da un rilievo a nuvola di punti si passa ad un modello mesh, per il quale risulta più semplice effettuare interrogazioni di tipo 2d/3d. Maggiore sarà la densità dei triangoli e più accurata sarà riproduzione della lesione. Si procede quindi con la sovrapposizione dell'elemento tridimensionale al quadro fessurativo rappresentato in pianta per poi effettuare la proiezione di quest'ultimo. Si generano quindi curve aperte per punti di controllo tridimensionali che saranno poi interrogabili dimensionalmente e geometricamente (calcolo delle curvature, etc.).

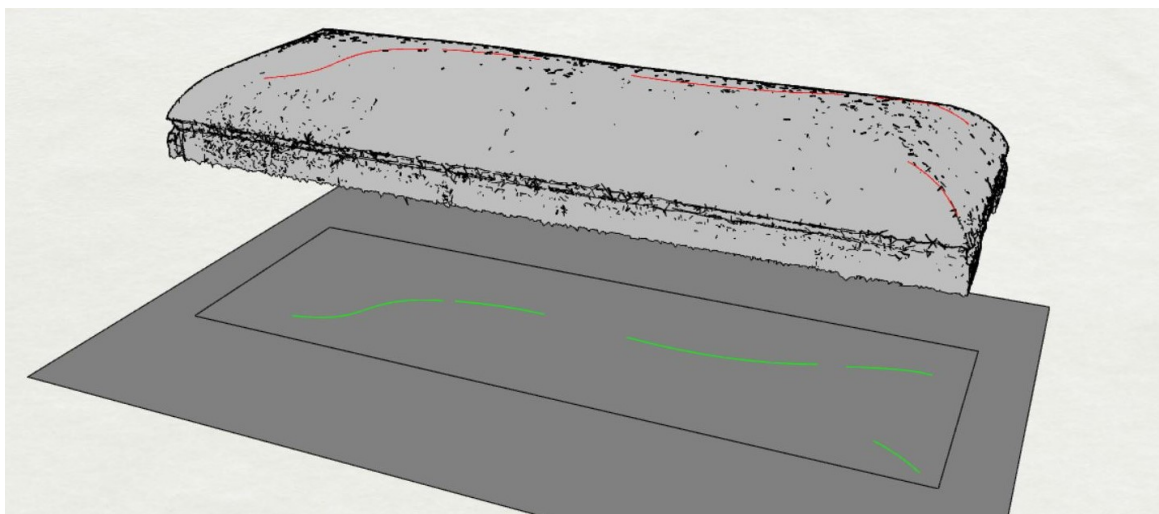


Figura 42 - quadro fessurativo 3d (*)

2.6 Introduzione al rilievo del dato immateriale

Riperdendo di nuovo il pensiero di Superstudio, nel saggio *Design d'invenzione, design d'evasione*⁸⁵ uno dei passaggi centrali del testo ci ricorda, in estrema sintesi, che è la poesia della vita dell'uomo a dare, in molti casi, un'anima ai luoghi, un'identità. Applicando questo punto di vista alla disciplina del rilievo viene da chiedersi quindi quanto sia importante e come sia possibile raccogliere le tutte quelle informazioni che non possono essere raccolte attraverso le tradizionali procedure del rilievo geometrico.

Il dato immateriale, inteso come l'insieme delle informazioni non immediatamente tangibili nella percezione da parte di un fruitore qualsiasi o di uno studioso di un edificio, uno spazio, un luogo risulta importantissimo per definire il grado di conoscenza globale che abbiamo di un manufatto. Sotto questo aspetto si pone poi il problema relativo alla soggettività delle operazioni di rilievo immateriale; le informazioni raccolte ed eventualmente rappresentate (associandole ad un modello o rappresentate in un portale informatico) saranno selezionate di fatto da un operatore che avrà una sensibilità differente verso un aspetto piuttosto che un altro.

Il problema di riportare “infograficamente” il dato immateriale diventa importante ogniqualvolta sia associato i metodi infografici e gli strumenti BIM agli edifici esistenti, nell'articolo *BIM e i beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale*⁸⁶ gli studiosi utilizzano queste parole: “[..]Si propone dunque una riflessione sulla restituzione infografica che conduce a una nuova forma di disegno, ampliando le frontiere della disciplina. La nozione di dimensione culturale trova dunque una maggiore qualificazione formale nella indissolubile relazione tra spazio architettonico e spazio informativo.”

⁸⁵ (Natalini, Toraldo di Francia, Frassinelli, & Magris, 2009)

⁸⁶ (Inzerillo, Lo Turco, Parrinello, Santagati, & Valenti, 2016) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16

Anche Bianchini, Inglese e Ippolito si pongono problemi affini: *“Ciascun elemento di un complesso edilizio esistente si integra nel contesto di appartenenza instaurando relazioni di carattere spaziale e costruttivo che spesso sottendono però questioni prettamente storico-culturali (e talvolta sociali) che difficilmente è possibile apprezzare attraverso una semplice lettura quantitativa del manufatto”*.⁸⁷ La ricerca attorno alla raccolta e organizzazione dei dati immateriali può quindi conoscere un considerevole sviluppo nell’era dell’infografica digitale parametrica.

⁸⁷ (Bianchini, Inglese, & Ippolito, 2016) articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), 10.1-10.8

PARTE III – RESTITUZIONE E GESTIONE DEI DATI: IL MODELLO AL CENTRO

3.1 La centralità del modello nell'infografica digitale per l'architettura: introduzione della gestione e acquisizione dei dati

In questa parte del testo sarà esplicito il ruolo del modello infografico parametrico come medium principale nella gestione del dato nei procedimenti di rigenerazione architettonica. Prima di comprendere le potenzialità del modello infografico saranno affrontati i problemi della restituzione e rappresentazione dei dati raccolti con le metodologie illustrate nella precedente parte del testo. Alcune procedure di assistenza alla restituzione geometrica del modello costituiscono il frutto delle sperimentazioni attorno alle procedure di estrapolazione del dato geometrico effettuate tramite l'uso di differenti softwares e di svariati passaggi nel trattamento del dato. Si è poi proceduto con la restituzione vera e propria del modello affrontando i problemi della parametrizzazione dei modelli di natura discreta provenienti dal rilievo digitale strumentale. Una volta ottenuto il modello parametrico si è poi proceduto con la sua caratterizzazione materica, strutturale e informativa generale. Un tema importante affrontato a coronamento di questa prima sezione è costituito dal capitolo dedicato all'affidabilità del dato, aspetto fondamentale della conoscenza profonda dell'edificio.

La seconda sezione si concentra invece sull'individuazione di strumenti analitici di tipo qualitativo e quantitativo che possono essere sviluppati con le funzionalità avanzate del modello infografico digitale. Tali strumenti costituiranno la fonte principale di dati ed elaborati che confluiranno nel sistema informativo illustrato nell'ultima parte del testo.

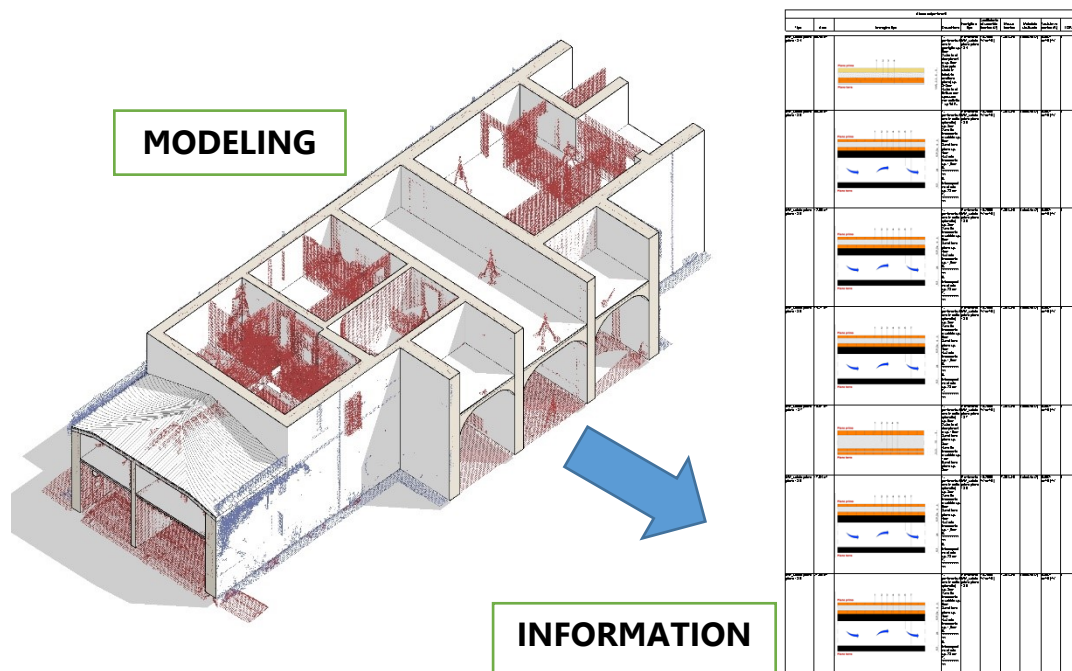
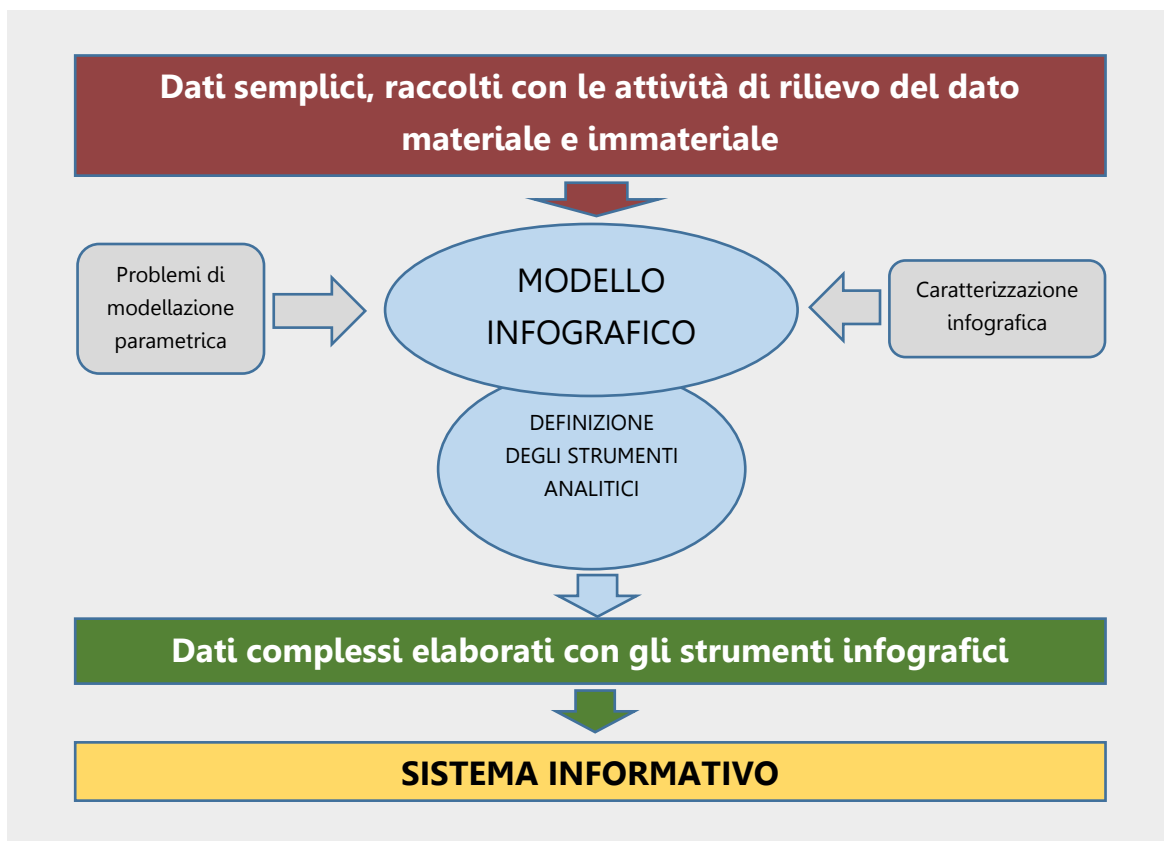


Figura 43 (in alto e in basso) - centralità del modello infografico (*)

3.2 LOR, Level Of Reliability: il problema dell'affidabilità del dato in funzione delle fonti

Le recenti norme sul BIM (sia nel mondo anglosassone che in Italia) si sono concentrate nella definizione di una struttura razionale e logica per la caratterizzazione dell'elemento costruttivo architettonico. Il primo passo, quello più semplice, è stato quello di impostare le problematiche sulla progettazione del nuovo e, in questo senso LOD, LOI, LOG (descritti nel glossario al capitolo 1.7) sono stati delineati – seppur con accenti diversi da tutte le normative.

Quando però con il disegno parametrico digitale si rappresenta il rilievo di un edificio esistente sorgono ulteriori problematiche. Gli elementi costruttivi si possono arricchire di informazioni aggiuntive come, ad esempio, quelle relative allo stato di conservazione (degrado/dissesto), alla datazione storica dell'unità muraria, alla mappatura fotogrammetrica, etc.

Tuttavia il tema centrale della caratterizzazione dell'elemento costruttivo architettonico nella modellazione BIM del patrimonio esistente riguarda le proprietà intrinseche dell'oggetto che spesso non sono visibili e che ne completano di fatto la tipizzazione ontologica per diventare a tutti gli effetti un oggetto classificabile nelle famiglie BIM. Come anticipato nella prima parte della tesi, Carlo Bianchini ha suggerito l'inserimento di un *Level Of Reliability* (livello di affidabilità del dato)⁸⁸ ma anche Inzerillo, Lo Turco, Parrinello, Santagati, & Valenti individuano il tema dell'affidabilità del dato come cruciale: “[...] *modelli BIM georeferenziati, e realizzati nel rispetto di norme e convenzioni desunte dalla pratica professionale connesse al grado di affidabilità del modello. Proprio su questo tema si solleva un'ultima questione, in merito a una diversa accezione del termine misurabilità: se quella geometrica è senza dubbio risolta e più volte citata nei diversi documenti che definiscono compiutamente le diverse operazioni di rilevamento metrico, lo stesso non può dirsi per una misurabilità*

⁸⁸ Concetto introdotto con l'intervento del Prof. Carlo Bianchini, *Il modello BIM e l'antico* al convegno *BRAINSTORMING THE BIM MODEL* tenutosi venerdì 25 novembre 2016 presso il Politecnico di Milano.

di tipo ontologico, ovvero una valorizzazione quantitativa circa il grado di affidabilità di un rilievo. [...]”⁸⁹. Gli autori individuano quindi *misurabilità del tipo ontologico* come fattore necessità per la sua definizione virtuale. Gli strumenti che possono misurare il *tipo ontologico* sono sicuramente quelli descritti nella seconda parte della tesi, in particolar modo dal capitolo 2.3 che introduce il concetto di conoscenza profonda.

La caratterizzazione ontologica dell’elemento architettonico costruttivo risulta necessaria anche per tutte quelle procedure tecniche e amministrative che si serviranno del modello BIM per rappresentare il patrimonio esistente. Se pensiamo ad esempio al documento comunemente conosciuto con l’acronimo *EIR Employer’s Information Requirements* secondo la normativa inglese (ridefinito dalla norma UNI 11337:2017 con l’acronimo *CI Capitolato Informativo*) che raccoglie i requisiti informativi richiesti dal committente ci rendiamo conto quanto sia importante, nel caso di interventi sul costruito, specificare con che grado di affidabilità il tecnico potrà affermare la correttezza di una stratigrafia muraria o delle proprietà fisiche di un materiale. Sempre dal testo di Inzerillo, Lo Turco, Parrinello, Santagati, & Valenti riportiamo queste parole *“Il futuro della sperimentazione porterà, molto probabilmente, alla predisposizione di protocolli di intervento replicabili su larga scala, producendo fenomeni falsificabili (nell’accezione di Karl Popper) di conoscenza e valutando le possibilità di una mediazione critica tra i dettami della normativa italiana dei Lavori Pubblici e le specifiche di LoD (Livello di Dettaglio, inteso come grado di affidabilità del modello per la parte informativa) e Grade (GRAphic DEtail, controllo sui contenuti prettamente grafici) riconducendoli alle tematiche del rilievo architettonico, ragionando su possibili proposte atte a misurarne l’effettualità [Lo Turco, 2015].”*⁹⁰

⁸⁹ (Inzerillo, Lo Turco, Parrinello, Santagati, & Valenti, 2016) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16

⁹⁰ (Inzerillo, Lo Turco, Parrinello, Santagati, & Valenti, 2016) articolo della rivista DISEGNARECON n. 16

La norma UNI 11337:2017 definisce il grado di dettaglio del modello BIM in termini di informazioni grafiche e alfanumeriche. Il LOD (*Level Of Detail*) si suddivide in LOI e LOG che si riferiscono rispettivamente alla scheda informativa e all'oggetto 3D; a questi parametri è possibile associare un ulteriore indicatore denominato appunto LOR.

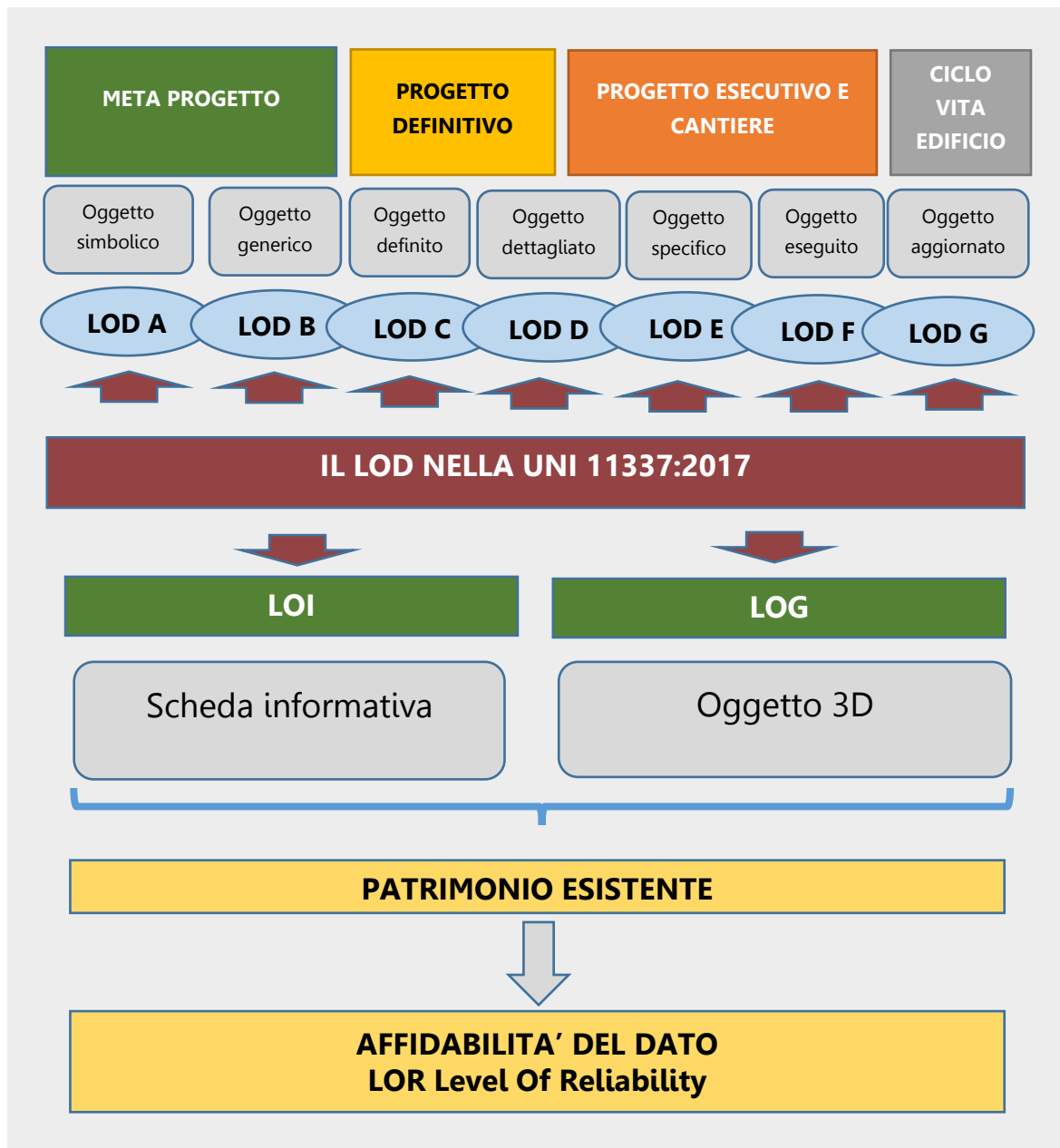


Figura 44 - LOD nella UNI 11337:2017 in relazione al LOR (*)

Il tema della conoscenza o meglio ancora del livello conoscitivo soprattutto per ragioni di calcolo strutturale è in realtà definito nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (NTC 2008, ora in via di aggiornamento nella versione NTC 2017 in corso di approvazione) che presentano tabelle (cfr. fig. 44) nelle quali da un certo LC (Livello di Conoscenza) si arriva a definire un valore per FD Fattore di Confidenza ai fini della verifica strutturale. È importante ricordare che l'acronimo LC viene utilizzato anche nella norma UNI 11337:2017 ma con una accezione totalmente diversa ovvero quella relativa alla gestione del dato (Livelli di Coordinamento).

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate		1.35
			Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		

Figura 45 - stralcio NTC 2008, Livelli di Conoscenza (NTC 2008).

Tenuto conto del contesto può quindi risultare utile definire dei livelli di affidabilità del dato in relazione all'oggetto analizzato, la tipologia di indagine e alla sua modalità di svolgimento. Il concetto di affidabilità del dato potrà essere applicato alle verifiche di corrispondenza geometria e a tutte quelle indagini atte a definire il tipo ontologico dell'elemento ma risulta difficile una sua applicazione diretta al dato immateriale a causa del suo alto grado di soggettività (anche se in qualche modo sarà possibile individuare alcune pratiche che possano fornire un certo grado di validazione in merito a documenti storici, interviste, esattezza dei dati demografici etc.). In questa sede si propone una associazione del LOR parametri LOI e LOG definiti dalla norma UNI 11337:2017. Si pongono inoltre le basi per una convenzione grafica in relazione al rapporto tra materiale/tecnica costruttiva e grado di affidabilità (cfr. fig. 46).

