

# Tra disegno e simulazione: una ricostruzione digitale del progetto dei Musei Civici di Padova di Maurizio Sacripanti

Paolo Borin, Cosimo Monteleone, Rachele A. Bernardello,  
Angelo Gazzetta, Carlo Zanchetta

## Abstract

*Quale valore può essere attribuito agli edifici che non trovano completamento? È una domanda alla quale si cerca di dare risposta analizzando un progetto architettonico non realizzato. È certo che i significati configurativi e tecnologici che rappresentano possono essere altrettanto influenti e ispiratrici di molte strutture finite.*

*Emerge dunque l'interessante occasione per poter descrivere e studiare l'architettura non realizzata a partire dai disegni e documenti conservati, impiegando tecnologie digitali che consentono di fornire un approccio differente allo studio di questa tipologia di progetti, implementando l'analisi storica negli ambienti di simulazione digitale. Dalla ricostruzione digitale informatizzata dell'opera, che rappresenta il clone digitale dell'edificio in potenza, è possibile condurre una serie di analisi strutturali, illuminotecniche e fluidodinamiche per analizzare l'opera secondo un processo qui definito come Hypothetical Engineering.*

*In questo lavoro si propone una ricostruzione dei Musei Civici di Padova di Maurizio Sacripanti. Per ciascuna simulazione effettuata è stato possibile studiare le varie soluzioni alternative proposte dall'architetto, confrontandole con le pratiche costruttive e le norme di riferimento del tempo, mantenendo un approccio volto a dimostrare l'originalità del progetto, indagarne la reale costruibilità e validare alcune soluzioni tecnologiche fondate nelle capacità geometriche del progettista.*

*Parole chiave: BIM, Sacripanti, Musei Civici, simulazione, Hypothetical Engineering.*

## Introduzione

«A Padova ho progettato un museo ripensando a come sono nati i musei e a dove stavano, prima, le opere d'arte. Un'immagine della Madonna era legata all'inginocchiamento, a certe gestualità [...] comunque il visitatore si diventerà perché invece di vedere un'opera ne può vedere 27» [Sacripanti 2015, p. 82]

Lo studio proposto affronta la ricostruzione digitale del progetto di Maurizio Sacripanti (1916-1996) per i Musei Civici di Padova. Sebbene il progetto dell'architetto romano si sia classificato al primo posto del concorso nazionale, tenuto nel 1966, esso non fu mai realizzato a causa di continui attacchi relativi ai costi che forme così ardite avrebbero comportato. Da allora il progetto ha

assunto l'aura del mito e, anche per questo motivo, è stato poco esplorato [Albisinni, De Carlo 2011]. Questo studio propone una rilettura ragionata di quest'opera rivoluzionaria per mezzo di differenti chiavi di lettura: linguistiche, tecniche e prestazionali. La ricerca è stata svolta attraverso l'esame critico delle rappresentazioni di progetto, che hanno denotato alcune imprecisioni e incoerenze [Gazzetta 2016]. In una seconda fase le informazioni sono state sintetizzate all'interno di un modello BIM, quale strumento di organizzazione della conoscenza: si tratta di un continuo adattamento alle tecniche di analisi del progetto sotto gli aspetti geometrici e funzionali, aggiornando la tradizione della scuola italiana [Sgrosso 2000; Docci, Chiavoni 2017]. In questo

studio il modello informativo non costituisce soltanto una banca dati che associa informazioni alle geometrie, ma incarna il punto di partenza per una serie di simulazioni virtuali che coinvolgono la struttura in acciaio, gli apparecchi illuminanti, le condizioni di *comfort* termico, in modo da comprendere pienamente sia l'effettivo valore del progetto sia la sua costruibilità.

### Indipendenza ed evoluzione del disegno in Sacripanti

Molti indizi lasciano credere che Sacripanti fosse fermamente convinto che le arti avessero un fine unico, non a caso fu un assiduo frequentatore degli ambienti artistici di Roma nel dopoguerra. Negli anni Sessanta egli partecipò attivamente alla corrente della neoavanguardia ed era molto attento persino alla sperimentazione musicale portata avanti negli Stati Uniti da John Cage (1912-1992). In quegli stessi anni Sacripanti aveva stret-