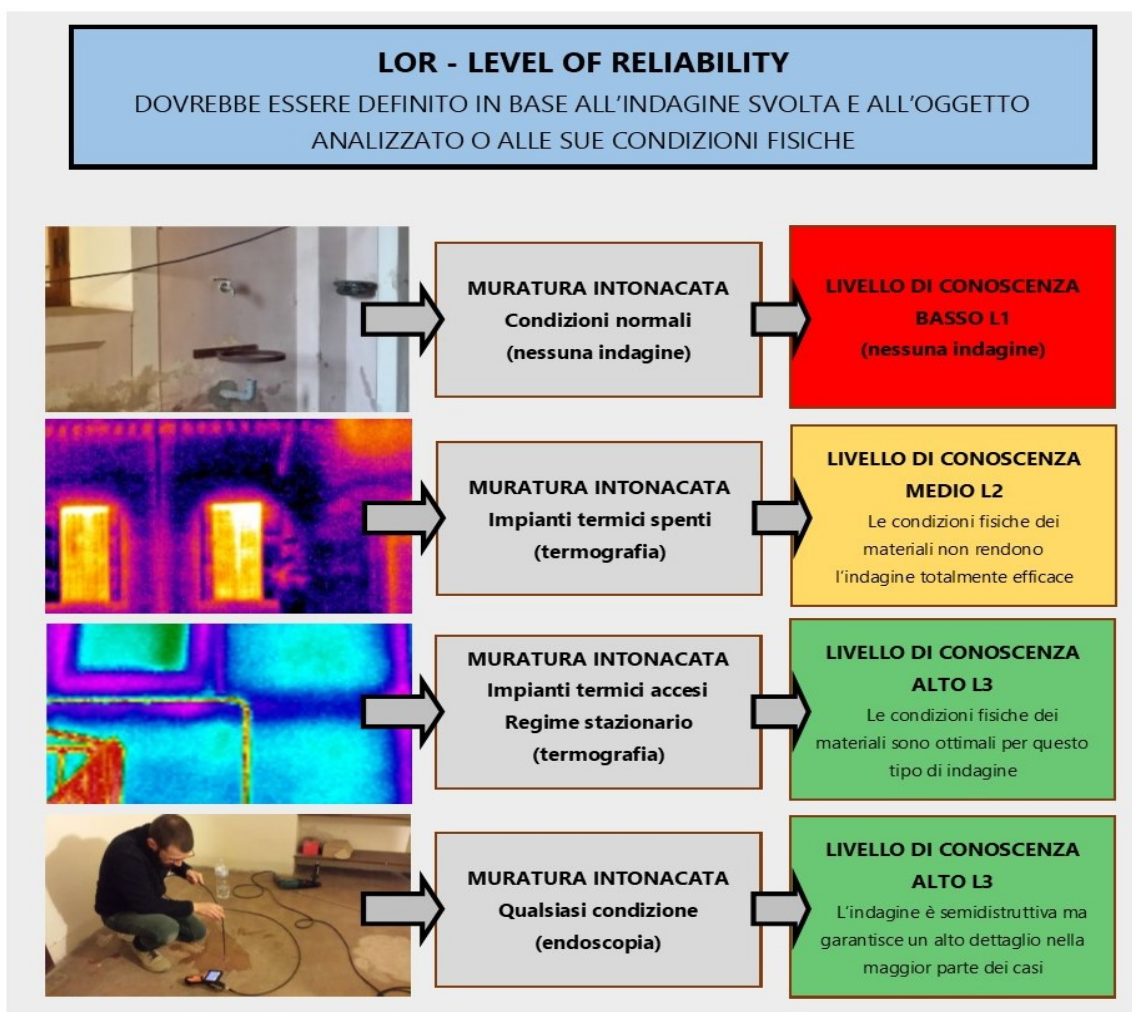


Figura 46 - Definizione del LOR (*)

3.3 Sperimentazioni: discontinuità e continuità

3.3.1 Anastilosi tramite l'integrazione del dato rilevato digitale

Uno dei casi studio più significativi affrontati durante il percorso di ricerca è rappresentato dal processo di anastilosi virtuale della chiesa di San Ludovico a Parma. Lo scopo è stato quello di ricostruire la conformazione architettonica degli interni che l'edificio aveva durante il XIX secolo a seguito del restauro e

della riapertura dello stesso voluta da Maria Luisa D'Austria. I problemi relativi alla ricostruzione storica di elementi architettonici e di paramenti decorativi sono emersi soprattutto in relazione all'eterogeneità delle fonti: rilievo as-built, fonti iconografiche, rilievo fotogrammetrico, fonti scritte, etc.

È stato eseguito, come prima cosa, un rilievo tramite laser scanner terrestre, che ha restituito un modello discreto della quasi totalità dell'edificio. Si è poi proceduto con la creazione di un modello a triangoli dalla nuvola di punti e successivamente si è svolta la correzione delle soluzioni discontinue che il modello a triangoli -proveniente da quello di punti- ha presentato (cfr. fig. 47). Va precisato che il modello nuvola di punti è stato decimato in modalità differenziata, cercando cioè di mantenere il massimo numero di punti nelle superfici curve e, al contempo, il numero minimo di punti in quelle piane. Il completamento del modello nelle zone d'ombra del laser scanner è poi proseguito con l'integrazione intuitiva tramite modellazione solida (cfr. fig. 48).

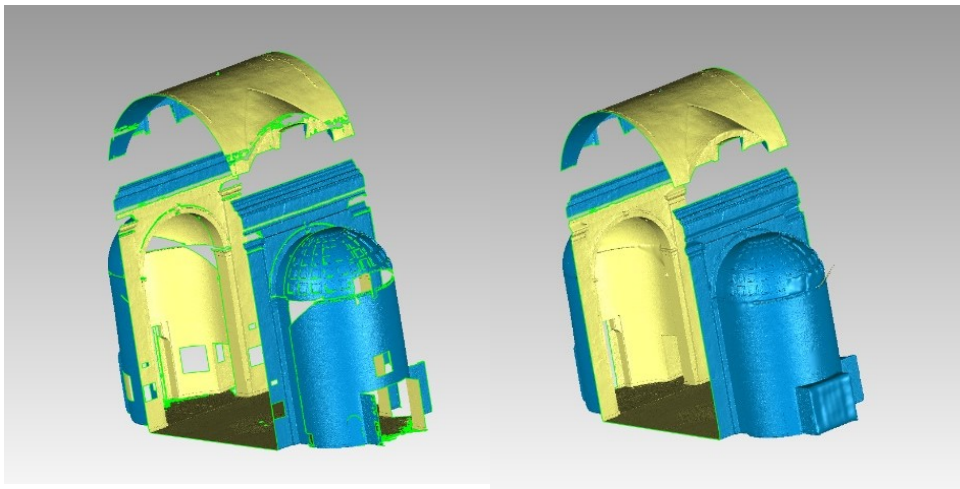


Figura 47 - Riparazione superfici mesh

Una volta concluso il completamento dello stato di fatto sono state applicate le modifiche relative alla ricostruzione storica dell'edificio. Si è proceduto con la modellazione dell'abside originaria completata con arredo ligneo, altare e corredo pittorico secondo fonti iconografiche. Sempre secondo fonti di questa

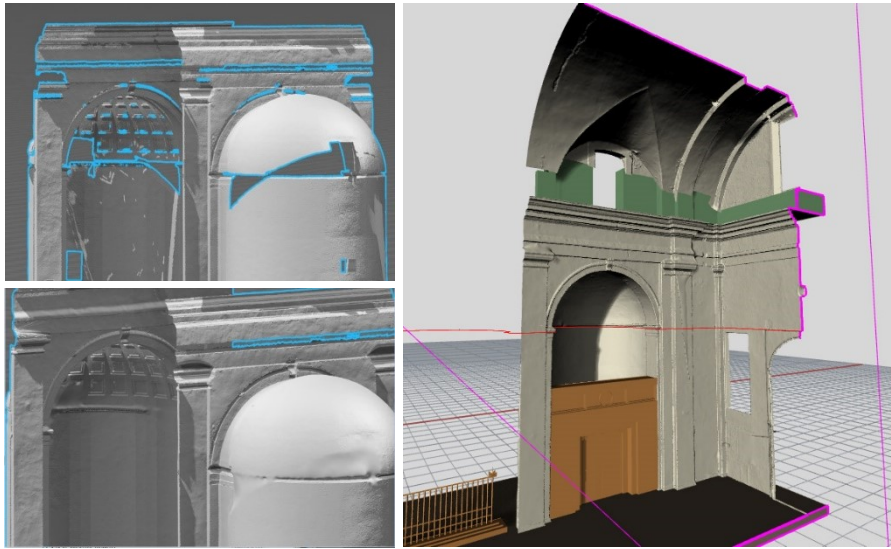


Figura 48 - Integrazione tramite modellazione solida

natura sono state poi modellati i tamponamenti e gli altari delle cappelle laterali. Le fonti storiografiche invece, oltre a descrivere la conformazione dell'abside, hanno contribuito a ipotizzare gli attributi formali della tribuna ducale. I caratteri rappresentati infatti traggono origine dall'osservazione di realizzazioni di tribune coeve tutt'ora esistenti. Inoltre è stato realizzato una sorta di "spostamento virtuale" del monumento funebre del conte Adamo Neipperg oggi risiedente nella basilica di Santa Maria della Steccata tramite rilievo fotogrammetrico; il modello derivante dalle elaborazioni fotogrammetriche è stato poi posizionato nella posizione originaria all'interno della chiesa. Il modello finale è quindi un insieme di soluzioni formali provenienti da fonti diverse e che presentato un diverso grado di soggettività della ricostruzione. Un ulteriore tecnica di ricostruzione del dato geometrico è stata costituita dal processo di trasformazione automatico dei bassorilievi tramite realizzazione di superfici per toni di grigio (cfr. fig. 50). Per questa fase di rilievo automatico dei bassorilievi da base raster è risultato fondamentale trovare i valori più adeguati per la calibrazione delle dimensioni del reticolo di acquisizione e per l'altezza della parte in positivo del bassorilievo. In fase di renderizzazione finale è stato poi possibile applicare la textures di origine all'elemento tridimensionale.



- MODELLAZIONE SOLIDA
fonte iconografica
- MODELLAZIONE SOLIDA
fonte storica scritta
- MODELLAZIONE SOLIDA
fonte storica scritta e confronto con elementi simili
- MODELLAZIONE PER POLIGONI
di completamento al modello proveniente da nuvola
- MODELLAZIONE PER POLIGONI
rilievo laser scanner
- MODELLAZIONE FOTOGRAMMETRICA
rilievo monumento esistente

Figura 49 - Anastilosi chiesa di San Ludovico a Parma

Da questa esperienza possiamo trarre ulteriori aspetti relativi alla determinazione della nuova identità del disegno menzionata nella prima parte della tesi. Il modello, in questo caso “solo grafico” tende ad essere infografico nella sua funzione di medium didattico, nel comunicare cioè al lettore il risultato di una ricerca storica investe grafica. Un altro aspetto del disegno contemporaneo riguarda la virtualità digitale di ciò che non c’è più, tema di per sé assolutamente non inedito che oggi però sta acquistando una nuova valenza qualitativa con l’utilizzo di mezzi e metodologie sempre più sofisticati e

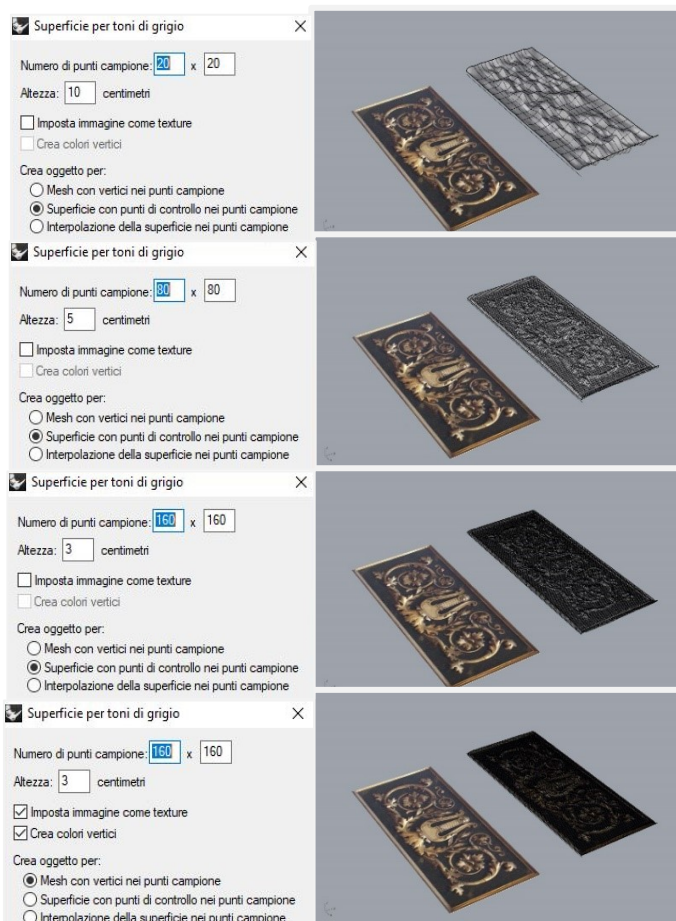


Figura 50 - Estrapolazione diretta del solido da immagine raster

soprattutto sta conoscendo nuove modalità di fruizione da parte del pubblico. Il modello appena descritto è infatti stato inserito in un programma di visione artificiale immersivi dedicato ai visitatori della mostra “*Nel Tempio della Duchessa tra reale e virtuale, Maria Luigia San Ludovico e gli Artisti Parmensi*”, inaugurata il 15 ottobre 2016. Le procedure di elaborazione grafica sperimentate con questa esperienza hanno permesso inoltre una ricerca sui metodi di integrazione di entità geometriche digitali differenti. Questo approccio di ibrido al modello risulta fondamentale nella rappresentazione architettonica del patrimonio edilizio esistente.



Figura 51 - Confronto tra anastilosi e documento iconografico

3.3.2 Ricostruzione approssimata delle superfici per il calcolo strutturale

Sempre nel campo della sperimentazione con entità geometriche discrete risultano di notevole importanza quelle relative alla integrazione di modelli incompleti (a causa di mancanza del dato) per finalità di calcolo strutturale. L'oggetto di studio per il quale si sono svolte tali ricerche è costituito dalla sala Verdi nell'ex Convento del Carmine sede del Conservatorio Boito. Il problema a valle delle attività di rilevamento tramite laser scanner e trasformazione della nuvola di punti in modello a triangoli, è stato quello di integrare le soluzioni discontinue dell'edificio rilevato esattamente come illustrato nel precedente capitolo. La differenza in questo caso risiede nelle modalità di esecuzione e nel

fine della procedura. La necessità infatti era quella di avere un modello più completo e continuo possibile per poter effettuare calcoli di tipo strutturale. Le carenze più consistenti del modello si sono presentate nella copertura voltata che, lungo i lati maggiori della sala presenta elementi di discontinuità in corrispondenza delle unghie posizionate attorno al perimetro. Si è proceduto quindi con l'individuazione di elementi simili che costituissero da matrice per effettuare il completamento. Di seguito sono state saldate le superfici delle copie della matrice con la il modello principale cercando di raccordare il più possibile le "lacerazioni" con strumenti di ricostruzione della superficie tramite opportuna curvatura della stessa. Il risultato è quindi un modello semi-approssimativo, il cui grado di attinenza alla realtà è comunque sufficiente per le operazioni di simulazione e verifica strutturale tramite softwares dedicati.

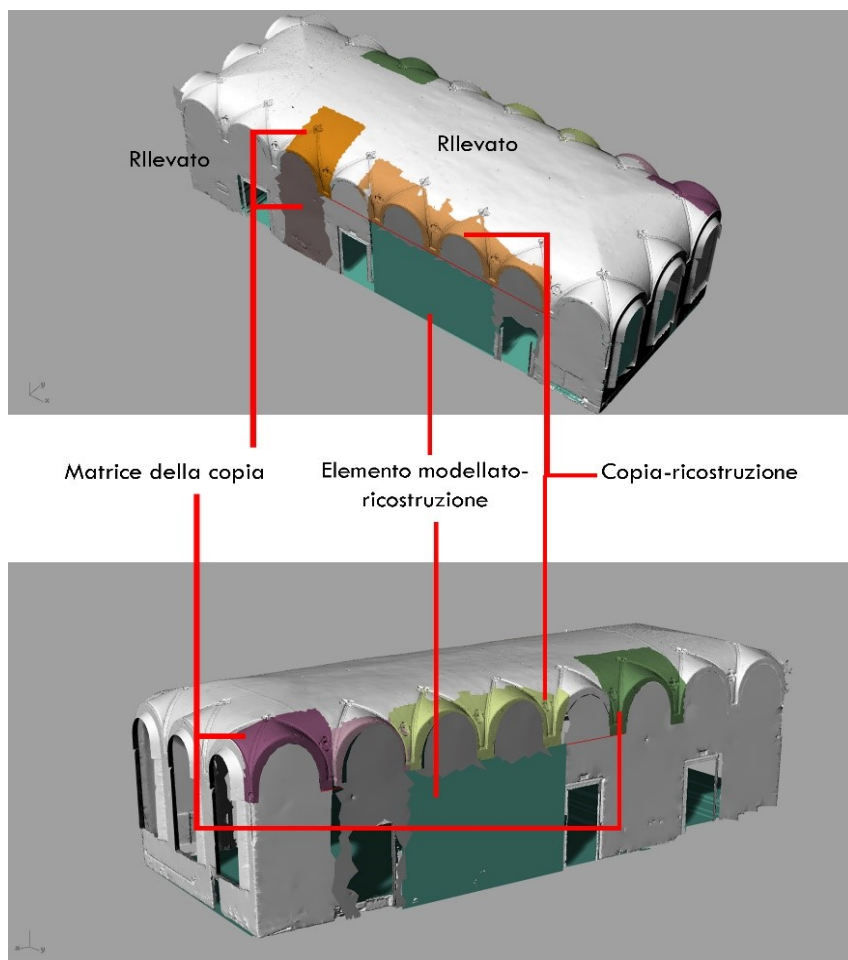


Figura 52 - Ricostruzione volta della Sala Verdi al conservatorio Boito di Parma

3.4 La restituzione del modello infografico e la sua caratterizzazione (la “M” del BIM)

3.4.1 Processi di parametrizzazione delle forme architettoniche, introduzione al tema

Il problema della modellazione in ambito parametrico è di fondamentale importanza soprattutto per rappresentare il patrimonio esistente. Vi sono sostanzialmente due problemi fondamentali: la modellazione in senso stretto, ovvero il problema di riprodurre le forme geometriche complesse non standardizzate e quello relativo alla conoscenza dell'effettiva conformazione strutturale dell'elemento. Mentre quest'ultimo problema è stato sostanzialmente affrontato nella parte precedente, il problema della modellazione di forme complesse verrà affrontato qui di seguito. Si tratta in primo luogo di capire quali siano i metodi più redditizi in termini di qualità del dettaglio e tempo impiegato anche in relazione allo scopo per il quale si sta effettuando la campagna di rilievo e la sua rappresentazione. Mentre la modellazione digitale di prima generazione costituisce concettualmente (e anche di fatto) una trasposizione del modello fisico (di balsa, legno o qualsiasi altro materiale) come il CAD bidimensionale ha fatto per il tecnigrafo, nella modellazione parametrica abbiamo il primato dell'elemento costruttivo vero e proprio. Il modello infografico parametrico è una riproduzione della realtà sia dal punto di vista dell'identità del singolo elemento (in termini di proprietà materiche, fisiche, costruttive, etc.) sia dal punto di vista del comportamento globale di un edificio o del cantiere per costruirlo. Come osservano Di Luggo e Scandurra: *“Il problema centrale è pertanto quello di ricondurre la complessità ad un sistema, non più di segni, ma di elementi ontologicamente conclusi, la cui definizione è funzione degli obiettivi conoscitivi. La modellazione per oggetti si basa infatti su un diverso modo di affrontare il progetto di architettura e lo studio dell'esistente, predisponendo*

modelli multidimensionali condivisibili con altre professionalità, anche sulla base dell'interoperabilità tra softwares."⁹¹

Lo scopo è quindi quello di utilizzare le informazioni provenienti da modelli discreti, ovvero, modelli di nuvole di punti, prodotti da rilievi strumentali digitali come il laser scanner terrestre o la fotogrammetria. Non esistono procedimenti diretti che possano trasformare direttamente una nuvola di punti in un modello parametrico e, nonostante la velocità con la quale le tecnologie informatiche e si evolvono, risulta comunque difficile pensare che questo livello di intelligenza sia raggiungibile dai softwares in tempi brevi a causa soprattutto della complessità nel riconoscere un elemento architettonico complesso con il solo rilevamento della forma e, in ogni caso, anche se questo livello di identificazione sarà raggiunto in modo automatico tali procedure dovranno sempre essere integrate da informazioni aggiuntive che il solo rilevamento geometrico digitale non può fornire. Risulta necessario quindi ricorrere sempre ad una fase intermedia di restituzione del dato a carico dell'autore del disegno può quindi presentare un diverso grado di soggettività. In questo senso possiamo affermare che nonostante le metodologie informatiche abbiano stravolto gli aspetti quantitativi del disegno, quello relativo alla restituzione intesa come interpretazione rimane una peculiarità del rilievo architettonico. La rappresentazione dell'edificio tramite la simulazione totale dei suoi elementi costruttivi costituisce di fatto un processo di mimesi a tutto campo dei fenomeni dell'architettura che, in alcuni passaggi, necessita altresì di una semplificazione/sintesi del dato, aspetto quest'ultimo, di consistente soggettività dell'autore che dovrà optare le scelte più opportune in relazione al fine della procedura. Risultano ancora una volta interessanti le parole di Di Luggo e Scandurra: *“Ben sappiamo che per la conoscenza del reale è necessario un processo di semplificazione, in quanto solo riconducendo la complessità del reale ad uno schema logico è possibile conoscere e rappresentare. Pertanto è necessario trovare il giusto equilibrio tra la rappresentazione mimetica del reale e la sua semplificazione. La mimesi e la*

⁹¹ *La traduzione dal modello discreto al modello parametrico per la conoscenza del patrimonio architettonico nei sistemi HBIM* (Di Luggo & Scandurra, 2016) articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 11.1-11.8)

ricchezza descrittiva infatti non sempre garantiscono la trascrizione dei significati del reale, ma, in quanto pedissequa imitazione, ne producono una copia, replicandone le apparenze e generando informazioni non distinguibili per piani conoscitivi. Va invece perseguito l'obiettivo di una rappresentazione intelligente (nell'etimologia stessa della parola, intus legere) capace di leggere la struttura formale dell'architettura, le sue part e il sistema logico che le correla, consentendo implicitamente all'architettura di prendere coscienza di sé, dandosi un contenuto tramite il quale è possibile la sua rappresentazione."⁹²

Il modo più intuitivo per restituire rimane ora quello di utilizzare la nuvola come una sorta di velina tridimensionale sulla quale "ricalcare il modello" esattamente come da una immagine raster si ricalcano piante, sezioni e prospetti dell'edificio tramite l'utilizzo del CAD bidimensionale. Con i softwares parametrici possiamo importare le nuvole di punti in modo parziale o totale, con un certo grado di densità dei punti e possiamo inoltre regolarne le modalità di visibilità (cfr. fig. 53 e fig.54).

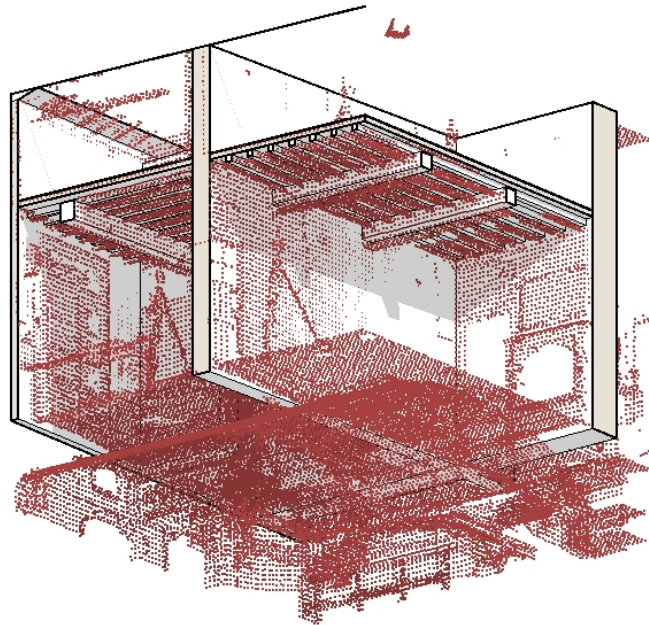


Figura 53 - Ricostruzione modello BIM di villa Micheli Mariotti tramite l'utilizzo di nuvola di punti, particolare (*)

⁹² *La traduzione dal modello discreto al modello parametrico per la conoscenza del patrimonio architettonico nei sistemi HBIM* (Di Luggo & Scandurra, 2016) articolo della rivista *DISEGNARECON*, 9(16), (Le dimensioni del B.I.M., 2016, p. 11.1-11.8)

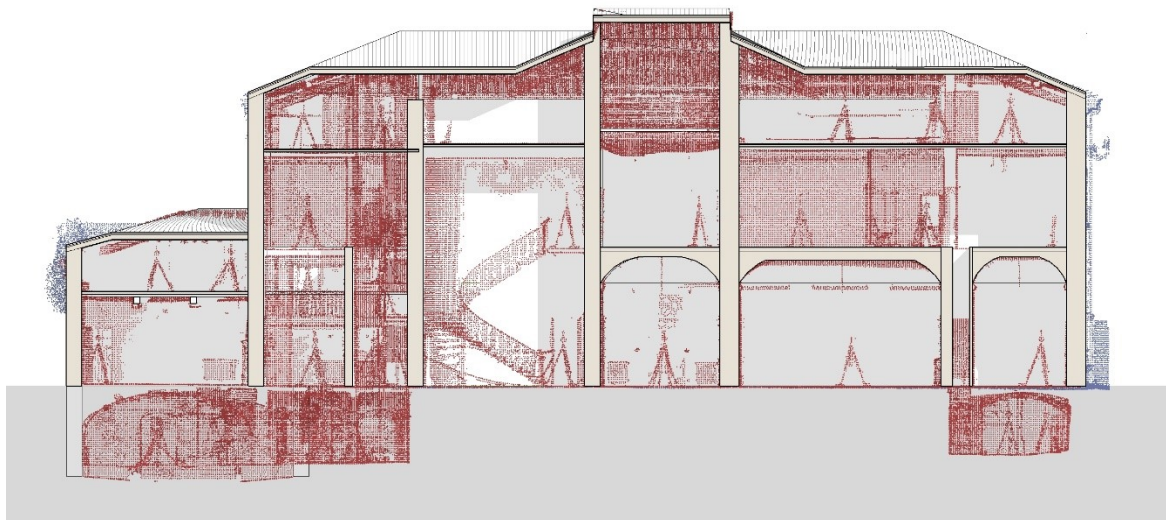


Figura 54 - Ricostruzione modello BIM di villa Micheli Mariotti tramite l'utilizzo di nuvola di punti (*)

Tuttavia nel percorso di tesi sono stati sperimentati metodi semi-automatici per restituire in modo speditivo alcune parti dell'edificio. Tali metodi sono combinazioni di passaggi atti a trasformare le entità geometriche digitali di differente natura e saranno affrontati nei seguenti sottocapitoli. Sempre in queste parti della tesi saranno affrontate le questioni inerenti alla caratterizzazione dell'elemento architettonico.

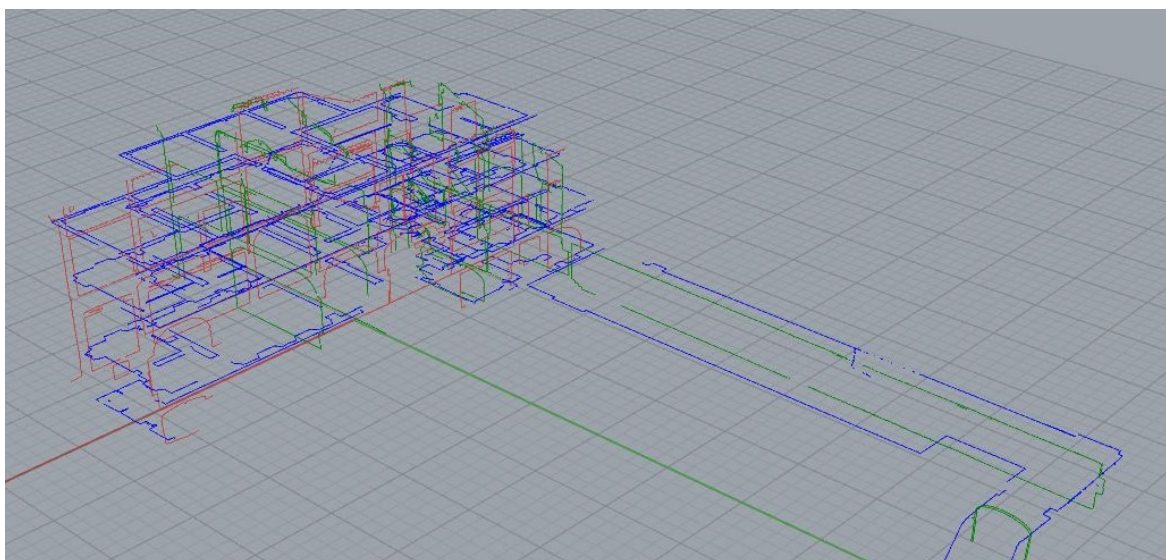


Figura 55 - estrapolazione sezioni da modello mesh (*)

In ultima istanza, prima di proseguire con gli aspetti pratici, va ricordato che in ambito BIM, il concetto di parametro detiene una doppia valenza operativa. Infatti i parametri possono essere utilizzati, da un lato, per gestire la forma architettonica tramite il loro settaggio numerico (sia in serie -in relazione ad una famiglia- che per l'oggetto singolo), dall'altro, abbiamo il parametro inteso come una proprietà che va a caratterizzare l'oggetto singolo sotto vari aspetti e l'insieme di queste proprietà costituisce un corpus di dati che possono essere elaborati e che possono rendere possibile altri tipi di analisi sul comportamento dell'elemento costruttivo o dell'edificio.

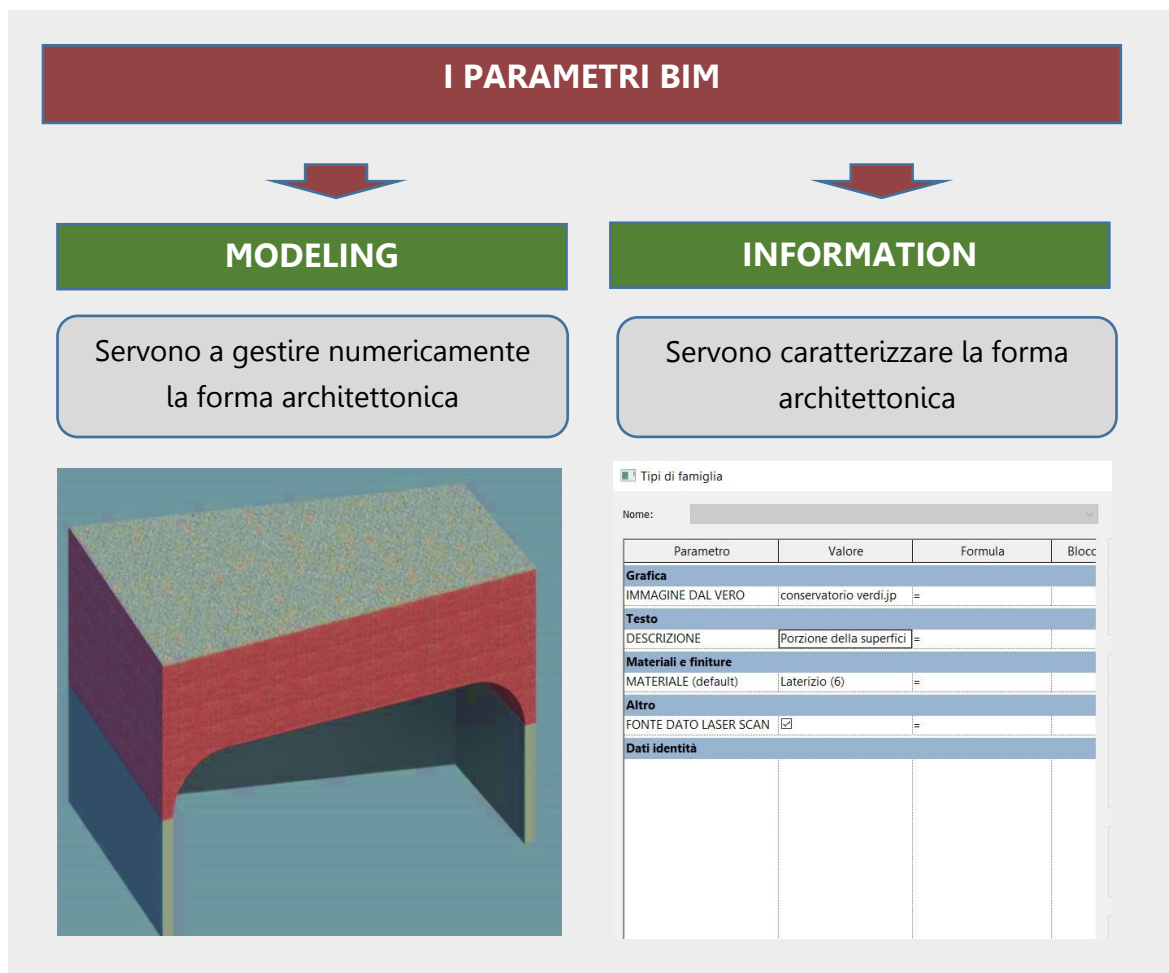


Figura 56 - Utilizzo dei parametri (*)

3.4.2 La trasformazione del modello discreto

La necessità di trovare un punto di incontro tra la modellazione standardizzata e quella libera, come già menzionato, è un tema fondamentale nella restituzione parametrica del dato rilevato. In questo sottocapitolo saranno illustrati due metodi di trasformazione del modello discreto in modello parametrico che presentano peculiarità differenti e possono risultare utili in differenti situazioni.

Alcune sperimentazioni sono state condotte sul caso studio della sala Verdi nell'ex Convento del Carmine sede del Conservatorio Boito. Sono stati sperimentati nel corso della ricerca alcuni procedimenti di trasformazione semi-diretta del dato discreto in dato parametrico. Anche in questo caso partendo da una nuvola di punti si è passati ad una superficie a triangoli opportunamente semplificata e corretta. La superficie a triangoli, tramite l'utilizzo del comando "patch" del software Rhinoceros, è stata convertita in superficie aperta continua che, a sua volta, tramite

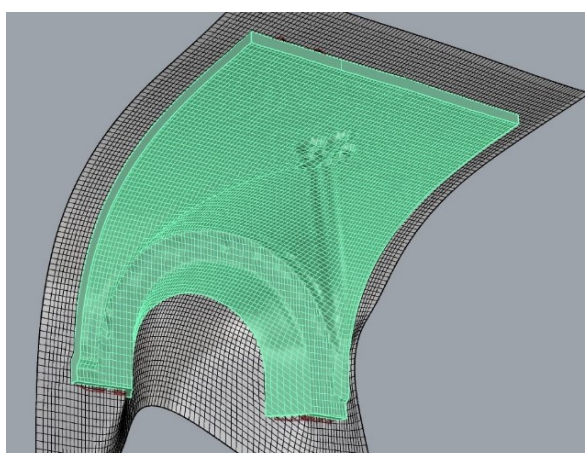
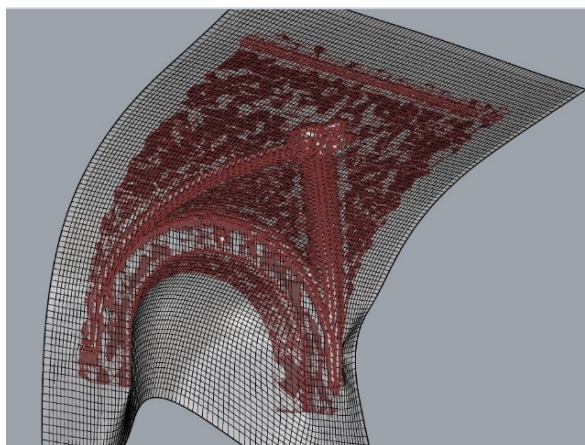
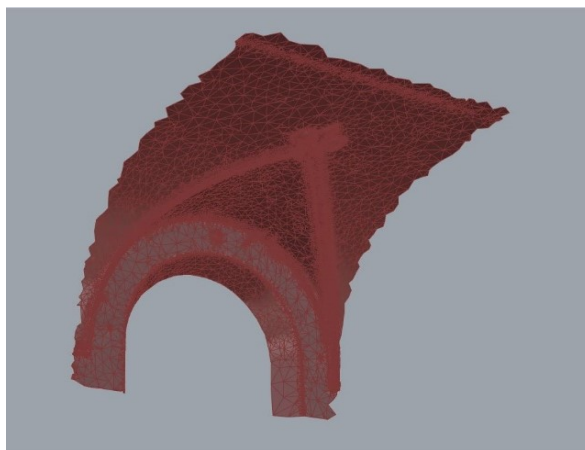


Figura 57 - trasformazione diretta del modello discreto (*)

estrusione ha generato l'elemento solido. La definizione dell'elemento geometrico finale può essere regolata base alle necessità dell'operatore restringendo la dimensione delle "suddivisioni" della griglia con la quale il software riproduce la superficie sulle basi delle informazioni provenienti dal modello discreto (cfr. fig. 58). Questo elemento importato nel software Revit come entità generica è stato poi caratterizzato con i parametri relativi ai tipi famiglia che possono essere di varia natura, dalle proprietà materiche a quelle relative alla caratterizzazione identificativa dell'oggetto a i fini della sua corretta classificazione (cfr. fig. 59). Il risultato di questa operazione non è riconosciuto come un elemento costruttivo a tutti gli effetti dal

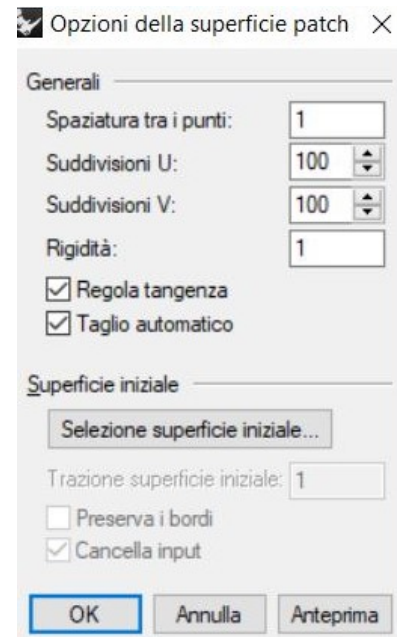
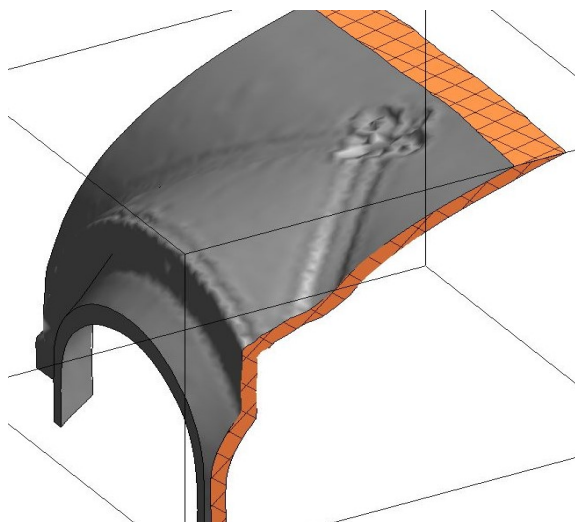


Figura 58 - settaggio superficie patch (*)

software. Rimani infatti classificato nei modelli generici e non rimane di fatto un elemento statico difficilmente modificabile soprattutto nei nella realizzazione del modello, ad esso, ad esempio, non possono essere applicati parametri di modellazione geometrica. Tuttavia ad esso possono essere associate una quantità considerevole di dati e consente una gestione grafica accettabile lasciando la possibilità all'operatore di definire il materiale e gli stili di visualizzazione. Non



Tipi di famiglia

Nome: []

Parametro	Valore	Formula	Blocc
Grafica			
IMMAGINE DAL VERO	conservatorio verdijp	=	
Testo			
DESCRIZIONE	Porzione della superfici	=	
Materiali e finiture			
MATERIALE (default)	Laterizio (6)	=	
Altro			
FONTE DATO LASER SCAN	<input checked="" type="checkbox"/>	=	
Dati identità			

Figura 59 - caratterizzazione dell'elemento trasformato (*)

è possibile, per il momento definire una stratigrafia dell'elemento importato, per questo motivo l'utilizzo di questi oggetti prevede l'ibridazione con il resto degli elementi realizzabili tramite funzionalità previste dal software. I benefici di questo metodo sono la velocità con la quale sono realizzabili questi elementi e la loro gestione grafica che, sebbene sia limitata, si integra comunque con il resto degli oggetti rappresentati.

Un altro approccio è quello di considerare l'elemento importato come una massa concettuale sulla quale applicare l'elemento murario o di copertura tramite la lettura di una superficie del solido importato. Questo metodo

ha il vantaggio di ottenere elementi perfettamente modellati e totalmente compatibili con gli altri e per i quali è possibile definire stratigrafia e altre proprietà a seconda che siano stati realizzati, appunto con l'elemento "muro" o l'elemento "tetto". Le problematiche di questo metodo sono legate alla sua realizzazione che risulta più difficoltosa e richiede una maggiore quantità di tempo. L'aspetto problematico di questo metodo consiste nel fatto che le

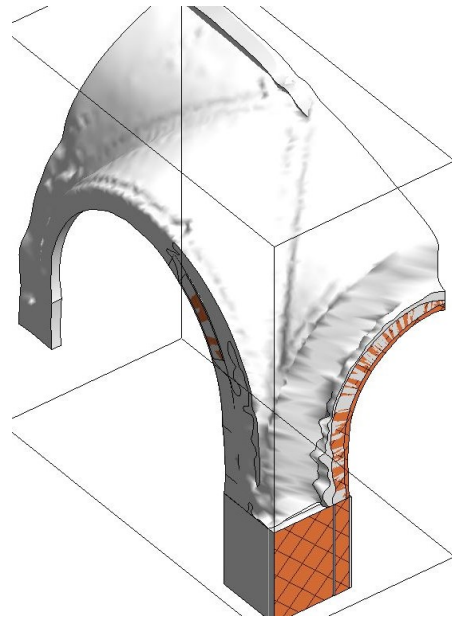


Figura 61 - oggetto discreto importato come modello generico in Revit (*)

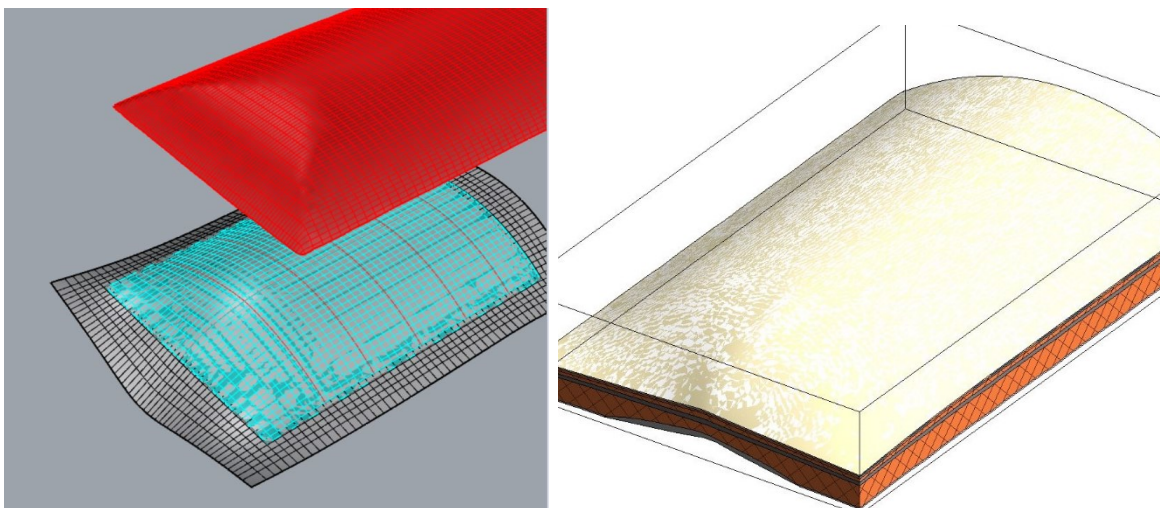


Figura 60 - ricostruzione parametrica del soffitto voltato per estrusione (*)

superfici a triangoli, anche se trasformate in solidi continui, presentano spesso una irregolarità tale da non rendere possibile da parte del software parametrico il riconoscimento di una superficie valida per la realizzazione dell'elemento architettonico. È quindi necessario un procedimento di normalizzazione delle superfici che non sempre è possibile, ad esempio negli elementi molto decorati o non normalizzati che presentano superfici molto scabrose (cfr. fig. 61). Il procedimento quindi non è lineare e l'intervento dell'operatore che dovrà individuare le curve fondamentali che definiscono la geometria, estrarle dalla superficie grezza, normalizzarle e ricreare la superficie con comandi che generino superfici per curve, risulterà fondamentale. Arrivati a questo punto si otterrà una superficie e/o solido che potrà essere riconosciuta dal software BIM come massa concettuale valida per la realizzazione di una forma complessa tramite i comandi base del software (cfr. fig. 61). Questo metodo risulta particolarmente conveniente quando il processo di normalizzazione della forma geometrica è intuitivo e semplice o nel caso in cui comunque ci sia la necessità di avere una forma complessa che possa integrarsi senza alcun problema con le altre in modo da garantire, ad esempio, il corretto calcolo delle volumetrie dei vani o di effettuare simulazioni del comportamento energetico o statico dell'edificio.

3.4.3 L'estrapolazione delle griglie bidimensionali per la modellazione delle forme complesse

Nei sottocapitoli precedenti abbiamo affrontato come modellare al di fuori del BIM con softwares molto versatili come Rhinoceros, specializzati sulla gestione *free-form* delle entità geometriche, tali metodi sono ideali per una modellazione speditiva di elementi architettonici che non necessitano di modifiche o aggiustamenti come ad esempio le volte di copertura. In questa sede affronteremo invece la modellazione effettuata direttamente in ambientazione BIM di una finestra dalla forma complessa. In questo caso risulta molto conveniente realizzare l'elemento interamente tramite software BIM. Un elemento come la finestra infatti deve versatile e facilmente modificabile e inoltre

deve funzionare attivamente nei calcoli delle forature dei paramenti murari (ad esempio per le verifiche normative – *rule set*-) e nelle fasi analitiche di tipo energetico dell'edificio.