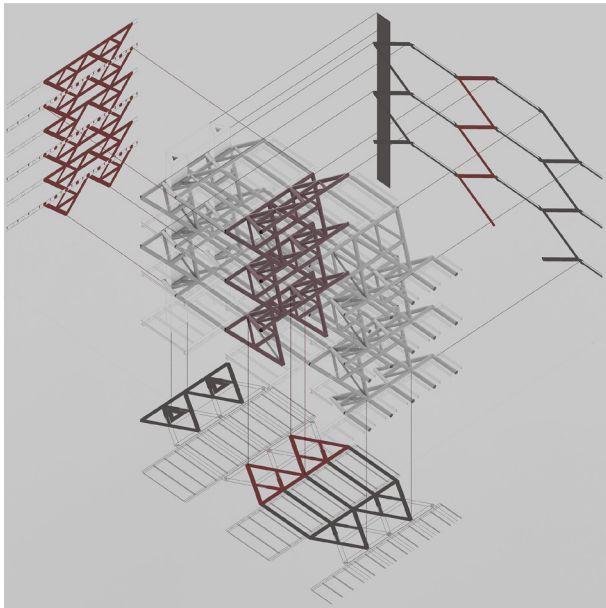


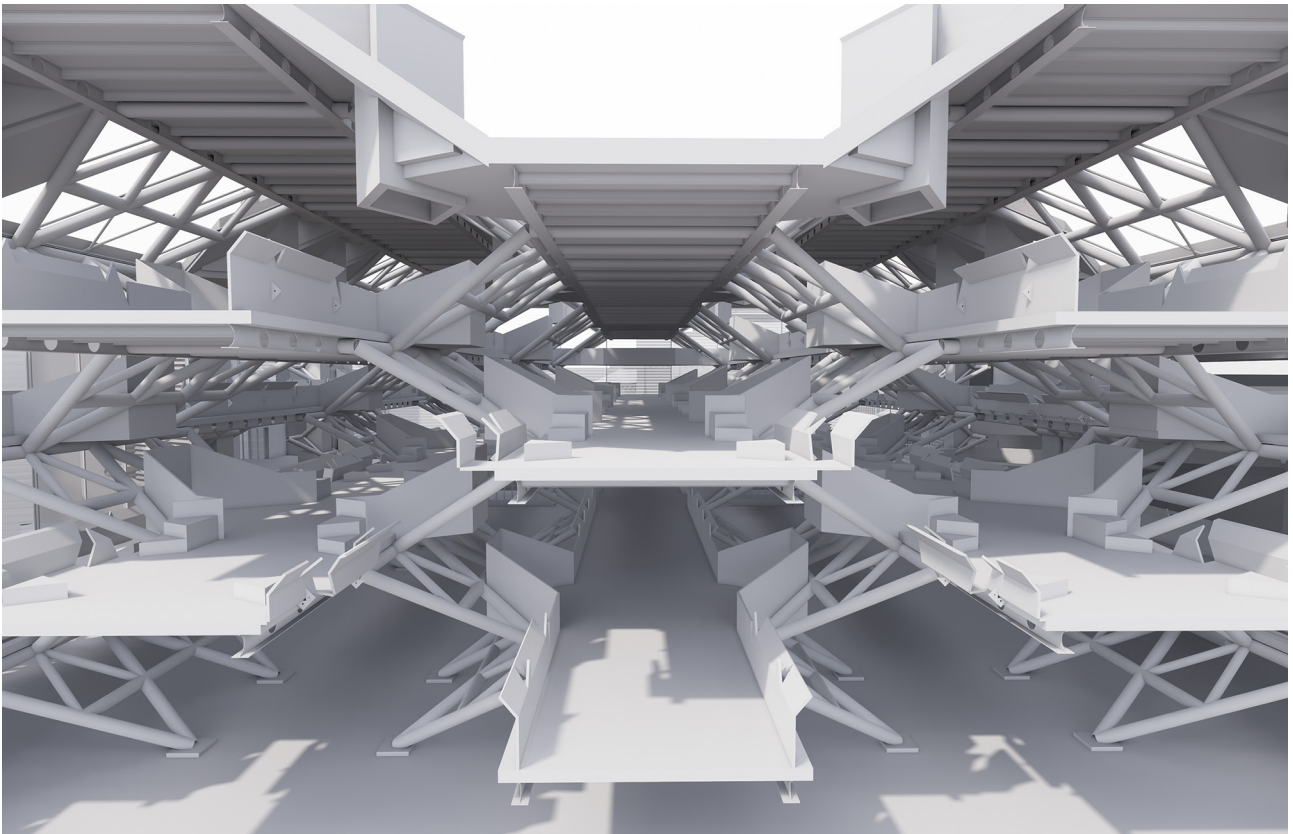
Fig. 1. Vista assonometrica del modello BIM: elementi strutturali trapezoidali su piani inclinati (Elab. digitale P. Borin).

to rapporti di amicizia con il più grande protagonista della scuola artistica romana, Mario Mafai (1902-1965), e con alcuni altri pittori, come Achille Perilli (1927) e Gastone Novelli (1925-1968). Questa breve nota biografica è necessaria per comprendere pienamente il ruolo primario e indipendente che l'architetto romano assegnò al disegno d'architettura, inteso come strumento per visualizzare un'idea di progetto.