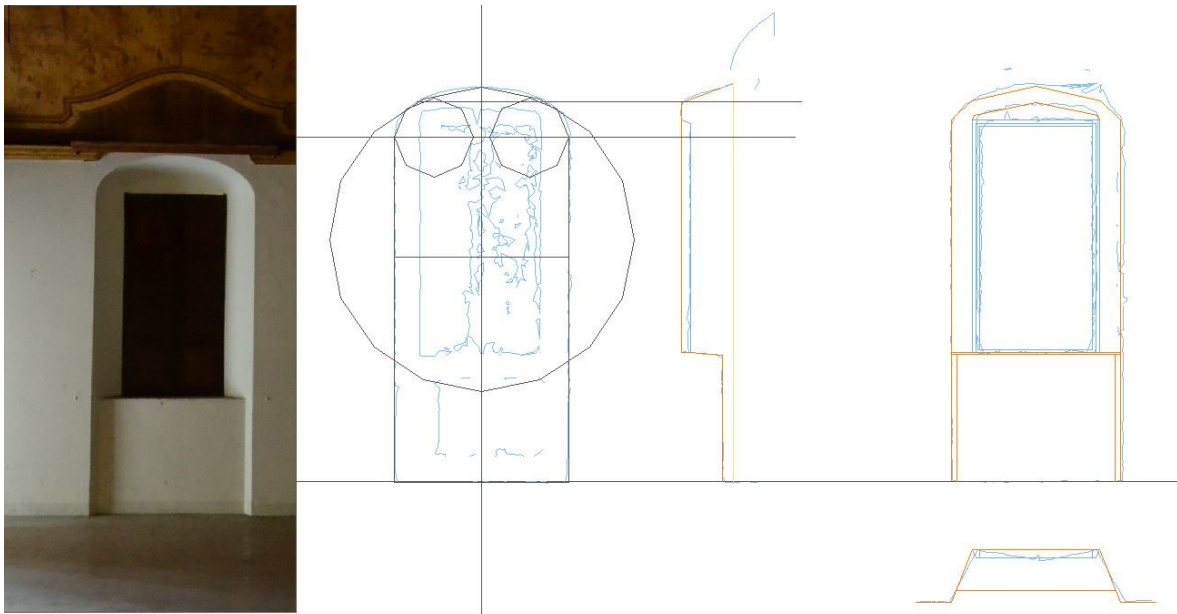


Figura 62 - estrazione delle curve principali che descrivono la forma della finestra (*)

Nella realizzazione delle famiglie con il software Revit non è possibile inserire nuvole di punti o porzioni di esse, risulterebbe inoltre ridondante per i processi di modellazione, di conseguenza, come per le volte menzionate nel sottocapitolo precedente si opta per una estrapolazione di griglie di curve proveniente dal modello mesh. Il metodo di estrapolazione grafica tramite sezioni multiple proiettate illustrato nel sottocapitolo 2.5.1 oltre ad essere utilizzato per il rilievo delle patologie superficiali è ovviamente uno strumento fondamentale per la modellazione degli elementi complessi. Anche in questo caso l'operatore si troverà a dover determinare il corretto andamento delle curve principali normalizzato sulla proiezione multipla di diverse sezioni che descrivono "l'andamento" delle superfici complanari per ottenere una media comparata del profilo che fungerà da curva guida principale per la realizzazione del modello solido. L'estrazione di curve normalizzate rende quindi possibile un controllo dettagliato delle forme sui tre piani dello spazio. La forma solida ottenuta è

un'entità geometrica parametrica per la quale potremo ad esempio mantenere definite alcune parti dell'elemento costruttivo (come la lunetta superiore in fig. 63) e altri variabili come ad esempio la dimensione della superficie finestrata.

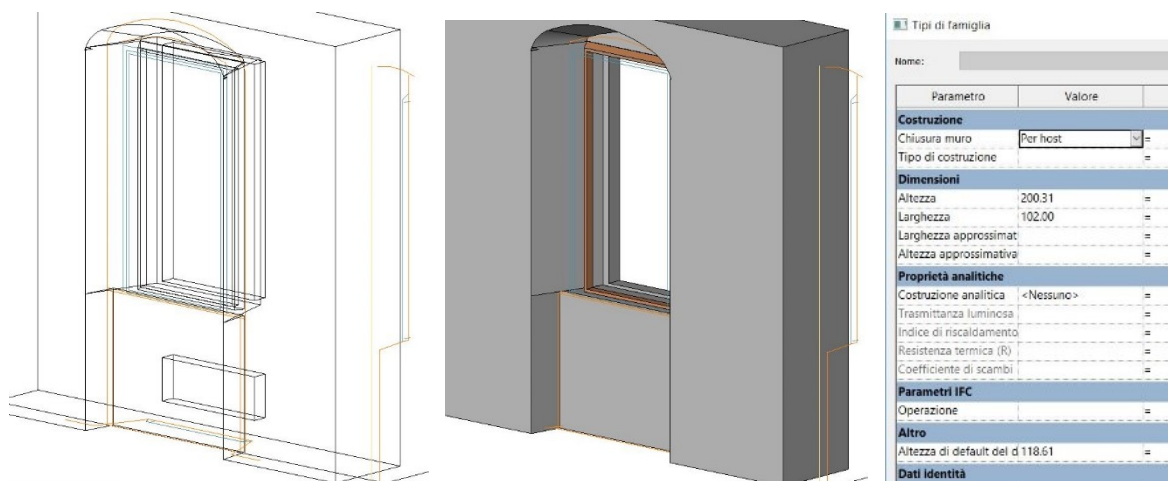


Figura 63 - modellazione completa della finestra (*)

3.4.4 Modellazione delle forme complesse dell'architettura tramite l'uso dei parametri dimensionali

Come anticipato alla fine di questo capitolo introduttivo 3.4.1, i parametri possono essere utilizzati anche per gestire la geometria tramite la definizione di alcuni valori numerici. Questo aspetto risulta di fondamentale importanza per la modellazione dell'architettura esistente (HBIM); infatti, nell'affrontare la difficoltà della standardizzazione degli elementi architettonici l'uso dei parametri dimensionali per mette di trovare una soluzione ibrida che, seppure caratterizzata da una tipologia formale (e quindi in un certo senso standardizzata), mantiene variabili distanziamenti, luci, interassi, vincoli stabiliti dall'operatore in fase di modellazione della famiglia. In sostanza si possono ottenere elementi architettonici adattivi, che presentano cioè una forma

standardizzata ma che tramite l'opportuno posizionamento dei vincoli o definizione dei valori dimensionali possono adattarsi a varie situazioni. Questa impostazione del modello permette un notevole guadagno di tempo sia in fase di realizzazione che di eventuale revisione.

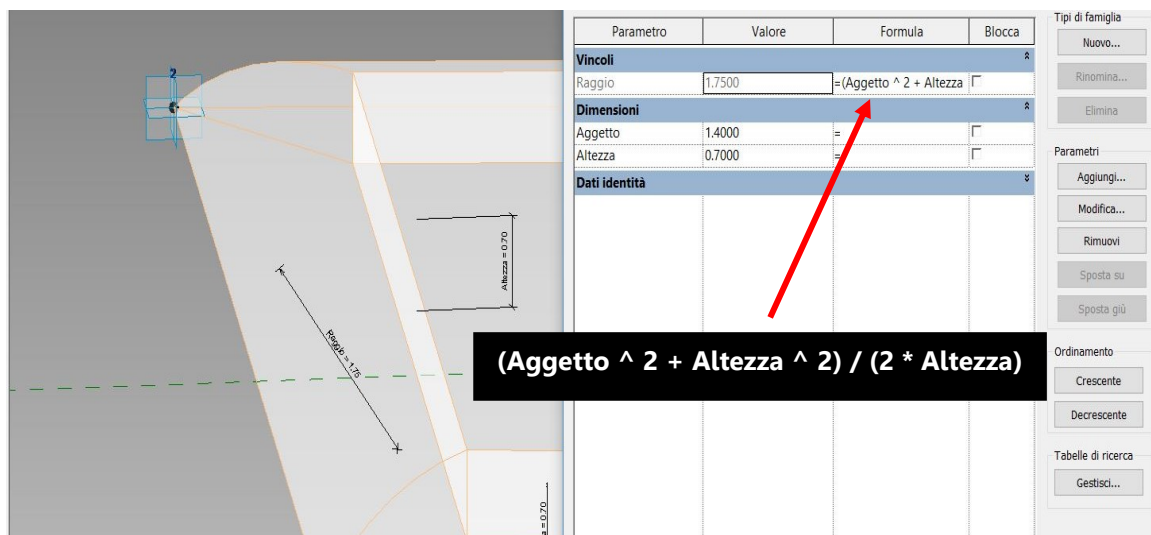


Figura 64 - Modellazione del volume vuoto dell'intradosso della volta (*)

Un ambito di applicazione per il quale questo metodo risulta utile è quello dei solai voltati. Quando le volte non presentano un particolare grado di complessità geometrica o elementi decorativi importanti, l'impostazione di volte parametriche adattive costituisce la scelta più versatile. Si tratta infatti di realizzare dei volumi vuoti che definiscono lo spazio voltato e che si andranno a sottrarre ad uno strato di solaio opportunamente dimensionato per poter accogliere il vuoto modellato. Prima di tutto viene definita una base sulla quale si costruirà successivamente il solido che costituirà il livello di imposta della costruzione delle volte. La base tramite può cambiare forma tramite l'utilizzo dei suoi vertici che sono trasformati in vincoli adattabili a qualsiasi tipo di vano che abbia un numero di lati uguale alla base del solido in costruzione. Si procede poi con la costruzione della volta in base alla sua caratterizzazione morfologica e si associano alle dimensioni fondamentali e caratterizzanti dei parametri numerici che possono essere cambiati in serie per (per tutti gli elementi della stessa famiglia) o singolarmente (parametro istanza). Nel caso della volta a schifo sono

tati parametrizzati altezza e oggetto dell'a superficie curva perimetrale e sono successivamente stati vincolati reciprocamente con una formula matematica per garantirne il comportamento adattivo (cfr. fig 65). Una volta creata la famiglia essa viene inserita in un solaio del progetto alla quota dell'estradosso e per differenza viene modellato lo spazio voltato. Il pregio di questo metodo è l'estrema adattabilità dell'oggetto che risulta fondamentale negli edifici storici e ovvia alla mancanza di questi ultimi di elementi standardizzati, tuttavia la gestione grafica risulta più complessa in quanto gli strati del solaio ospitante vanno opportunamente studiati e in alcuni casi modificati localmente con le annotazioni per poter ottenere la visualizzazione corretta della stratigrafia richiesta. Gli elementi adattivi, essendo interattivi nella visualizzazione di progetto, sono facilmente adattabili alla restituzione tramite nuvola di punti (cfr.fig 66).

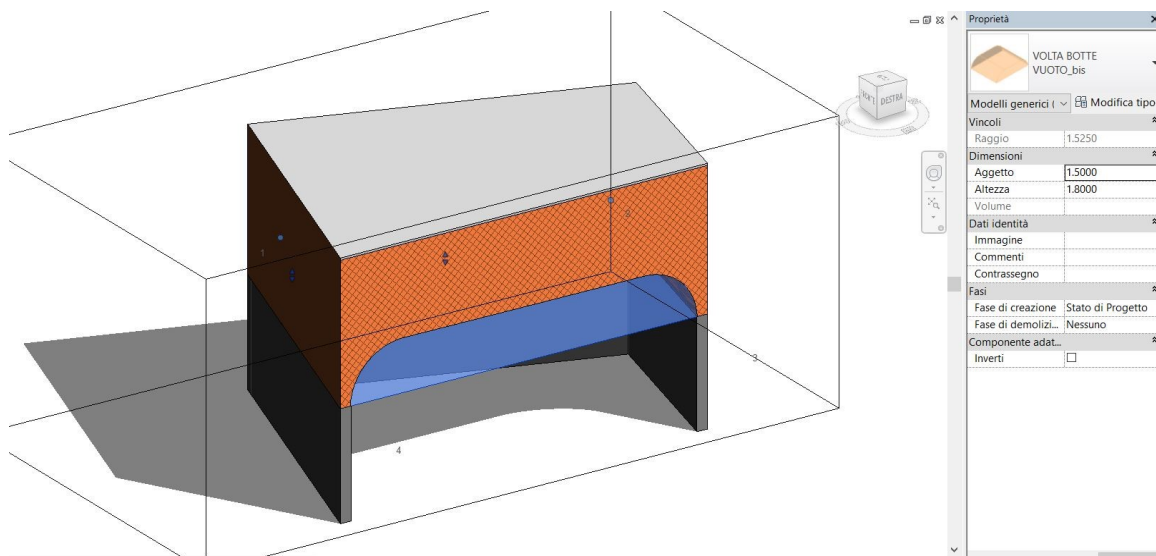


Figura 65 - Inserimento del volume vuoto della volta (*)

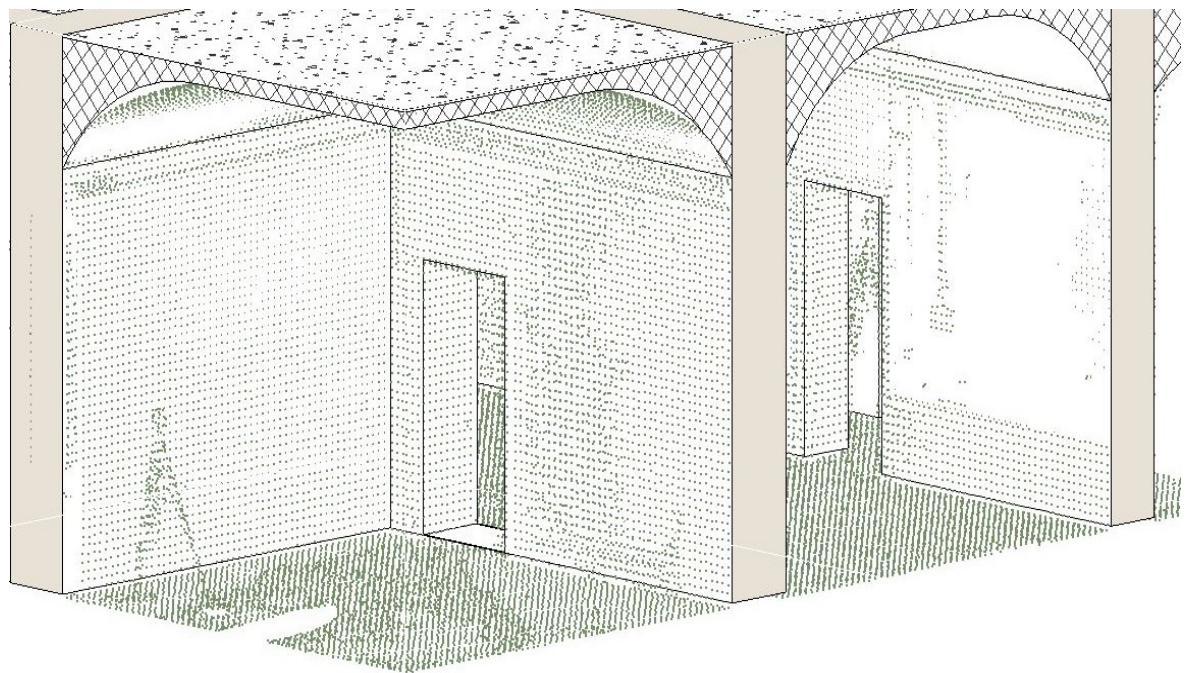
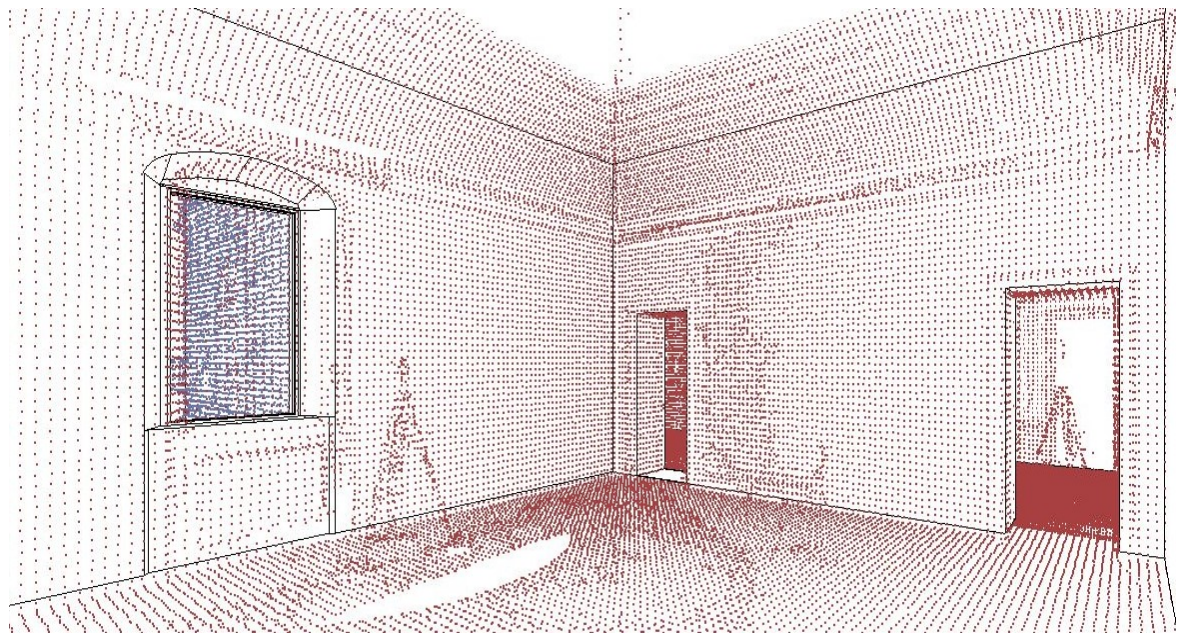


Figura 66 (in alto e in basso) - modellazione tramite l'uso di strumenti parametrici che si adattano alla nuvola di punti (*)

3.4.5 Riepilogo dei metodi di restituzione geometrica del modello infografico

Nei capitoli precedenti abbiamo potuto constatare come le procedure di rilievo strumentale-digitale presentino una grande efficienza in termini di accuratezza e completezza del dato rilevato, tuttavia importanti problematiche sorgono in fase di restituzione; le soluzioni precedentemente illustrate e sintetizzate nella fig. 67 sono: modellazione ibrida, modellazione per superfici, modellazione per curve e modellazione parametrica.

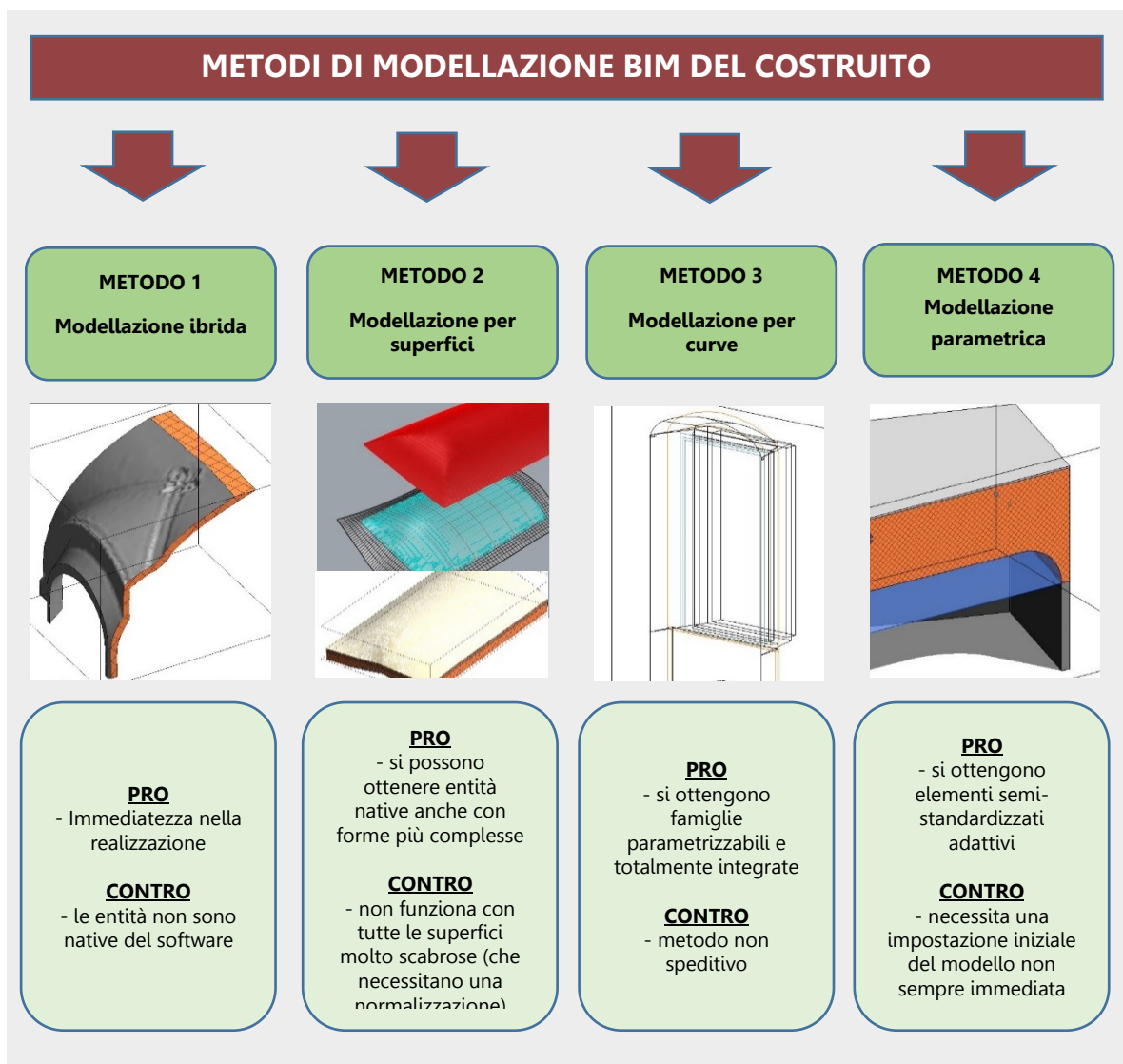


Figura 67 - Metodi di trasformazione del modello discreto in modello parametrico (*)

3.4.6 Restituzione del dato strutturale e impiantistico

Un altro aspetto importante per la modellazione BIM è legato alla restituzione degli elementi strutturali nascosti. In questi casi la termografia edile può risultare molto utile, in particolar modo quando le condizioni climatiche permettono di realizzare dei termogrammi nitidi ad alto contrasto. Nelle figure 68 e 69 i termogrammi sono stati raddrizzati con tecniche fotogrammetriche e portati in bianco e nero mantenendo il più alto grado di contrasto possibile. Nella figura 68, si sono potuti individuare gli elementi orditi del laterocemento e gli impianti mentre nella figura 69 sono emersi archi celati nella muratura piena.

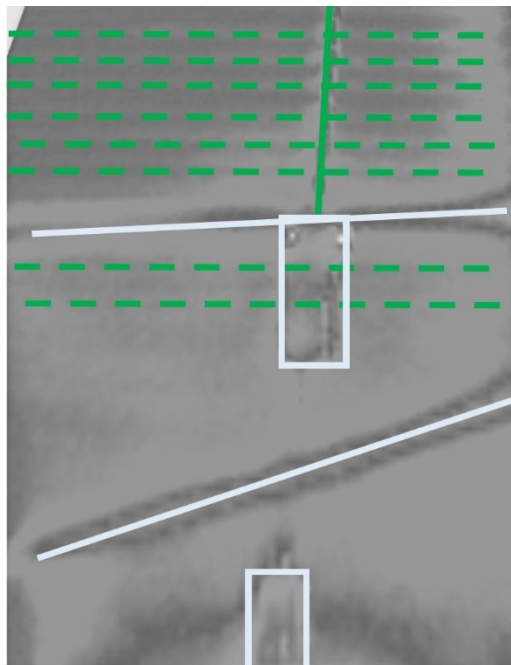


Figura 69 - Termografia fotoraddrizzata di un solaio dell'edificio comunale di Busana (RE) (*)

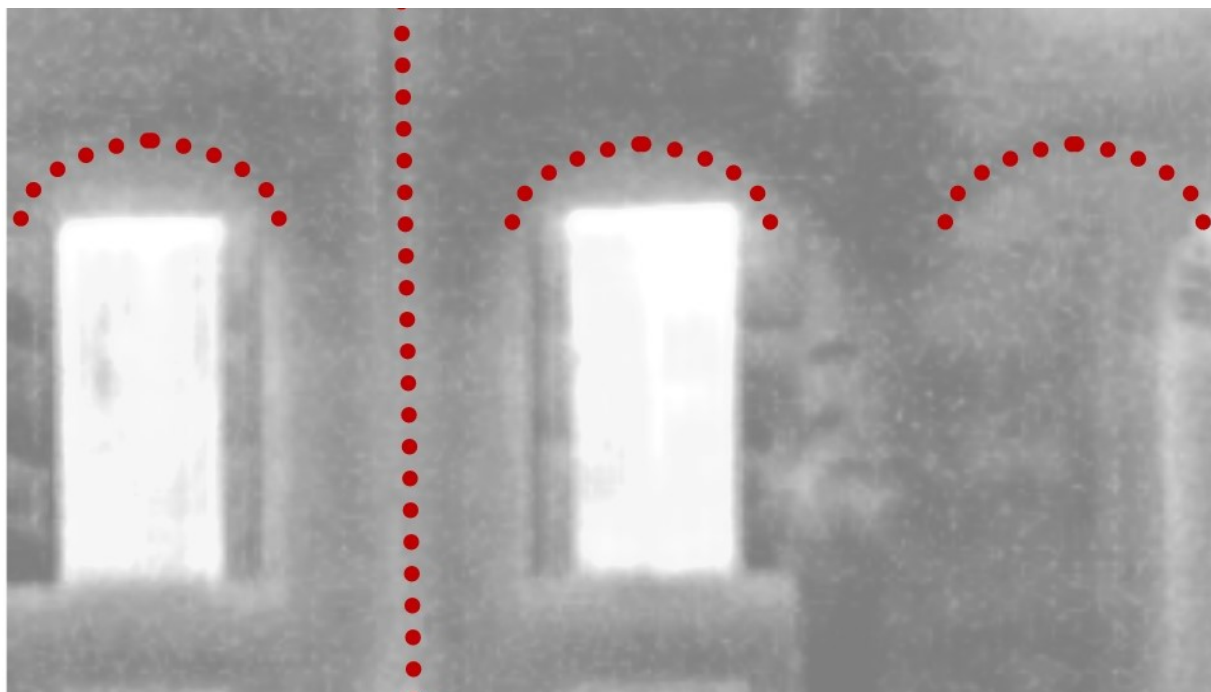


Figura 68 -Termografia fotoraddrizzata della muratura di Villa Mariotti - Micheli, Montechiarugolo (PR), (*)

3.5 Analisi ed elaborazione del dato, verso un sistema informativo (la “I” del BIM)

Una volta risolti i problemi legati alla modellazione geometrica si affronta quello dei dati informativi del modello. Per dati informativi si intendono tutti quei dati prevalentemente non grafici (in alcuni casi possi si hanno anche grafici integrativi come le stratigrafie murarie) che possono essere associati ad un elemento geometrico modellato o ad un insieme di elementi modellati. Come anticipato, i sistemi BIM non sono solo dei “contenitori di informazioni” bensì possono fungere da elaboratori di dati e che possono essere selezionati ad esempio da filtri settati per gli abachi. La “I” del BIM costituisce quindi una vasta gamma di possibilità di gestione e fruizione del dato che non si esaurisce solo con la funzione principale ovvero quella della caratterizzazione dell’oggetto, del vano o dell’intero edificio. Gli elaborati che si possono quindi ottenere sono abachi, fogli di calcolo e grafici; spesso i dati possono essere elaborati da applicazioni esterne o plug-in dedicati.

L’idea a monte del percorso di ricerca è quella di raccogliere e organizzare questi dati in schede digitali collegate fra loro tramite un ipertesto nella forma di una piattaforma web. In sostanza lo scopo è quello di utilizzare il lavoro svolto dal modello di informazioni per creare un sistema informativo. Lo scopo di questo sistema informativo è quello di caratterizzare il patrimonio edilizio esistente mettendo in risalto tutte le informazioni che possono servire alla ricerca ma soprattutto agli aspetti operativi del recupero edilizio e della sua manutenzione. È stato quindi pensato un sistema denominato con l’acronimo AVAUPE⁹³ che sarà approfondito nella parte successiva della tesi, il portale e alla sua struttura mirano però a costituire prima di tutto un tutto un principio metodologico che possa essere esteso alle varie casistiche sul territorio. L’insieme di queste analisi,

⁹³ AVAUPE, *Analisi per la Valorizzazione Architettonica e Urbana del Patrimonio Edilizio*

se opportunamente condotte, potrebbe costituire una importante fonte di dati per i processi analitici su scala urbanistica.

Il metodo AVAUPE vuole prima di tutto essere uno strumento di conoscenza. L'importanza dell'aspetto conoscitivo come primo e imprescindibile passo delle fasi operativa rimane un aspetto fondamentale e tipico del modo di fare architettura in Italia; "conoscere per fare" è un concetto che detiene un importante valore per la costruzione dei nuovi edifici ma in misura ancora maggiore per l'intervento sul patrimonio esistente. Purtroppo nella pratica, a causa dei tempi sempre più compressi e all'aumento dei passaggi burocratici, queste considerazioni vengono spesso eseguite in modo superficiale e speditivo, questo fenomeno è dovuto anche a comprensibili esigenze economiche dovute alla crisi del mercato edilizio. Proprio per queste ragioni impostare un sistema di analisi preventivamente che possa selezionare e sintetizzare le informazioni più salienti al di fuori degli iter burocratici specifici può risultare uno strumento di grande utilità. Questo portale si serve di strumenti analitici che descrivono lo stato dell'edificio e che possono comparare diverse soluzioni di intervento.

Prima di affrontare però i problemi di interfaccia e fruizione da parte degli utenti approfondiremo, nei prossimi capitoli, gli aspetti procedurali legati a questi strumenti che costituiscono la base del sistema informativo AVAUPE. La piattaforma però non riceverà dati esclusivamente da questa fase analitica ma anche dai dati diretti non elaborati raccolti con la campagna di rilievo architettonico e quella diagnostica.

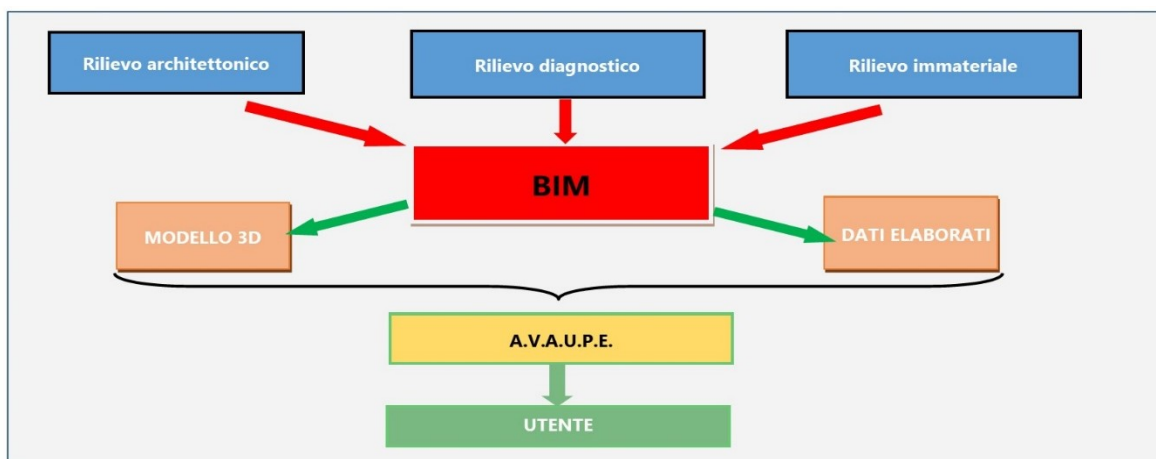


Figura 70 - schema AVAUPE (*)

3.6 Strumenti analitici in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo

3.6.1 Dentro all'edificio

Gli aspetti intrinseci del rilievo sono oggetto di studio da sempre. Con la nuova attenzione verso il patrimonio storico e con lo sviluppo delle tecnologie digitali gli aspetti della conoscenza profonda acquistano una rilevanza sostanziale nella restituzione nei procedimenti analitici dell'edificio. In *Saper leggere l'architettura*⁹⁴ si parla del disegno come “*modello grafico di comprensione*”, come “*vero e proprio mezzo critico*” esso, secondo gli autori, seleziona le informazioni relative all'oggetto indagato e ne determina la specificità del tipo di analisi che si vuole effettuare. Questa frammentazione o scomposizione degli aspetti costitutivi e caratterizzanti dell'edificio deve però essere considerata anche nel suo insieme secondo una “*teoria dei modelli*” che li metta sempre in costante relazione “[...] *In linea teorica non dovrebbe potersi accettare un'analisi volta ad esaminare uno solo di questi aspetti, o che tendesse ad una netta separazione tra i vari aspetti. Tuttavia sul piano della pratica, è ammissibile operare analisi distinte, purché se ne sia consapevoli e si proceda ad una ricomposizione finale dei risultati. Si può pertanto dire che l'analisi grafica di un'opera architettonica è esaustiva quando siano condotte le seguenti analisi:*

- *Analisi funzionale*
- *Analisi della struttura portante;*
- *Analisi degli elementi costitutivi o analisi formale;*
- *Analisi spaziale*
- *Analisi del rapporto tra opera e contesto*

[...] *Infatti, il risultato finale della lettura sarà più proficuo se, oltre alle singole analisi, si esamineranno anche le relazioni che si stabiliscono tra di esse.*”

⁹⁴ (Docci & Chiavoni, *Saper leggere l'architettura*, 2017)

Indagare sugli aspetti costruttivi e compositivi dell'edificio significa tentare di ricostruire la storia di esso. La definizione di un modello interpretativo della sedimentazione storica dell'organismo edilizio e delle sue caratteristiche costruttive che possa mettere in relazione in modo critico questi due aspetti e sintetizzarli costituisce una solida base per un intervento di alta qualità. I principi alla base degli strumenti parametrici illustrati di seguito sono basati su studi già sperimentati nell'ambito della ricerca e della professione tuttavia, in questa sede, si vuole proporre un'applicazione di tali metodi in ambiente BIM.

3.6.2 Analisi stratigrafiche

Un importante strumento analitico è quello relativo alla gestione infografica dei dati relativi alle stratigrafie. Per il caso studio di Villa Mariotti-Micheli a Montechiarugolo in provincia di Parma il modello BIM dell'edificio è stato caratterizzato dal punto di vista delle stratigrafie grazie all'impiego di indagini endoscopiche che hanno potuto



Figura 71 - fotogramma endoscopico

avvalorare la validità dei disegni (cfr. fig. 74). Nelle figure di seguito si fa riferimento al rilevamento dei solai restituiti nel modello BIM. La posizione delle endoscopie nei solai e nei paramenti murari è stata pianificata preventivamente anche in base allo studio delle piante. Per quanto riguarda i solai le endoscopie hanno riguardato tutte quelle parti non ispezionabili direttamente, i solai i piani controsoffittati con incanniccato e i solai voltati. L'interazione tra osservazione diretta, rilievo geometrico, ispezione diretta ed endoscopie hanno permesso di associare a tutti i pacchetti stratigrafici un alto valore di attendibilità (LOR).

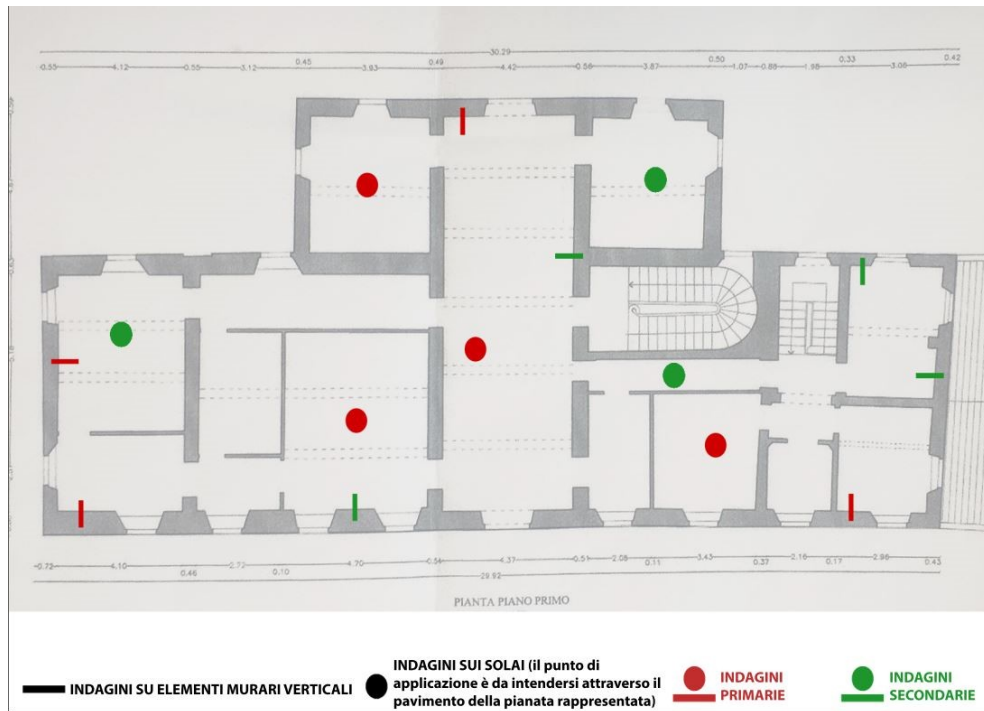


Figura 73 - pianificazione campagna endoscopica (*)

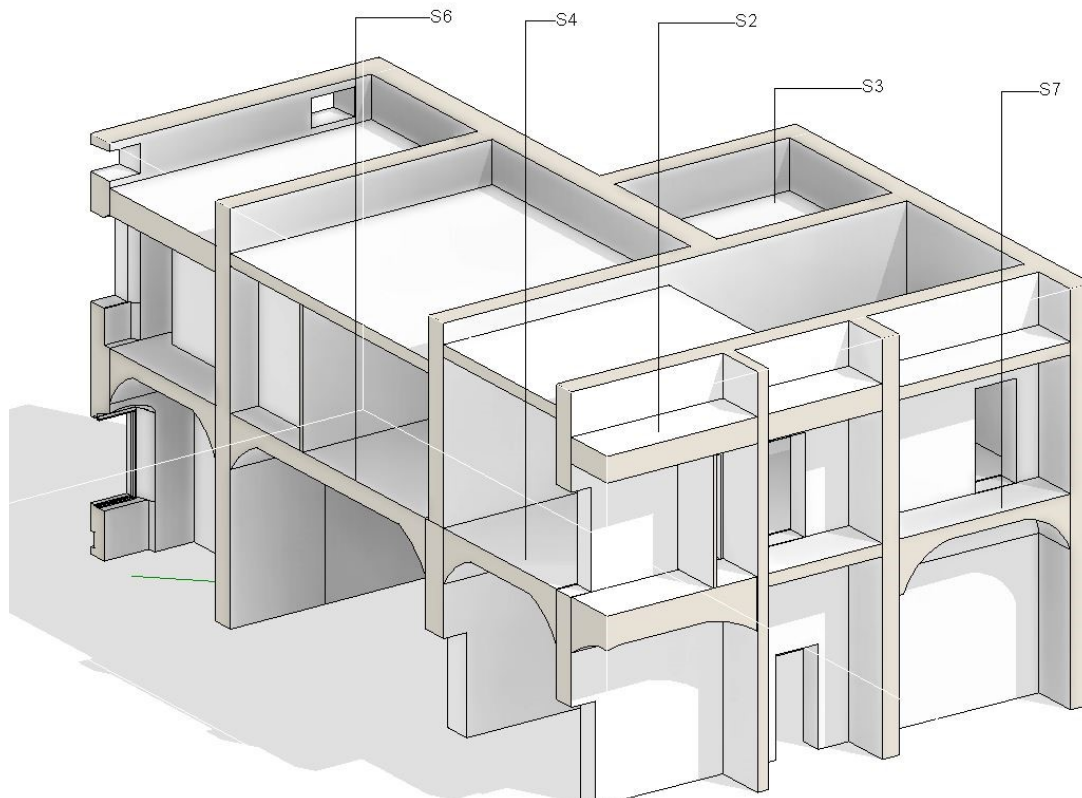


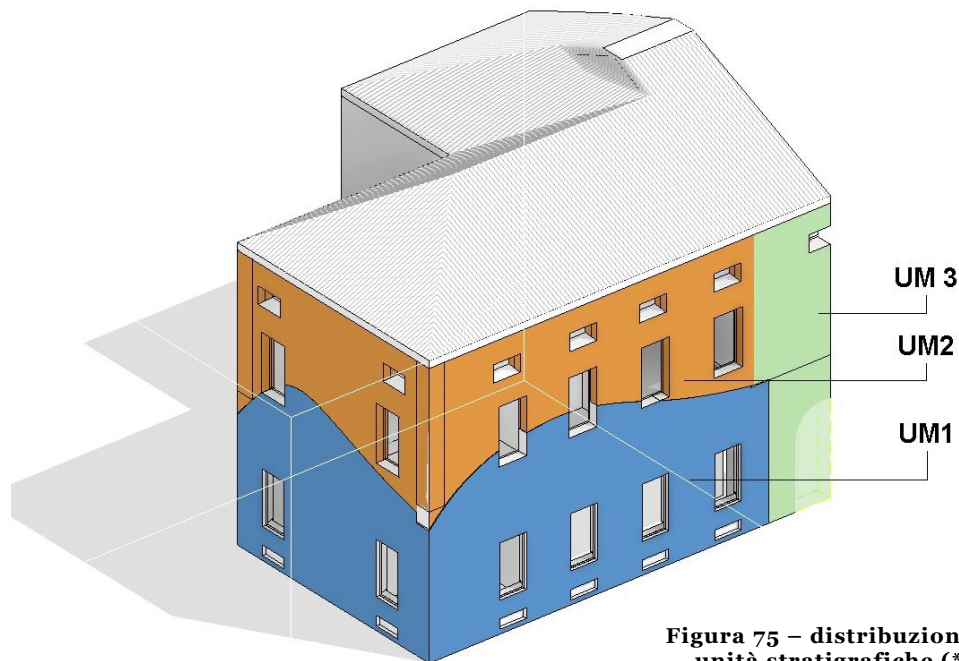
Figura 72 – spaccato villa Micheli-Mariotti (*)

Abaco dei pavimenti									
Tipo	Area	Immagine tipo	Descrizione	Famiglia e tipo	Coefficiente di scambio termico (U)	Massa termica	Materiale strutturale	Resistenza termica (R)	LOR
MM_solaio piano primo - S4	56.40 m ²		<ol style="list-style-type: none"> pavimentazione in graniglia sp. 5cm strato di riempimento sp. 6cm doppio strato in laterizio (mattoni pieni) sp. 3+3cm strato di finitura con spessore non definito sp. VAR. 	Pavimento: MM_solaio piano primo - S4	19.2000 W/(m ² ·K)	7.80 kJ/K	Laterizio (2)	0.0521 (m ² ·K)/W	3
MM_solaio primo piano - S6	56.85 m ²		<ol style="list-style-type: none"> pavimentazione in cotto (piastrella) sp. 3cm malta incoerente o sabbia sp. 6cm mattone pieno sp. 4cm strato incoerente sp. 1,5cm ?????????? ?????????? intercapedine di aria sp. 28 cm ?????????? ?????????? 	Pavimento: MM_solaio primo piano - S6	19.2000 W/(m ² ·K)	7.80 kJ/K	Laterizio (2)	0.0521 (m ² ·K)/W	3
MM_solaio piano primo - S7	16.91 m ²		<ol style="list-style-type: none"> pavimentazione in cotto (piastrella) sp. 5cm strato di riempimento sp. 15cm mattone pieno sp. 3cm malta incoerente o sabbia sp. 1cm mattone pieno sp. 3cm 	Pavimento: MM_solaio piano primo - S7	19.2000 W/(m ² ·K)	7.80 kJ/K	Laterizio (2)	0.0521 (m ² ·K)/W	3
MM_SOLAIO_sottotetto S3	16.91 m ²		<ol style="list-style-type: none"> pavimentazione in cotto (piastrella) sp. 3cm malta incoerente o sabbia sp. 2cm mattone pieno sp. 3cm travetto in legno sp. 13cm incannuccia sp. 1,5 cm 	Pavimento: MM_SOLAIO_sottotetto S3	19.2000 W/(m ² ·K)	7.80 kJ/K	Laterizio (2)	0.0521 (m ² ·K)/W	3

Figura 74 - abaco delle stratigrafie dei pavimenti di Villa Mariotti-Micheli (*)

3.6.3 Analisi delle unità stratigrafiche murarie e la loro rappresentazione nel BIM

Stefano Musso in *Recupero e restauro degli edifici storici* definisce l'unità stratigrafica come “[...] l'”elemento base” dell'analisi stratigrafica: sono quelle parti dell'oggetto di studio che possono essere considerate unitarie dal punto di vista della stratigrafia, essendo prive al loro interno di soluzioni di continuità. Le unità sono dette “stratigrafiche” in quanto derivanti da un processo di stratificazione, di successiva aggiunta, o sottrazione, di ogni “unità” alle altre. [...]”.⁹⁵ Queste cosiddette U.S. sono poi suddivise da Alessandra Alagna⁹⁶ in unità stratigrafiche positive “[...] generate da un'unica azione intenzionale costruttiva che on lasci dubbi sulla propria creazione unitaria [...]” e da unità stratigrafiche negative che rappresentano soluzione di continuità dove si è verificata “sottrazione di materia” (l'autore associa poi a queste principali le U.S. di rivestimento, quelle nascoste e quelle scomparse o virtuali).