In un contesto artistico così fluido e articolato, come quello che si delineò nella capitale a metà del secolo scorso, i disegni per il museo degli Eremitani di Padova si stagliano come una rivoluzione descrittiva apportata nel panorama italiano del tempo. Il museo degli Eremitani è un'architettura nella quale la modularità razionalista è alla base di una *ars combinatoria* che regola la crescita e l'evoluzione tanto dei singoli elementi, quanto dell'insieme. I disegni rivelano un procedimento compositivo che ordina le superfici tramite la ripetizione di un modulo a losanga, la cui traslazione genera una specifica stratificazione del segno. Come magistralmente ha notato Franco Purini, che proprio negli anni Sessanta cominciò a collaborare col maestro, i disegni di Sacripanti sarebbero da interpretare non tanto come un «sostituto della realizzazione, quanto un ambito parallelo nel quale le sue proposte vivessero una condizione di sospensione attiva, una condizione in cui esse fossero, per così dire, presenti nella cultura progettuale come modelli che potevano essere ripresi e modificati» [Purini 2011, p. 36]. Quindi, l'obiettivo principale dei disegni di Sacripanti per il museo degli Eremitani di Padova è esprimere allo stesso tempo un'attitudine visionaria e un senso di forte concretezza. Il suo modo di rappresentare l'architettura possiede, infatti, una propria autonomia formale che avvicina la sua espressione grafica ad un'opera d'arte. I disegni per il museo patavino esprimono un'idea precisa, e cioè che l'audacia costruttiva che il progetto richiede per divenire realtà è del tutto possibile.

Intorno al ruolo del disegno d'architettura Sacripanti ha lasciato una significativa opera teorica dal titolo *Il disegno puro e il disegno dell'architettura* che chiarisce un aspetto poco indagato del suo modo di rappresentare, ossia la relazione che intercorre tra l'evolversi della "perizia disegnativa" con il pensiero dell'architettura [Sacripanti 1953]. Infatti, con intuizione pionieristica egli aveva già compreso a metà dello scorso secolo – quindi molto prima della rivoluzione digitale – che il disegno non è solo uno strumento per rappresen-

Fig. 2. Spaccato prospettico del modello BIM (Elab. digitale P. Borin).