**Figura 75 – distribuzione
unità stratigrafiche (*)**

⁹⁵ (Recupero e restauro degli edifici storici. Guida pratica al rilievo e alla diagnostica., 2015, p. 319)

⁹⁶ (Stratigrafia per il restauro architettonico. Il metodo dell'analisi stratigrafica delle superfici murarie per la conoscenza e la conservazione del costruito storico., 2008, p. 76-84)

Al di fuori di quella che può essere la classificazione delle varie unità stratigrafiche, quello che interessa ai fini della realizzazione del modello e della classificazione degli elementi parametrici, è che, una volta individuati nelle loro unità stratigrafiche, i muri di un edificio esistente presentano una loro ontologia digitale nel modello infografico. Tale fenomeno ha evidenti ripercussioni sulle simulazioni e sui computi che vengono svolti dai softwares in ambiente BIM.







Unità Stratigrafiche					
Tipo	Immagine tipo	Larghezza	Area	Assorbimento	LOR - paramenti murari
Generico - 56 cm		0.56	20.22 m ²	0.7	1.00
UM01_60cm		0.60	63.92 m ²	0.7	2.00
UM01_60cm		0.60	45.27 m ²	0.7	2.00
UM03_60cm		0.60	14.08 m ²	0.7	3.00
UM03_60cm		0.60	22.59 m ²	0.7	3.00
UM02_60cm		0.60	44.18 m ²	0.7	2.00
UM02_60cm		0.60	34.75 m ²	0.7	3.00
Generico		0.56	5.05 m ²	0.7	1.00

Figura 76 - abaco unità stratigrafiche (*)

3.6.4 Sintesi comparata per la ricostruzione delle fasi storiche

I dati provenienti dalle varie indagini che tentano di disvelare la natura costruttiva dell'edificio ci fornendoci molte informazioni sulla sua storia. Le indagini di conoscenza profonda, se integrate con l'osservazione dello sviluppo delle coperture, la conformazione dei piani interrati e le fonti iconografiche possono delineare un modello di ricostruzione delle fasi storiche.

È questo il caso della sede della ex-Banca d'Italia a Parma, costituita da un edificio apparentemente compatto ma con un grado di eterogeneità costruttiva e materica notevole. Questa eterogeneità si è compiuta con la sedimentazione storica che, passo dopo passo, ha aggiunto nuovi tasselli ad un mosaico intricato. Il problema è stato quello di definire le unità storiche primarie che compongono l'edificio utilizzando tutti i dati a disposizione. Un corretto quadro della situazione dal punto di vista storico risulta fondamentale nella precisione del grado di conoscenza dell'edificio sotto il profilo della verifica strutturale. Il primo passo è stato quello di confrontare tutti i dati cartografici storici a nostra disposizione (cfr. fig. 77). La pianta della copertura, quella dei sotterranei e le informazioni stratigrafiche provenienti dalle indagini endoscopiche, hanno permesso una analisi compositiva e tipologica dell'edificio (cfr. fig. XX).

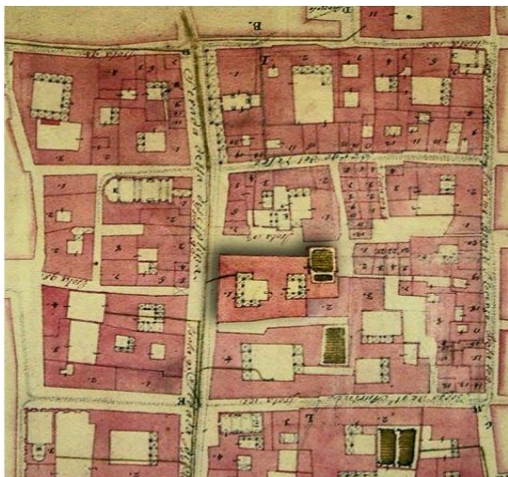
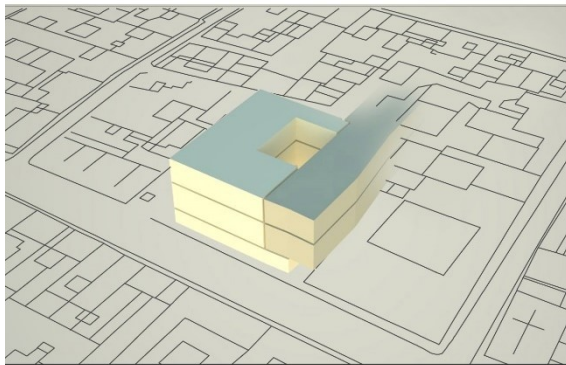


Fig. 3. Particolare della tav. XV dell'Atlante Sardi (1767) con il palazzo Pettorelli in evidenza. Si noti il giardinetto sul lato orientale

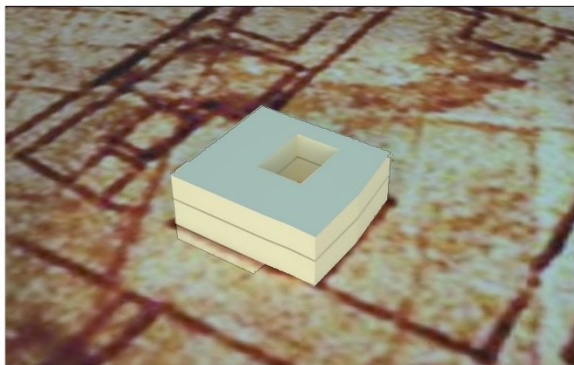


Fig. 4. Particolare della tav. 1352 (Sez. G di San Tommaso del Catasto borbonico (1853): il giardinetto è stato occupato da un rustico.

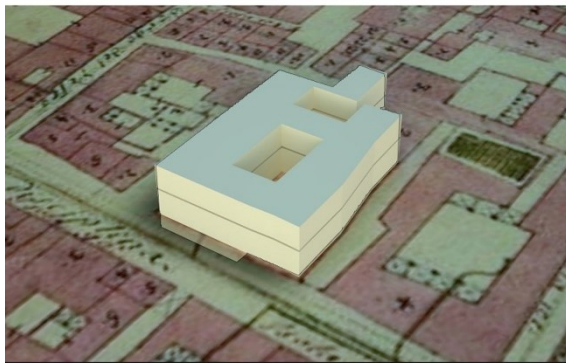
Figura 77 - cartografie storiche sede ex-Banca d'Italia, Parma (*)



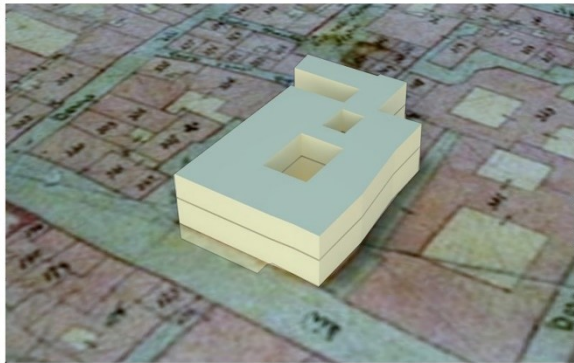
1 - Antecedente cartografia Smeraldo Smeraldi



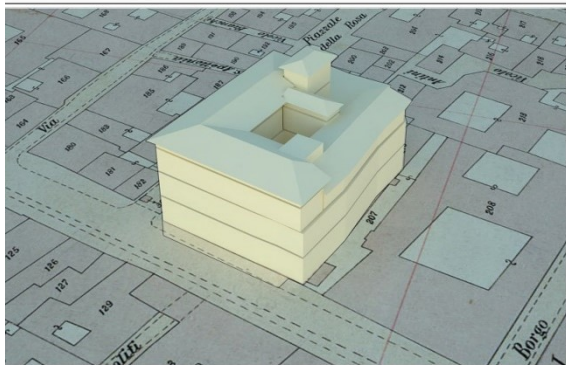
2 - Cartografia Smeraldo Smeraldi XVI secolo



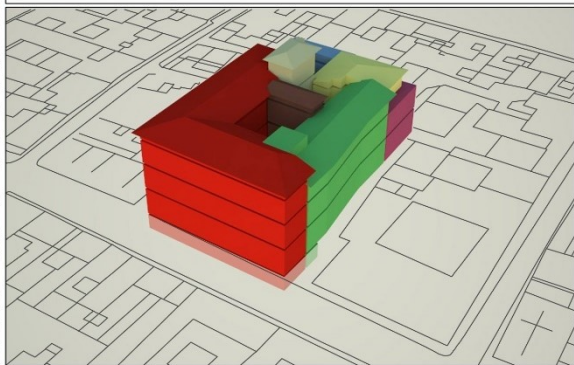
3 - Atlante Sardi 1767



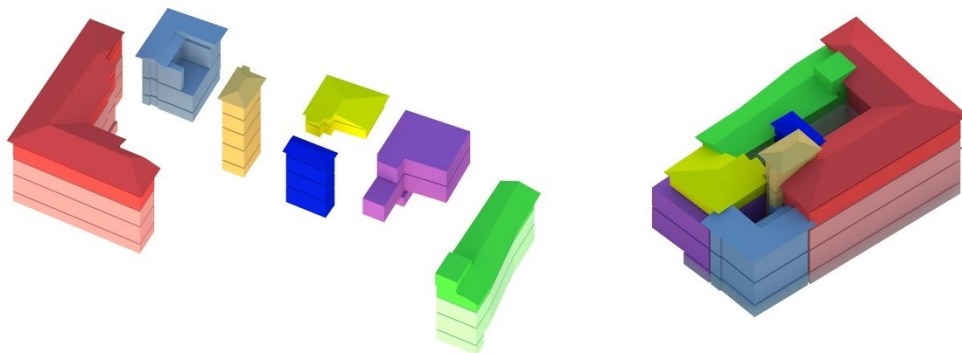
4 - Catasto Borbonico 1853



5 - Catasto 1940



6 - Stato attuale



7 - Suddivisione unità storiche

Figura 78 - ricostruzione fasi storiche dell'edificio ex-sede Banca d'Italia, Parma. (*)

3.7 Strumenti analitici in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli

Con un modello infografico a disposizione di amministrazioni e professionisti possono gestire in modo speditivo ed accurato quello che è il controllo di incoerenze strutturali e informative e le verifiche normative ad esempio legate a limiti di volume, area o appartenenza ad un gruppo. Molti di questi sistemi di *model checking* possono essere predisposti tramite l'opportuno settaggio di abachi di quantità. Anche la normativa UNI 11337:2017 prevede queste operazioni di controllo.

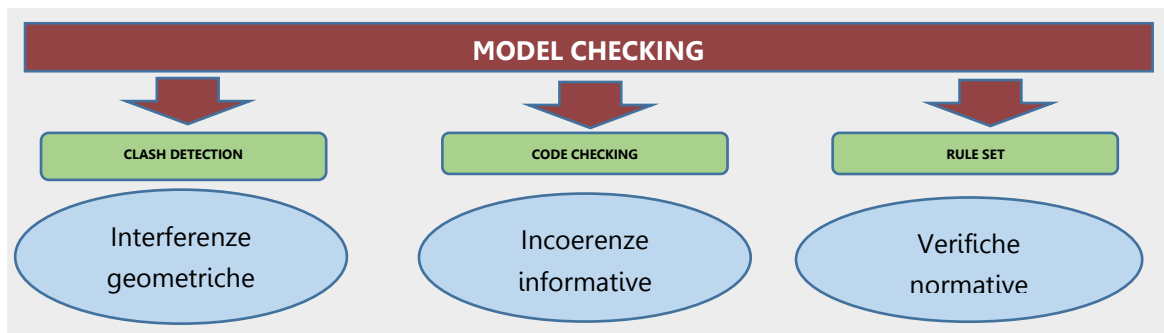


Figura 79 - schema BIM model checking (*)

Nei seguenti sottocapitoli saranno sinteticamente illustrati alcuni strumenti informativi realizzabili con gli abachi quantità del software Revit di Autodesk. È stato eseguito prima di tutto un riconoscimento dei locali che, a causa delle forme spesso irregolari degli stessi, ha necessitato una definizione puntuale delle aree.

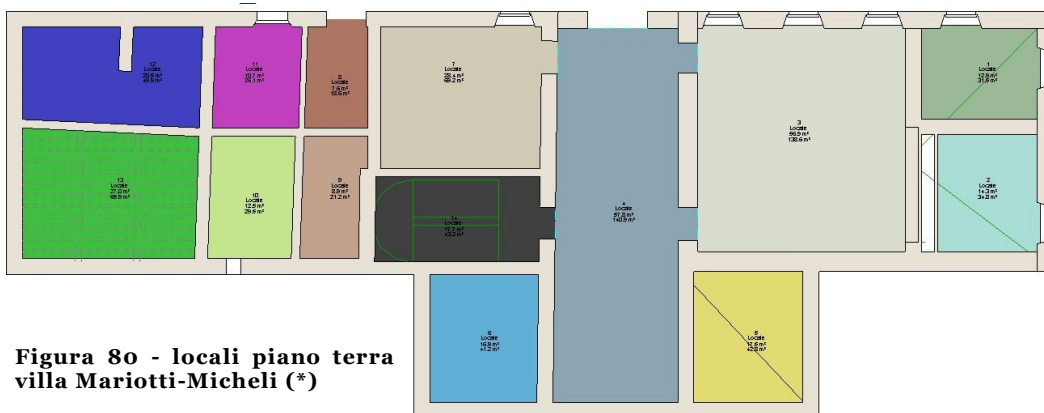


Figura 80 - locali piano terra villa Mariotti-Micheli (*)

3.7.1 Necessità informative funzionali e di vincolo del processo rigenerativo: le quantità del progetto di riuso

Quando ci si trova a dover analizzare edifici di una certa dimensione con un numero considerevoli di vani è possibile impostare un abaco dei locali (cfr. fig. 81). Tramite gli opportuni settaggi di formattazione condizionale è possibile creare una sorta di check-list dei locali. La tabella può quindi indicare alcuni segmenti di valore numerico rendendo più speditiva la fase di controllo del patrimonio esistente e della sua eventuale riprogrammazione funzionale.

Abaco dei locali - Superfici funzionali + volumi minimi					
Nome	Numero	Area	Volume	Livello	Perimetro
Locale	1	12.90 m ²	31.48 m ³	0 - Piano Terra	14.48
Locale	2	14.27 m ²	34.81 m ³	0 - Piano Terra	15.16
Locale	3	56.85 m ²	138.63 m ³	0 - Piano Terra	30.99
Locale	4	57.77 m ²	140.87 m ³	0 - Piano Terra	42.84
Locale	5	17.54 m ²	42.77 m ³	0 - Piano Terra	16.82
Locale	6	16.91 m ²	41.24 m ³	0 - Piano Terra	16.51
Locale	7	28.38 m ²	69.20 m ³	0 - Piano Terra	21.67
Locale	8	7.65 m ²	18.64 m ³	0 - Piano Terra	11.39
Locale	9	8.93 m ²	21.15 m ³	0 - Piano Terra	13.11
Locale	10	12.51 m ²	29.51 m ³	0 - Piano Terra	14.40
Locale	11	10.70 m ²	26.10 m ³	0 - Piano Terra	13.13
Locale	12	20.46 m ²	49.88 m ³	0 - Piano Terra	22.36
Locale	13	27.03 m ²	65.91 m ³	0 - Piano Terra	21.08
Locale	14	17.70 m ²	43.16 m ³	0 - Piano Terra	18.00
Locale	15	11.19 m ²	27.28 m ³	1 - Piano Primo	13.41
Locale	16	13.14 m ²	32.05 m ³	1 - Piano Primo	14.84
Locale	17	13.93 m ²	33.96 m ³	1 - Piano Primo	14.93
Locale	18	13.28 m ²	32.38 m ³	1 - Piano Primo	18.40
Locale	19	10.74 m ²	26.13 m ³	1 - Piano Primo	13.46
Locale	20	16.65 m ²	40.59 m ³	1 - Piano Primo	16.32

Figura 81- abaco locali villa Mariotti-Micheli (*)

3.7.2 Sistema dei vincoli e delle norme: calcolo automatico dei rapporti aero-illuminanti

L'utilizzo degli abachi quantità per le operazioni analitiche fondamentali risulta molto utile, oltre che per le attività di verifica e programmazione delle funzionalità e delle destinazioni d'uso, anche (e soprattutto) per controllare la rispondenza dei requisiti richiesti dalla normativa vigente.

Nel caso rappresentato nella figura 83 si parla del piano terra della Villa Mariotti-Micheli presso Montechiarugolo. È stato quindi impostato un abaco finestre che data la versione del software non presentava tutte le dimensioni necessarie per effettuare i calcoli, sono quindi state estrapolate. Si è proceduto poi con la definizione tramite valori calcolati dell'ottavo della superficie adattabile e dell'indice di positività del rapporto aero-illuminante (superficie finestrata meno l'ottavo calcolato) per poter ottenere un valore minore o maggiore di zero in modo da attivare il checking tramite formattazione condizionale.

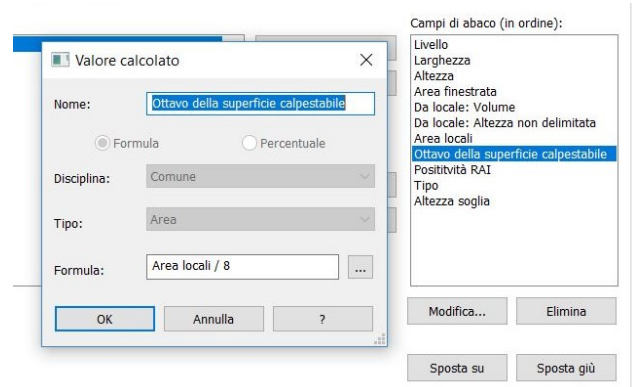


Figura 82 - settaggio valori calcolati abaco

R.A.I.										
Livello	Larghezza	Altezza	Area finestrata	Da locale: Volume	Da locale : Altezza non delimitata	Area locali	Ottavo della superficie calpestabile	Positività RAI	Tipo	Altezza soglia
0 - Piano Terra	1.02	2.00	2.04 m²	69.20 m³	2.44	28.38 m²	3.55 m²	-1.50 m²	rvmm_FINESTRA 01_ arcata	1.19
0 - Piano Terra	1.40	2.48	3.47 m²						rvmm_FINESTRA DSC 0987 tutto sesto ingresso piccolo	0.00
0 - Piano Terra	2.10	2.48	5.21 m²	140.87 m³	2.44	57.77 m²	7.22 m²	-2.01 m²	rvmm_FINESTRA DSC 1008 tutto sesto ingresso grande	0.00
0 - Piano Terra	1.02	2.00	2.04 m²	31.46 m³	2.44	12.90 m²	1.61 m²	0.43 m²	rvmm_FINESTRA 01_ arcata	1.19
0 - Piano Terra	1.02	2.00	2.04 m²	34.81 m³	2.44	14.27 m²	1.78 m²	0.26 m²	rvmm_FINESTRA 01_ arcata	1.19
1 - Piano Primo	1.09	2.10	2.29 m²	40.59 m³	2.44	16.65 m²	2.08 m²	0.21 m²	rvmm_FINESTRA 02_ architrave	0.85

Figura 83 - abaco RAI (*)

3.7.3 Sistema dei vincoli delle norme: calcolo delle superfici disperdenti e delle superfici di intervento

Spesso ci si trova a dover mettere in relazione la superficie disperdente di un edificio (quella che delimita gli spazi riscaldati da un impianto) con le superfici di intervento per determinare l'entità dell'uso degli impianti di nuova fabbricazione. L'oggetto in questione è una villetta di primo Novecento situata nella provincia mantovana per la quale i muri sono stati caratterizzati con la loro fase operativa di intervento per essere facilmente conteggiati. Sono state individuate a parte poi le superfici finestrate e inserite in un abaco che, sempre tramite formattazione condizionale indicava automaticamente la fascia di intervento sugli impianti da eseguire in base all'aumento o alla diminuzione della superficie di intervento modificata dall'intervento di riuso.

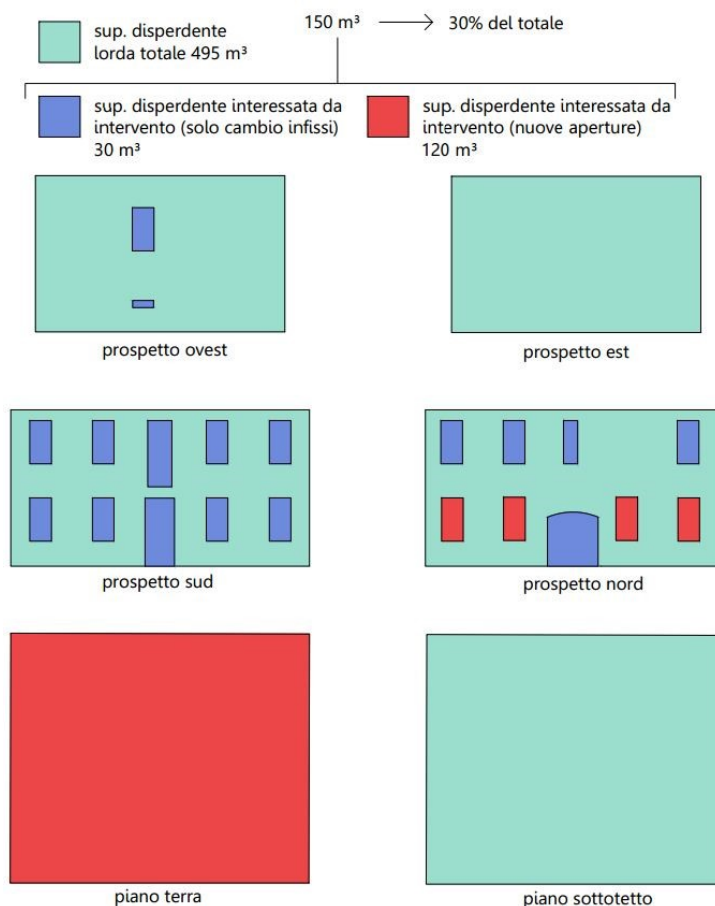


Figura 84 - comparazione superfici disperdenti e superfici di intervento (*)

PARTE IV – MODELLO INFOGRAFICO E SISTEMA INFORMATIVO, IL METODO AVAUPE

4.1 Definizione dello strumento AVAUPE

4.1.1 Introduzione

L'acronimo *AVAUPE* (*Analisi per la Valorizzazione Architettonica e Urbana del Patrimonio Edilizio*) denomina lo strumento teorizzato e sperimentato valle del percorso di ricerca. Si tratta di un portale web che può raccogliere e catalogare schede informative avanzate di edifici da riqualificare. Le schede sfruttano gli strumenti analitici approfonditi nella terza parte della tesi per poter documentare opportunamente gli aspetti conoscitivi e prestazionali dell'edificio e per fornire indici di fattibilità e convenienza degli interventi rigenerativi.

I temi trattati in questo passaggio sono stati anticipati nella prima parte della tesi (cfr. sottocapitolo 1.2.1). Sono riportati come introduzione al metodo di informatizzazione del dato proveniente dal modello di informazioni per avere una consapevolezza degli assiomi comunicativi che uno strumento di fruizione del dato, basato su di un ipertesto, dovrebbe avere. Spesso sono stati considerati gli sviluppi tecnologici dell'epoca industriale come un'estensione delle capacità della nostra mano e quelli relativi all'epoca della società dell'informazione come un'estensione delle capacità cerebrali, risulta quindi importante chiedersi in che modo questo fenomeno ha coinvolto il disegno architettonico.