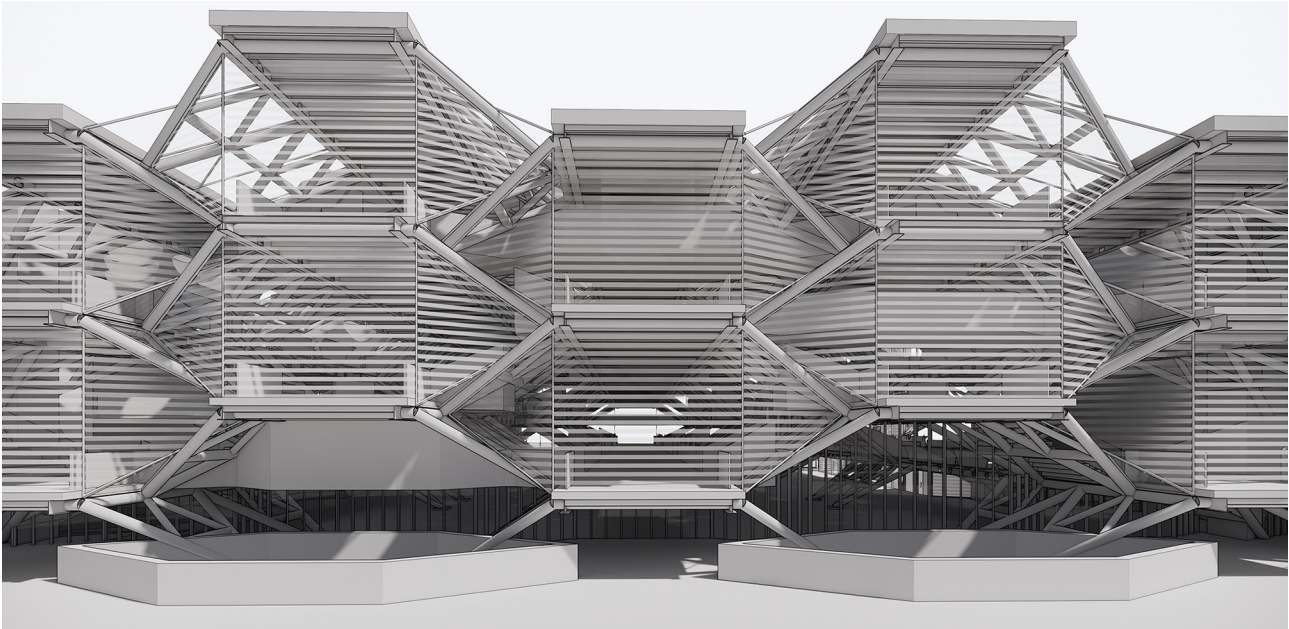


Fig. 3. Vista prospettica del modello BIM: facciata sud (Elab. digitale P. Borin).

tare l'architettura, ma anche un mezzo espressivo che cambia nel tempo, seguendo l'evoluzione storica delle tecnologie. Per l'architetto romano ogni tecnica rappresentativa, ideata nella storia evolutiva, costituisce uno strumento diverso per rappresentare e introdurre nuove grammatiche espressive. È in questi termini che devono essere interpretate le analisi digitali che seguono, perché i "tempi evolutivi" sono ormai maturi per indagare una rinnovata vita virtuale donata al progetto dei Musei Civici di Padova.

#### La modellazione BIM dei Musei Civici di Padova

«Si prevede l'esecuzione in officina di elementi parziali, compatibilmente con le esigenze di trasporto, e il loro montaggio in opera mediante giunti bullonati a flangia» [1]

Il progetto per i Musei Civici di Padova esplicita la volontà, già espressa in altre esperienze progettuali,

dell'architetto romano di andare a realizzare delle opere orientate alla prefabbricazione. In accordo con tale impostazione, la modellazione BIM strutturale ha avuto come obiettivo prima la definizione dei componenti della struttura verticale a portali consecutivi, composta da piedritti a base trapezoidale insistenti su piani inclinati (fig. 1), poi la simulazione strutturale dell'opera. Dal punto di vista della modellazione, l'approfondimento svolto ha riguardato la possibilità di definire macro-elementi strutturali valutando le caratteristiche di fattibilità e trasportabilità [Bernstein, Gudgel, Laquidara-Carr 2011]. Costruendo virtualmente il processo di prefabbricazione, è stato possibile definire 3 soluzioni, diverse per dimensioni di sottocomponenti da saldare in officina, numero di giunti bullonati, valutando quelli a vista per ragioni estetiche, viaggi necessari al trasporto e opere previsionali utili al loro assemblaggio in cantiere. In dettaglio, un'analisi multicriteriale ha reso evidente l'efficacia di una soluzione che preferisse minimizzare le opere di sostegno. Essa è composta da

5 macro-elementi: tre cavalletti che formano un piedritto e due elementi a "V" necessari al completamento del sistema trapezoidale. Tale soluzione costruttiva non solo ha un evidente impatto sui costi di progetto, ma ha influenzato le analisi strutturali del manufatto.

Da un punto di vista architettonico, l'obiettivo di questa fase è stato il raggiungimento di una conoscenza approfondita del progetto, soprattutto in quelle peculiarità e problematiche che avrebbero potuto contraddistinguere e condizionare la successiva fase realizzativa. Il modello architettonico virtuale ha, quindi, reso possibile lo studio delle chiusure verticali e inclinate, dei solai, degli elementi di collegamento verticale, del sistema espositivo e di sicurezza degli ambienti (fig. 2). Le facciate sono state concepite come una serie di lamine inclinate, alternativamente verso l'alto e verso il basso, con elementi rispettivamente opachi e trasparenti, tali da evitare la componente diretta di irraggiamento solare. La complessità di questi elementi non è da sottovalutare: mentre la porzione della facciata a conclusione dei ponti è verticale, alcune porzioni seguono l'andatura dei piedritti trapezoidali, rendendo particolarmente delicata la realizzazione e l'installazione delle superfici vetrate (fig. 3).