4.1.2 Principi e obiettivi del sistema AVAUPE e descrizione dello strumento informativo

Il metodo AVAUPE si fonda su tre principi fondamentali che costituiscono al contempo gli obiettivi principali da perseguire:

Primo principio) L'insieme di tecniche, metodologie e interfaccia forma un sistema chiamato AVAUPE che come scopo principale ha quello di fornire una caratterizzazione avanzata dell'edificio basata sulle attività del rilievo strumentale digitale integrato e sui metodi infografici di rappresentazione e gestione del dato gestiti da software BIM.

Secondo principio) Aumentare la capacità critica degli operatori coinvolti nella rigenerazione del territorio (amministratori, tecnici, ricercatori) tramite le capacità sintetiche e selettive di fornire i dati raccolti. In concomitanza con tale scopo lo strumento mira inoltre a semplificare e snellire l'iter burocratico grazie ad un metodo personalizzato di fruizione delle informazioni dell'utente e ad un controllo automatico di normative e vincoli. AVAUPE mira a costituire un sistema di facility management per la collettività.

Terzo principio) Il sistema informativo, basato sul singolo edificio, mira ad uno sviluppo futuro che possa garantire un collegamento diretto con i sistemi informatici più complessi e specializzati come il GIS che, a loro volta, potrebbero fornire un quadro conoscitivo completo su scala urbana. Le cartografie analitiche – ad esempio dei piani regolatori – potrebbero essere aggiornate costantemente e risultare quindi più precise e attinenti alla realtà per una pianificazione più accurata.

4.2 La struttura del sistema informativo Le basi per una scheda-edificio e il rapporto con il modello BIM

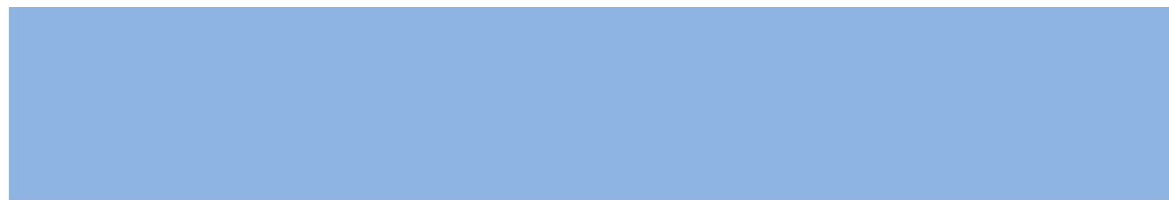
4.2.1 Interfaccia variabile: il progetto di riuso per progettisti e amministrazioni

Quando si parla di interazione uomo-macchina nell'ambito del disegno digitale è importante valutare vari aspetti: l'interazione può essere intesa in riferimento a chi "crea" lo strumento (e quindi input e organizzazione dei dati) oppure interazione intesa in riferimento a chi "utilizza/consulta" lo strumento (e quindi quali dati scegliere, come filtrarli ma soprattutto come impostare l'interfaccia per la ricerca). Di seguito sono sintetizzate le tre personalizzazioni previste per l'accesso alle informazioni del sistema informativo AVAUPE:

- 1) PRIVATI (PROGETTISTA O COMMITTENTE) – l'utente potrà verificare a priori la validità del mio progetto di riuso tramite strumenti di model checking e di interrogazione delle cartografie annesse al modello
- 2) AMMINISTRAZIONI PUBBLICHE (TECNICI E AMMINISTRATIVI) tecnici e commissioni edilizie potranno sfruttare gli strumenti analitici e di calcolo per accelerare le procedure di approvazione dei processi rigenerativi.
- 3) RICERCATORI (UNIVERSITA' E ALTRI ENTI DI RICERCA) oltre ai contenuti sopra descritti saranno presenti note sugli aspetti procedurali e saranno accessibili le funzioni sperimentali di rappresentazione e di analisi ai fini di un miglioramento del sistema tramite la condivisione del sapere.

4.2.2 Schede informativa tipo

Riportiamo di seguito alcune pagine de sito web AVAUPE



AVAUPE

RICERCA LUOGO

RICERCA EDIFICIO



AVAUPE





Villa Mariotti Micheli,
Montechiarugolo, Parma

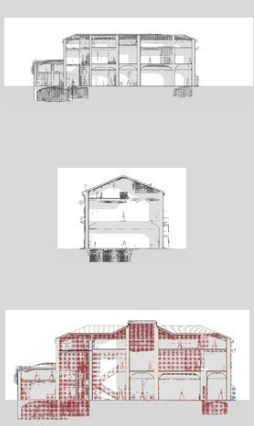
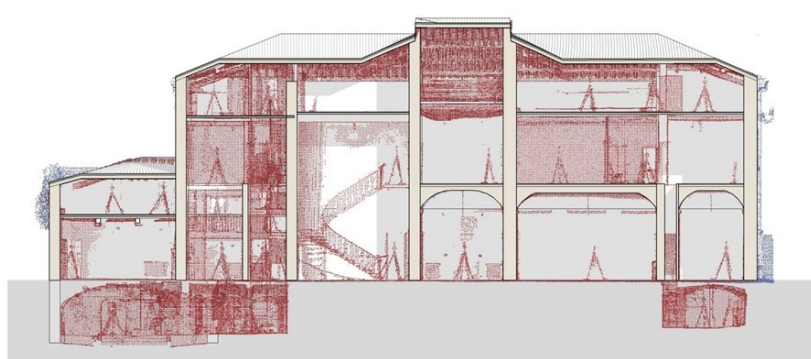
Villa Mariotti-Micheli sorge sulle rovine del Castello, abbattuto agli inizi del '400. Pesantemente restaurata da Giuseppe Mariotti (1830) conserva al suo interno stanze riccamente decorate e finite con stucchi e un disegno a carboncino del Petrarca (ospite nel 1340 di Azzo da Correggio, Signore di Parma)*

**Fonte: sito del comune di Montechiarugolo*

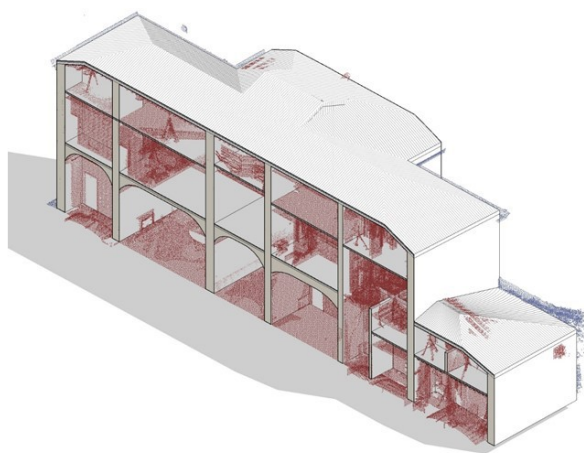
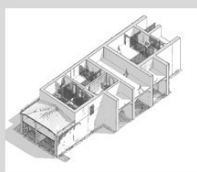
Villa Mariotti-Micheli, Montechiarugolo, Parma **AVAUPE**

Elaborati fotografici e fotogrammetrici	Disegni	Indagini conoscitive	Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo	Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli
				
				

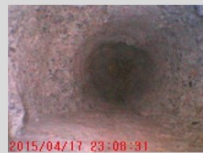
Villa Mariotti-Micheli, Montechiarugolo, Parma **AVAUPE**

Elaborati fotografici e fotogrammetrici	Disegni	Indagini conoscitive	Attività del terzo anno	Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli
Piante	Sezioni	Prospetti	Assonometrie e spaccati	Viste
				

Elaborati fotografici e fotogrammetrici	Disegni	Indagini conoscitive	Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo	Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli
Piante	Sezioni	Prospetti	Assonometrie e spaccati	Viste

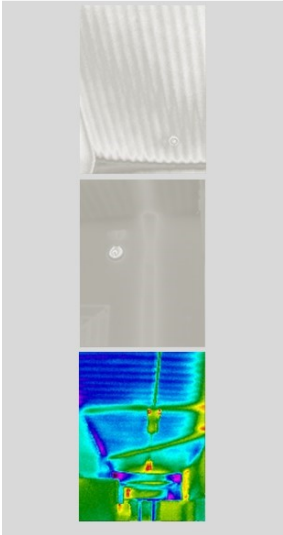
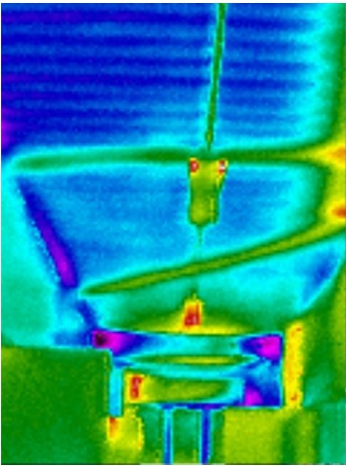


Elaborati fotografici e fotogrammetrici	Disegni	Indagini conoscitive	Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo	Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli
Endoscopia	Termografia			



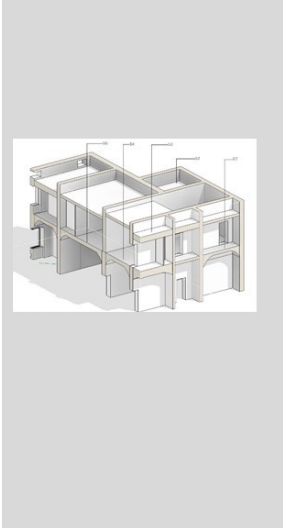
Edificio comunale Busana, Reggio Emilia **AVAUPE**

Elaborati fotografici e fotogrammetrici	Disegni	Indagini conoscitive	Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo
Endoscopia	Termografia		Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli

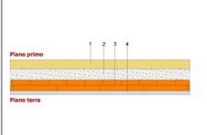



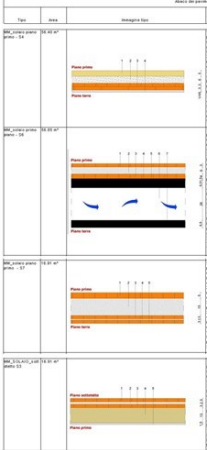
Villa Mariotti-Micheli, Montechiarugolo, Parma **AVAUPE**

Elaborati fotografici e fotogrammetrici	Disegni	Indagini conoscitive	Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo
Analisi stratigrafiche	Analisi delle unità stratigrafiche murarie e la loro rappresentazione nel BIM	Sintesi comparata per la ricostruzione delle fasi storiche	Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli



Alcova dei pavimenti

Tipo	Area	Immagine tipo	Descrizione	Famiglia e tipo	Coefficiente di scambio termico (U)	Massa termica	Materiale strutturale	Resistenza termica (R)	LOR
MR_colore piano primo - S4	56,40 m ²		1. pavimentazione in griglia top. 2. strato di frangisplinti in sp. f.c.c. 3. doppio strato in laterizio 4. strato di battuta con spessore non definito P sp. VAR.	Pavimento MR_colore (MR)*43	19,2000	7,50 kJ/K	Laterizio (L)	0,0521 per m ² VAR	3



Elaborati fotografici e fotogrammetrici

Disegni

Indagini conoscitive

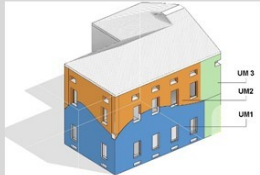
Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo

Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli

Analisi stratigrafiche

Analisi delle unità stratigrafiche murarie e la loro rappresentazione nel BIM

Sintesi comparata per la ricostruzione delle fasi storiche



Unità Stratigrafiche					
Tipo	Immagine tipo	Larghezza	Area	Assorbimento	LOR - paramenti murari
Generico - 56 cm		0.56	20.22 m ²	0.7	1.00
UM01_60cm		0.60	63.92 m ²	0.7	2.00

Tipo	Immagine tipo
Generico - 56 cm	
UM01_60cm	
UM01_60cm	
UM03_60cm	
UM03_60cm	
UM02_60cm	
UM02_60cm	

Elaborati fotografici e fotogrammetrici

Disegni

Indagini conoscitive

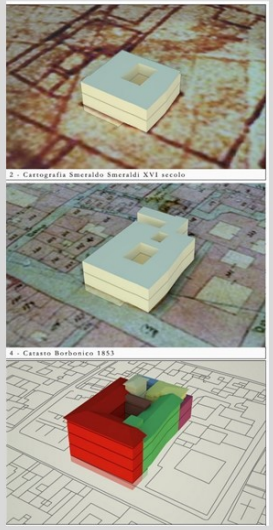
Strumenti in ambito costruttivo-tipologico e storico-critico interpretativo

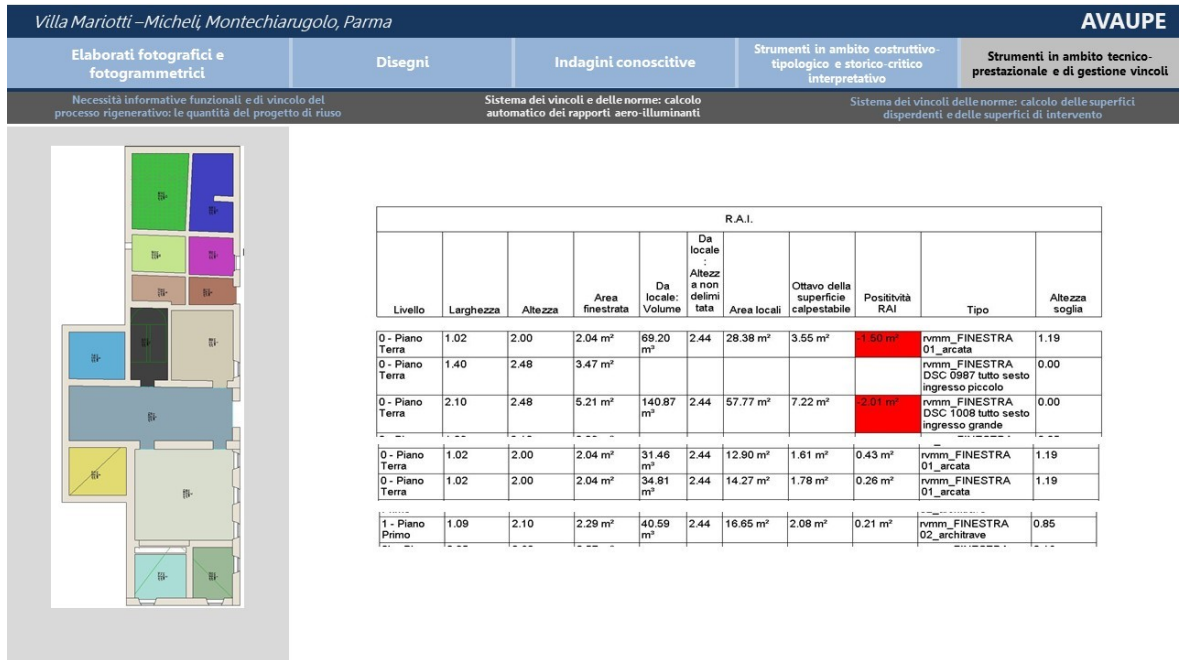
Strumenti in ambito tecnico-prestazionale e di gestione vincoli

Analisi stratigrafiche

Analisi delle unità stratigrafiche murarie e la loro rappresentazione nel BIM

Sintesi comparata per la ricostruzione delle fasi storiche





4.3 Conclusioni, sintesi e schematizzazione della procedura. Considerazioni sui limiti del campo conoscitivo e possibili sviluppi

La ricerca di carattere teorico e l'analisi dello stadio evolutivo del disegno dell'architettura hanno costituito una base consapevole per lo sviluppo di un sistema informativo capace di sfruttare la tecnologia BIM per gestire ed elaborare la complessità dei percorsi rigenerativi.

Un possibile ulteriore sviluppo di questo percorso di ricerca potrebbe consistere nella caratterizzazione di distretti urbani tramite raccolta dei dati dei singoli edifici effettuata con il metodo sopra descritto. L'estensione di questo approccio alla scala urbana e territoriale potrebbe risultare più capillare e precisa anche tramite il collegamento con banche dati dei modelli BIM con quelle dei sistemi GIS. Se opportunamente studiate potrebbero costituire un importante strumento per le valutazioni attuative nei piani di rigenerazione della città, della periferia ma anche delle realtà provinciali costituite da piccoli distretti.

Il sistema nel suo complesso potrebbe costituire una solida base di studio e di servizio per gli interventi di micro-urbanistica.

BIBLIOGRAFIA

- AA, V. (2007). *United States NATIONAL BUILDING INFORMATION MODELING STANDARD*. USA: National Institute of BUILDING SCIENCES.
- AA, V. (2011). *NATSPEC National BIM Guide, Construction Information Systems Limited*. Australia.
- AA, V. (2011). *Statsbygg BIM Manual 1.2*. Oslo.
- AA. VV. (2012). *AEC (UK) BIM Protocol Implementing UK BIM Standards for the Architectural*. United Kingdom: Engineering and Construction industry.
- AA. VV. (2012). *Common BIM Requirements 2012*. Finlandia: COBIM project.
- Alagna, A. (2008). *Stratigrafia per il restauro architettonico. Il metodo dell'analisi stratigrafica delle superfici murarie per la conoscenza e la conservazione del costruito storico*. Roma: ARACNE Editrice.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge: Harvard University Press.
- ANCE-CRESME. (2012). *Lo stato del territorio italiano 2012. Insediamento e rischio sismico e idrogeologico*. Roma.
- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges*. Reston: American Society of Civil Engineers Library.
- Balzani, M., Maietti, F., & Medici, M. (2016). La rappresentazione BIM per la documentazione e l'analisi storico-critica del movimento modernista. *DISEGNARECON*, 9(16), 8.1-8.7.

-
- Barba, S., De Feo, E., D'Auria, S., & Guerriero, L. (2-5 settembre 2012). Survey and virtual restoration. The. *Proceeding of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM) 2012*. Milano.
- Bardini, T. (2000). *Bootstrapping. Douglas Engelbart, Coevolution, and the Origins of Personal Computing*. Stanford: Stanford University Press.
- Baudrillard, J., & Nouvel, J. (2003). *Architettura e nulla. Oggetti singolari*. Milano: Electa.
- Bauman, Z. (2011). *Modernità liquida*. Laterza.
- Belardi, P. (2002). *Il rilievo insolito. Irrilevabile, irrilevante, irrilevato*. Perugia: Quattroemme.
- Bellicini, L. (2016, Agosto 10). "Bigger and better": nuovi modelli di crescita urbana. Tratto da <http://www.cresme.it: http://www.cresme.it/it/articoli/29/bigger-and-better-nuovi-modelli-di-crescita-urbana.aspx>
- Benedetti, C. (1994). *Manuale di architettura bioclimatica*. Rimini: Maggioli Editore.
- Bertocci, S., & Bini, M. (2012). *Manuale di Rilievo Architettonico e Urbano*. Novara: Città Studi Edizioni,.
- Bertocci, S., & Parrinello, S. (2015). *Digital Survey and Documentation of the Archeological and Architectural sites*. Firenze: Edifir edizioni Firenze.
- Bianchini, C., Inglese, C., & Ippolito, A. (2016). Il contributo della Rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito. *DISEGNARECON*, 9(16), 10.1-10.7.
- Bianchini, M. (2008). *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*. Roma: Aracne Editrice.
- Bianconi, F. (2001). Anima digitale, verso una nuova identità del disegno. In a. vari, *Claudio Moriconi professione infografico* (p. 105-117). Perugia:

- Sezione IDeA, stampato a cura del Centro Stampa dell'Università degli Studi di Perugia.
- Biraghi, M., & Damiani, G. (2009). *Le parole dell'architettura. Un'antologia di testi teorici e critici: 1945-2000*. Torino: Einaudi editore.
- Biraghi, M., & Micheli, S. (2013). *Storia dell'architettura italiana 1985-2015*. Torino: Einaudi.
- Bonazza, M., & Pozzoli, S. (2013). *Autodesk Revit Architecture 2014: guida alla Tecniche Nuove*.
- Bragadin, M. (2012). *Sicurezza e innovazione nel cantiere di recupero edilizio: l'approccio building information modelling*, in: *IN_BO. Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura*. Bologna: Dipartimento di Architettura, Università di Bologna.
- Brusaporci, S. (2015). *Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*. Hershey: IGI Global.
- Brusaporci, S., Cinti Luciani, S., & Mingucci, R. (2016). Le dimensioni del B.I.M.: postfazione. *DISEGNARECON*, 9(16), P.1 - P.5.
- Campanelli, E. (2016, Aprile 4). *Invecchiamento della struttura demografica e domanda abitativa degli anziani*. Tratto da <http://www.cresme.it>: <http://www.cresme.it/it/articoli/4/invecchiamento-della-struttura-demografica-e-domanda-abitativa-degli-anziani.aspx#>
- Campion, D. (1968). *Computers in Architectural Design*. Amsterdam-London-New York: Elsevier Publishing Company.
- Cardoso Llach, D. (2015). *Builders of the Vision. Software and the Imagination of Design*. New York: Routledge.
- Carmo, M. (2011). *The Alphabet and the Algorithm*. Cambridge, Mass.-London: The MIT Press.
- Castelli, L. (2008). *Architettura Sostenibile*. Torino: UTET scienze tecniche.

-
- Cataliotti, F. (2001). "Simulare" l'architettura, le anastilosi virtuali. In a. vari, *Claudio Moriconi professione infografico* (p. 119-130). Perugia: Sezione IDEa, stampato a cura del Centro Stampa dell'Università degli Studi di Perugia.
- Cigolini, R. V. (2005). *Facility Management e Global Service Integrato*, in *Facility Management Italia*. Milano: Edicom Editore.
- Ciribini, A. (2013). *L'information Modeling e il settore delle costruzioni: IIM e BIM*. Rimini: Maggioli Editore.
- CNAPPC-CRESME. (2016). *Quinta indagine congiunturale sullo stato della professione in Italia*. Roma.
- Cola, S. (2014, Novembre). *www.larchitetto.it*. Tratto da L'Architetto Archiworld Magazine: <http://www.larchitetto.it/magazine/novembre-2014/riflessioni/il-punto.html>
- Coons, S. A. (1963). An Outline of the Requirements for a Computer-Aided Design System. *Spring Joint Computer Conference* (p. 299-304). Santa Monica: AFIPS Conference Proceedings.
- D'Auria, S. (2015). Il BIM Surveying per la valorizzazione del patrimonio edilizio storico. In L. Carlevaris (A cura di), *XII Congresso UID Torino 2015. Linee di ricerca nell'area del Disegno 3*. Ariccia: ERMES Servizi Editoriali Integrati.
- Delsante, I. (2008). *Giancarlo De Carlo e la Facoltà di ingegneria di Pavia*. Maggioli editore.
- Deutsch, R. (2011). *BIM and integrated design : strategies for architectural practice*. Hoboken: Wiley.
- Deutsch, R. (2011). *BIM and integrated design: strategies for architectural practice*, New. AIA.
- Di Luggo, A., & Scandurra, S. (2016). La traduzione dal modello discreto al modello parametrico per la conoscenza del patrimonio architettonico nei sistemi HBIM. *DISEGNARECON*, 9(16), 11.1-11.8.

- Docci, M., & Chiavoni, E. (2017). *Saper leggere l'architettura*. Bari: Laterza.
- Docci, M., Maestri, D., & Gaiani, M. (2017). *Scienza del disegno* (II ed.). Milano: Cittàstudi Edizioni.
- Eastman, C. (2011). *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken: Wiley.
- Eastman, C., Noble, D., & Kansek, K. (2014). *Building Information Modeling, BIM in current and future practice*. Hoboken: Wiley.
- ENEA. (2015). *Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica*. Roma.
- Faroldi, E., & Pilar Vettori, M. (1995). *Dialoghi di Architettura*. Alinea.
- Fassi, F., & Parri, S. (2013). Web 3D BIM per i Beni culturali. Prove e sperimentazioni sulla guglia del Duomo di Milano. In R. A. Genovese, *Conoscere, Conservare, Valorizzare*. Roma: Arte Tipografica.
- Fassi, F., Fregonese, L., Ackermann, S., & De Troia, V. (2013). Comparison between laser scanning and automated 3D modelling techniques to reconstruct complex and extensive cultural heritage areas. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XL-5/W1.
- Ferrari, F., & Sasso Daniele, F. (2016). Integrazione fra BIM e GBC Historic Building: l'innovazione metodologica nel sistema di progettazione e verifica di interventi conservativi. *DISEGNARECON*, 9(16), 6.1-6.6.
- Ferraris, M. (2009). *Documentalità. Perché è importante lasciare tracce*. Roma-Bari: Laterza.
- Franco, G. (2014). *Riqualificare l'edilizia contemporanea*. Milano: Franco Angeli.
- Gallaher, M., O'Connor, A., Dettbarn, J., & Gilday, L. (2004). *Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry and*

Technology, Building and Fire Research Laboratory. Gaithersburg: National Institute of Standards.

Gallino, L. (1998). *Critica della ragione tecnologica. La tecnologia per il XXI secolo*. Torino: Einaudi.

Gandolfi, C. (2017). La qualità è nel dispositivo. *Abitare*, 93-98.

Garzanti, R. (1998). Voce dell'Enciclopedia: disegno architettonico. In A. vari, & A. Di Luciano (A cura di), *Enciclopedia dell'Architettura Garzanti*. Garzanti Editore.

Garzino, G. (. (2011). *Disegno (e) in_ formazione. Disegno politecnico*. Rimini: Maggioli Editore.

Gelder, J., Tebbit, J., Wiggett, D., & Mordue, S. (2013). *BIM for the terrified. A guide for the terrified. A guide for manufacturers*. Londra: Rickaby Thompson Associates.

Gilligan, B., & Kunz, J. (2007). *VDC Use in 2007: Significant Value, Dramatic Growth, and*. California: CIFE Technical Report, Stanford University.

Gleason, D. (28-29 ottobre, 2013). Laser Scanning for an Integrated BIM. *Lake Constance 5D-Conference 2013*. Costanza: Trimble Navigation.

Grandinetti, P. (1983). Gli elementi del progetto. In G. Polesello, & P. Grandinetti, *Gianugo Polesello. Progetti di architettura*. (p. 5-10). Roma: Edizioni Kappa.

Gregotti, V. (2014). *Il Disegno come strumento di progetto*. Milano: Marinotti.

Gropius, W. (1963). *Architettura integrata*. Milano: Il Saggiatore.

Harper, G. (1968). *Computer Applications in Architecture and Engineering*. New York: McGraw-Hill.

Holm Nelson, T. (1974). *Computer Lib/Dream Machines: s: New freedoms through computer screens—a minority report*.

Holm Nelson, T. (1981). *Literary Machines*.

- Il BIM è uno strumento: 5+1AA, It's e Carlo Ratti Associati commentano Ciribini.* (2017, luglio 07). Tratto da www.digitalbimitalia.it: <http://www.digitalbimitalia.it/blog/bim-e-progettazione/>
- IMFA. (s.d.). *IFMA Italia Chapter*. Tratto da www.ifma.it: <http://www.ifma.it>
- Inzerillo, L., Lo Turco, M., Parrinello, S., Santagati, C., & Valenti, G. M. (2016). BIM e i beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale. *DISEGNARECON*, 9(16), 16.1-16.9.
- Johnson, P. (2009). Architettura decostruttivista. In M. Biraghi, & G. Damiani, *Le parole dell'architettura. Un'antologia di testi teorici e critici: 1945-2000* (p. 371-373). Torino: Einaudi.
- Koirè, A. (1967). *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*. Torino: Einaudi.
- Koolhaas, R. (2006). *Junkspace*. Macerata: Quodlibet.
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling. Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. Sacramento: McGraw_Hill Construction.
- Lanzoni, D. (2012). *Diagnosi e certificazione energetica: prove strumentali sugli edifici*. Dogana: Maggioli Editore.
- Linzasoro, J. I. (2014). Saper credere in architettura. (F. Guarrera, Intervistatore) Clean Edizioni.
- Lo Turco, M. (2011). Il Building Information Modeling tra ricerca, didattica e professione. *DISEGNARECON*.
- Lo Turco, M. (2015). *BIM and infographic representation in the construction process. A decade of research and applications*. Ariccia: Aracne.
- Maggio, F. (2016). "[...] L'architettura non è un Martini". Riflessioni sul BIM. *DISEGNARECON*, 9(16), 2.2-2.7.
- Maldonado, T. (1997). *Critica della ragione informatica*. Milano: Feltrinelli.

-
- Maldonado, T. (2007). *Reale e virtuale*. Milano: Feltrinelli.
- Mangiarotti, A., & Paoletti, I. (. (2008). *Dall'idea al cantiere. Progettare, produrre e costruire forme complesse*. Milano: Hoepli.
- Marotta, A., Abello, S., & De Simone, G. (2010). Il “Progetto logico del Rilievo” come strumento di conoscenza rivolto alla progettazione consapevole. Dalla tradizione al recupero sostenibile. In M. Centofanti , & S. Brusaporci, *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano* (p. 52-63). Roma: Gangemi Editore.
- McLuhan, M. (2011). *Capire i media. Gli strumenti del comunicare*. (III ed.). Il Saggiatore.
- Medici, M., Balzani, M., & Maietti, F. (2016). Metodi e strumenti informativo-rappresentativi per il progetto strategico Smart Swap Building. *DISEGNARECON*, 9(16), 9.1-9.8.
- Menges, A., & Ahlquist, S. (2011). *Computational Design Thinking*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Michiara, G. (s.d.). *www.studiogeofaber.blogspot.it*.
- Migliari , R. (2004). *Disegno come Modello*. Roma: Edizioni Kappa.
- Miniato, D., & Nale, D. (2010). *Autodesk Revit Architecture 2011. Guida completa*. Milano: Apogeo.
- Missori, A. (2011). *Appunti sui modelli organizzativi del processo edilizio*. Venezia: Università IUAV di Venezia.
- Moneta, R. (2017, Marzo 03). *Mercato immobiliare, in crescita compravendite case più efficienti, ma resta dominante edilizia energivora*. Tratto da [www.enea.it: http://www.enea.it/it/Stampa/news/energia-mercato-immobiliare-in-crescita-compravendite-case-piu-efficienti-ma-resta-dominante-edilizia-energivora](http://www.enea.it/it/Stampa/news/energia-mercato-immobiliare-in-crescita-compravendite-case-piu-efficienti-ma-resta-dominante-edilizia-energivora)
- Moriconi, C. (1996). *Il disegno a mappa di bit*. Perugia: Quattroemme.

- Moriconi, C., Belardi, P., Bianconi, F., Cataliotti, F., de Rubertis, R., Soletti, A., & Verducci, P. (2001). *Claudio Moriconi professione infografico*. (A. Soletti, P. Belardi, & F. Cataliotti, A cura di) Perugia: Sezione IDEa, stampato a cura del Centro Stampa dell'Università degli Studi di Perugia.
- Musso, S. (2015). *Recupero e restauro degli edifici storici. Guida pratica al rilievo e alla diagnostica*. (III ed.). Roma: EPC Libri.
- Natalini, A., Toraldo di Francia, C., Frassinelli, P., & Magris, R. (2009). Design d'invenzione e design d'evasione. In M. Biraghi, & G. Damiani, *Le parole dell'architettura. Un'antologia di testi teorici e critici: 1945-2000* (p. 146-150). Torino: Einaudi.
- Negroponte, N. (1972). *The Architecture Machine*,. Cambridge: The MIT Press.
- Negroponte, N. (1975). *Soft Architecture Machines*. Cambridge-London: The MIT Press.
- Osello , A. (2015). *Building Buildin Information Modelling – Geographic Information System – Augmented Reality per il Facility Management*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- Osello, A. (2012). *Il Futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti – The Future of Drawing with BIM for Engineers and Architect*. Palemo: Dario Flaccovio Editore.
- Paoletti, I. (2010). *Costruire le forme complesse. Innovazione, industrializzazione e trasferimento per il progetto di architettura*. Rimini: Maggioli Editore.
- Parrinello, S. (2004). I fronti urbani: il carattere e la configurazione architettonica. In P. Puma, *La documentazione dei beni architettonici ed ambientali. approcci, metodi, prospettive* (p. 123-143). Firenze: Giorgi e Gambi.
- Pavan, A. (s.d.). *Digitalizzazione del settore costruzioni: uni11337:2017 dal bim alla piattaforma di filiera*. Tratto da Digitalizzazione del settore

costruzioni: uni11337:2017 dal bim alla piattaforma di filiera:
<http://www.assoacmi.it/>

- Pozzoli, S., & Villa, W. (2012). *Autodesk Revit Architecture 2013. Guida avanzata*. Milano: tecniche nuove.
- Quattrini, R., Clini, P., Nespeca, R., & Ruggeri, L. (2016). Misura e Historical Information Building: sfide e opportunità nella rappresentazione di contenuti 3D semanticamente strutturati. *DISEGNARECON*, 9(16), 14.1-14.11.
- Quici, F. (2006). Estetiche del digitale. In M. Unali, *Lo spazio digitale dell'architettura italiana* (p. 226-229). Roma: Edizioni Kappa.
- Randall, T. (2013). *Client Guide to 3D Scanning -and- Data Capture*. Londra: UK BIM Task Group.
- Ratti, C. (2014). *Architettura open source. Verso una progettazione aperta*. Torino: Einaudi.
- Ratti, C., & (a cura di) Mattei, M. (2014). *Smart City Smart Citizen*. Milano: Egea.
- Rilievo e Metodo Scientifico-Survey and Scientific Method. (2012). In *Elogio della Teoria. Identità delle discipline del Disegno e del Rilievo*. Gangemi editore.
- Rossi, A. (2011). *L'architettura della città*. Quilibet.
- Sacchi, L. (1995). Rappresentazione e architettura nell'età digitale. *XY Dimensioni del Disegno - Nuove tendenze*, 32-38.
- Sacchi, L. (2016). Il punto sul B.I.M. *DISEGNARECON*, 9(16), 1.1-1.8.
- Scheer, D. R. (2014). *The Death of Drawing, Architecture in the Age of Simulation*. London and New York: Routledge.
- Sdegno, A. (2016). Computer Aided Architecture: origini e sviluppo. *DISEGNARECON*, 9(16), 4.1 - 4.6.

- Spallone, R. (2004). *Disegno dell'architettura. Perlustrazione critica e lettura interpretativa dai trattati agli scritti contemporanei*. Torino: Celid.
- Surowiecki, J. (2007). *La saggezza della folla*. Internazionale-Fusi orari.
- Talamo, C. (s.d.). La gestione integrata delle informazioni nei processi manutentivi. Dall'anagrafica degli edifici ai sistemi BIM. *TECHNE* 02/2014.
- Teicholz, P. (2013). *BIM for facility managers*. Hoboken: Wiley.
- Torre, A., & Speziani, M. (2009). *Strutture. Cinque casi di utilizzo del sistema Building Information Modeling per la progettazione integrata*. Milano: Gruppo24Ore.
- Turner, B. (febbraio 2011). Building a few million points. Leveraging high definition laser scanning for BIM. *Structural Engineering Structural & Design*.
- Ugo, V. (2004). *Sulla critica della rappresentazione dell'architettura*. Milano: Libreria Clup.
- Utica, G. (2008). *Ingegnerizzazione e gestione economica del progetto*. San Marino: Maggioli Editore.
- Utica, G. (2009). *Progettazione esecutiva, progettazione operativa e sicurezza nei cantieri*. San Marino: Maggioli Editore.
- Utica, G. (2011). *La stima sintetica del costo di costruzione: il computo metrico e il computo metrico estimativo per calssi di elementi tecnici*. San Marino: Maggioli Editore.
- Utica, G. (2011). *Tecniche avanzate di analisi e gestione dei progetti*. Milano: The McGraw-Hill Companies.
- Utica, G. (2012). *Contabilità dei lavori*. San Marino: Maggioli Editore.
- Verducci, P. (2001). Antiche costruzioni high-tech. In a. vari, *Claudio Moriconi professione infografico* (p. 144-146). Perugia: Sezione IDEa, stampato a cura del Centro Stampa dell'Università degli Studi di Perugia.

-
- Vernizzi, C., Giandebiaggi, P., Zerbi, A., Melley, M. E., Firoetti, I., & Paltrinieri, D. (2001). Sistemi informativi per il rilievo: patrimonio edilizio e percorsi urbani. In A. VV., *Trenta Anni di Disegno nelle Facoltà di Ingegneria e Architettura* (p. 221-222). Edizioni Kappa.
- Vittorio, U. (2004). *Mimesis - sulla critica della rappresentazione nell'architettura*. Maggioli Editore: Milano.
- Weygant, R. (2014). *BIM content development: standards, strategies and best practices*. Hoboken: Wiley.
- Wiley, D. (2000). *The Instructional Use of Learning Objects*. Tratto da The Instructional Use of Learning Objects: <http://www.reusability.org/read/>
- Woodbury, R. (2010). *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge.
- World Bank Group. (2016, Giugno). *Dealing with Construction Permits*. Tratto da www.doingbusiness.org: <http://www.doingbusiness.org/data/exploretopics/dealing-with-construction-permits>
- Zacchei, V. (2010). *Building Information Modeling. Nuove tecnologie per l'evoluzione della progettazione-costruzione*. Roma: Aracne Editrice.

SITOGRAFIA

www.blowerdoortest.it. (s.d.).

www.boviar.com. (s.d.).

www.diagnosticastrutturale.it. (s.d.).

www.docplayer.it. (s.d.).

www.geosoil.it. (s.d.).

http://www.revitcity.com. (s.d.). Tratto da *http://www.revitcity.com*

http://www.revitforum.com. (s.d.). Tratto da *http://www.revitforum.com*

INDICE DELLE FIGURE

(*) Elaborati Realizzati da Andrea Maiocchi

Figura 1 Leonardo da Vinci, Codice atlantico 849v, studi sull'anfiteatro di Teodorico.....	15
Figura 2 - Guglielmo Mozzoni disegno sede Carlo Erba Milano, 1950 - www.artribune.com	16
Figura 3 - Biennale di Architettura, Venezia 2014. www.artribune.com	17
Figura 4 -Mappa del design, disegno di Giorgio Gregori, tratta da ollo. Rivista senza messaggio diretta da Alessandro Mendini, 1, 1988. www.aisdesign.org ..	18
Figura 5 - schema nuova identità del disegno (*)	23
Figura 6 - tempi di rilascio concessione edilizia (* su dati: World Bank Group)	25
Figura 7 - incidenza delle procedure sul valore complessivo dell'immobile (*)	26
Figura 8 – struttura learning object (*).....	28
Figura 9 - plastico per basilica di San Pietro in Vaticano realizzato tra il 1539 al 1546 da Antonio da Sangallo il Giovane in scala. www.stampa3d-forum.it	31
Figura 10 - schizzo di Giancarlo De Carlo. www.airtribune.com	37
Figura 11- attività architetti. Osservatorio Professione Architetto CNAPPC-Cresme.....	42
Figura 12 - organizzazione studi. Osservatorio Professione Architetto CNAPPC-Cresme.....	43
Figura 13 -schema BIM workflow (*)	45
Figura 14 - Eisenman, Wexner Art Center. www.arcduecitta.it	48
Figura 15 - stock - Cresme/ISTAT	51
Figura 16 – Abitazioni non occupate o occupate da persone non residenti (var % 2011/2001). ANCE	51
Figura 17 - epoca abitazioni. Cresme/ISTAT.....	52

Figura 18 - epoca residenziali. Cresme/ISTAT.....	53
Figura 19 - crescita demografica prevista. Cresme/ISTAT	54
Figura 20 – Tassi di crescita annui degli Investimenti in rinnovo edilizio per comparto. Cresme	55
Figura 21 - Andamento domanda secondo architetti. CNAPPC/Cresme	56
Figura 22 - Costi medi interventi sisma 2009 (* su dati CNAPPC/Cresme).....	57
Figura 23 - valore produzione. www.cresme.it , Le resistenze delle costruzioni all'aumento della produttività e all'innovazione, articolo di Lorenzo Bellicini. 58	
Figura 24 - vista area del Lingotto Torino. www.museotorino.it	60
Figura 25 - future food district. www.carloratti.com	62
Figura 26 - BIM e facility management. (*)	65
Figura 27 - percorso laser scanner piano terra - Villa Mariotti- Micheli (*)	82
Figura 28 - decentramento della stazione all'ingresso dell'androne (*).....	83
Figura 29 (in alto e in basso) - calibrazione delle nuvole di punti (*)	84
Figura 30 - Vista aerea di villa Mariotti-Micheli (*)	85
Figura 31 - Ortofoto Villa Mariotti-Micheli (* aerofotogrammetria realizzata in collaborazione con il Prof. Riccardo Roncella).....	86
Figura 32 - tempistiche campagna laser scanner - Villa Mariotti - Micheli (*).88	
Figura 33 - Confronto tra le tipologie di indagine e gli ambiti di analisi del costruito (*)	91
Figura 34 - pianta dei saggi endoscopici (*).....	97
Figura 35 - alcuni fotogrammi dell'immagine endoscopica (*)	98
Figura 36 - restituzione stratigrafica delle indagini endoscopiche (indagini e grafici a cura di Matteo Battelli e Laura Cagni).....	99
Figura 37 - termogrammi, a sinistra l'orditura del laterocemento mentre a destra l'andamento degli impianti (*).....	100
Figura 38 - riscaldamento degli ambienti per le indagini termografiche (*) ...	101
Figura 39 - termogramma del muro perimetrale dopo il riscaldamento della parete (*)	101
Figura 40 - zone umide della parete (*)	102
Figura 41 - metodo di estrapolazione grafica tramite sezioni multiple proiettate (*).....	103
Figura 42 - quadro fessurativo 3d (*)	104

Figura 43 (in alto e in basso) - centralità del modello infografico (*)	110
Figura 44 - LOD nella UNI 11337:2017 in relazione al LOR (*).....	113
Figura 45 - stralcio NTC 2008, Livelli di Conoscenza (NTC 2008).....	114
Figura 46 - Definizione del LOR (*)	115
Figura 47 - Riparazione superfici mesh.....	116
Figura 48 - Integrazione tramite modellazione solida.....	117
Figura 49 - Anastilosi chiesa di San Ludovico a Parma	118
Figura 50 - Estrapolazione diretta del solido da immagine raster	118
Figura 51 - Confronto tra anastilosi e documento iconcografico	119
Figura 52 - Ricostruzione volta della Sala Verdi al conservatorio Boito di Parma	120
Figura 53 - Ricostruzione modello BIM di villa Micheli Mariotti tramite l'utilizzo di nuvola di punti, particolare (*).....	123
Figura 54 - Ricostruzione modello BIM di villa Micheli Mariotti tramite l'utilizzo di nuvola di punti (*).....	124
Figura 55 - estrapolazione sezioni da modello mesh (*).....	124
Figura 56 - Utilizzo dei parametri (*)	125
Figura 57 - trasformazione diretta del modello discreto (*)	126
Figura 58 - settaggio superficie patch (*)	127
Figura 59 - caratterizzazione dell'elemento trasformato (*).....	127
Figura 60 - ricostruzione parametrica del soffitto voltato per estrusione (*) .	128
Figura 61 - oggetto discreto importato come modello generico in Revit (*) ..	128
Figura 62 - estrazione delle curve principali che descrivono la forma della finestra (*)	130
Figura 63 - modellazione completa della finestra (*).....	131
Figura 64 - Modellazione del volume vuoto dell'intradosso della volta (*).....	132
Figura 65 - Inserimento del volume vuoto della volta (*).....	133
Figura 66 (in alto e in basso) - modellazione tramite l'uso di strumenti parametrici che si adattano alla nuvola di punti (*)	134
Figura 67 - Metodi di trasformazione del modello discreto in modello parametrico (*).....	135
Figura 68 -Termografia fotoraddrizzata della muratura di Villa Mariotti - Micheli, Montechiarugolo (PR), (*).....	136

Figura 69 - Termografia fotoraddrizzata di un solaio dell'edificio comunale di Busana (RE) (*)	136
Figura 70 - schema AVAUPE (*).....	138
Figura 71 - fotogramma endoscopico.....	140
Figura 72 – spaccato villa Micheli-Mariotti (*)	141
Figura 73 - pianificazione campagna endoscopica (*)	141
Figura 74 - abaco delle stratigrafie dei pavimenti di Villa Mariotti-Micheli (*)	142
Figura 75 – distribuzione unità stratigrafiche (*)	143
Figura 76 - abaco unità stratigrafiche (*)	144
Figura 77 - cartografie storiche sede ex-Banca d'Italia, Parma (*)	145
Figura 78 - ricostruzione fasi storiche dell'edificio ex-sede Banca d'Italia, Parma. (*).....	146
Figura 79 - schema BIM model checking (*).....	147
Figura 80 - locali piano terra villa Mariotti-Micheli (*).....	147
Figura 81- abaco locali villa Mariotti-Micheli (*).....	148
Figura 82 - settaggio valori calcolati abaco	149
Figura 83 - abaco RAI (*).....	149
Figura 84 - comparazione superfici disperdenti e superfici di intervento (*) .	150

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio mia madre mio padre per avermi sostenuto in ogni circostanza.

Ringrazio la Prof.ssa Maria Melley per la sua fiducia nella mia persona, per la pazienza, la disponibilità e la professionalità fornite negli anni del corso di Dottorato di Ricerca.

Ringrazio anche i professori: Paolo Giandebiaggi, Andrea Zerbi, Chiara Vernizzi, Riccardo Roncella, Eva Coisson, Carlo Mambriani, Francesco Freddi, Fabio Bozzoli, Carlo Quintelli e Carlo Gandolfi per avermi fornito interessanti spunti utili alla mia ricerca e un solido supporto nel percorso di formazione.

Ringrazio inoltre il Coordinatore della Scuola di Dottorato di Ingegneria e Architettura Andrea Carpinteri per essere sempre stato disponibile ed esaustivo nello svolgimento delle fasi amministrative e didattiche del corso.

Ringrazio i professionisti: Laura Cagni, Matteo Battelli, Valerio Mazzei, Giuseppe del Frate e Giovanni Ricci per avermi aiutato attivamente nelle fasi di ricerca applicata.

Ringrazio tutti i dottorandi, gli assegnisti e il personale del Dipartimento di Ingegneria e Architettura.

Infine ringrazio gli amici senza i quali questo percorso sarebbe risultato sicuramente più difficile: Anna, Andrea, Pietro ed Elisa.