Un secondo elemento di analisi progettuale attraverso il modello digitale è stato il sistema di arredamento progettato da Sacripanti, secondo uno schema "parametrico" ad elementi ripiegabili. Questi, diventando dei parapetti, adempiono allo stesso tempo sia alla funzione estetica di completamento visivo "mutevole" del ponte, sia alla funzione museale in quanto sostegno delle opere. Lo studio in questione ha permesso di costruire una libreria di oggetti BIM, costituiti, come previsto nelle tavole progettuali, da 7 pannelli lignei a base triangolare, rettangolare e trapezoidale. Essi vengono assemblati, attraverso cerniere a sezione triangolare, in 3 configurazioni differenti: una prima garantisce l'esposizione di oggetti di piccole dimensioni, diventando eventualmente una seduta, la seconda e la terza, più larghe, prevedono invece l'aggancio di elementi metallici per l'esposizione delle opere pittoriche. La funzione museale è completata da schemi di «invasi adatti ai vari tipi di allestimento». Ogni schema è composto da un set delle 3 configurazioni descritte prima: è sufficiente assegnare un computo metrico ad ogni schema così impostato per ottenere il controllo totale della spesa per gli allestimenti. Questa organizzazione del modello

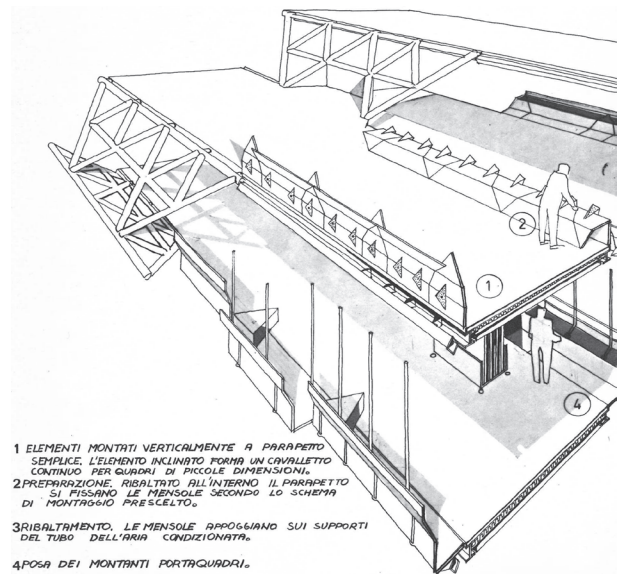


Fig. 4. Montaggio dei sistemi di arredo per l'esposizione delle opere d'arte (Sacripanti, 1973).

BIM replica, in via informativa, il controllo delle prestazioni economiche descritte da Sacripanti. Nelle stesse tavole di allestimento si intuisce uno schema di impianto meccanico di distribuzione dell'aria. Anche in questo caso la scelta del progettista è quella dell'integrazione: il canale di distribuzione in acciaio, a sezione quadrata, è ancorato, grazie a flange metalliche, alle travi HE400 longitudinali che collegano i piedritti trapezoidali. La tubazione viene ruotata di 45° in modo da rendere congruente, geometricamente e staticamente, l'appoggio alle cerniere triangolari dei parapetti (figg. 4, 5).

### Il valore evolutivo della modellazione informativa nell'approccio modulare alla progettazione

Il linguaggio progettuale di Sacripanti, basato sulla reinterazione di componenti tecnologiche integrate, trova una attualizzazione ideale, dal punto di vista metodologico e tecnologico, nella sua traduzione in modelli informativi interdisciplinari che hanno la capacità di

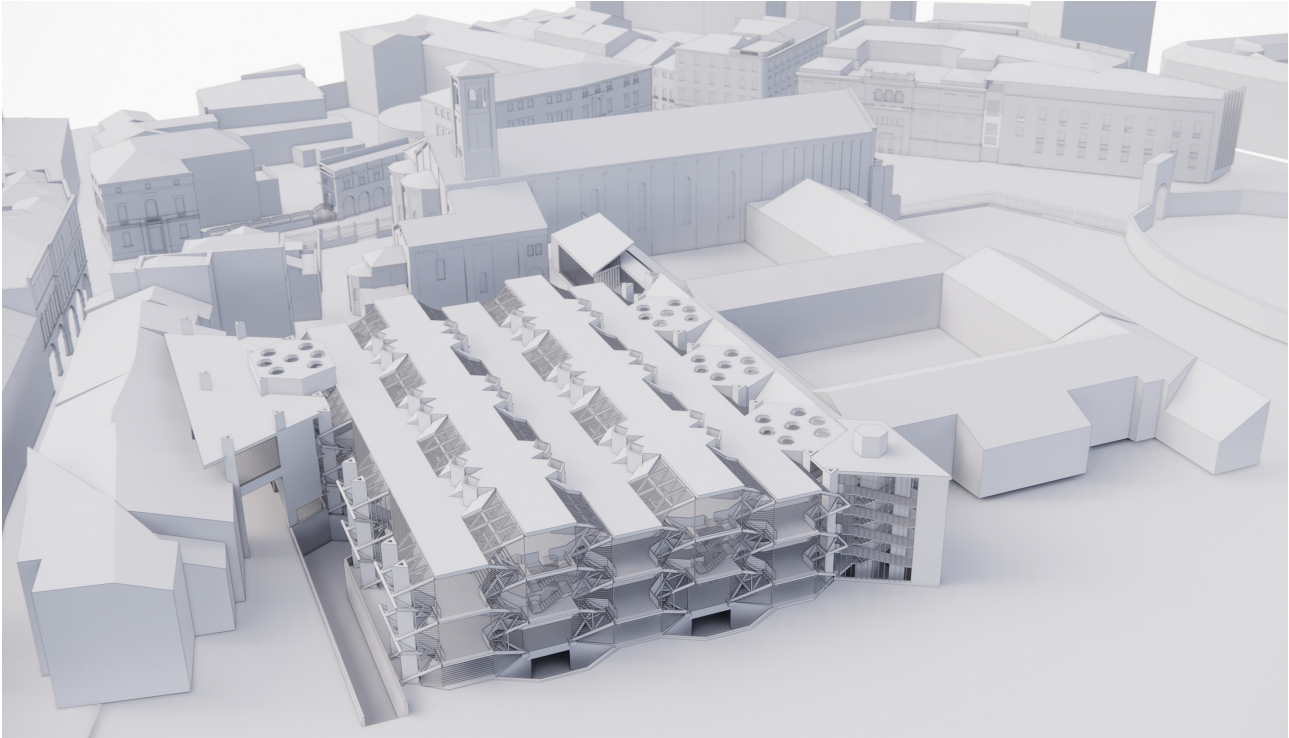


Fig. 5. Vista aerea all'interno del tessuto storico padovano (Elab. digitale P. Borin).

mettere in luce i limiti tecnologici della proposta e gli aspetti organizzativi e realizzativi che questa sottende. Il progetto indica una possibile linea di sviluppo di un linguaggio progettuale basato su componenti modulari a comportamento reciproco, che arricchisce l'architettura piuttosto che depauperarla.

Tale operazione, oltre ad avere una valenza storico disciplinare, permette di sviluppare una riflessione sul valore della prefabbricazione e della progettazione modulare, oltre che sulle potenzialità del *Building Information Modeling* quale strumento di indagine del progetto.

L'affermazione del BIM ha favorito la diffusione dei sistemi di prefabbricazione nel processo edilizio: causa ne è il fatto che il BIM favorisce un approccio alla progettazione orientato alla definizione di sistemi e subsi-

stemi che possono tradursi in assiemi e parti d'opera soggette a prefabbricazione [Sacks, et al. 2011].

Contestualmente questo è conseguenza della necessità di progettare in modo sostenibile e con approcci LEAN, adottando quindi misure di controllo sulle prestazioni e sulla qualità dei processi quali appunto la modellazione informativa. I diretti beneficiari della implementazione di questa metodologia sono le imprese di costruzioni, tuttavia la vera finalità di questa innovazione è il raggiungimento di una sorta di prefabbricazione customizzata altresì detta personalizzazione di massa [Thuesen and Jonsson 2009]. Questo approccio vede nello sviluppo di componenti variabili e variamente integrabili la possibilità di immettere nel mercato prodotti customizzati basati su una produzione di tipo industrializzato favorendo un incremento

della qualità, una riduzione dei costi e una conseguente maggiore marginalità.

Il BIM, favorendo una progettazione basata su modelli parametrici di elementi tecnici, supporta significativamente un approccio di questo tipo. [Nawari 2012] La parametricità dei componenti esplicita le regole che derivano dalla produzione degli stessi [Singh, et al. 2015] consentendo una modellazione personalizzata, ma allo stesso tempo orientata alla standardizzazione [Van Nelderveen, et al. 2009].

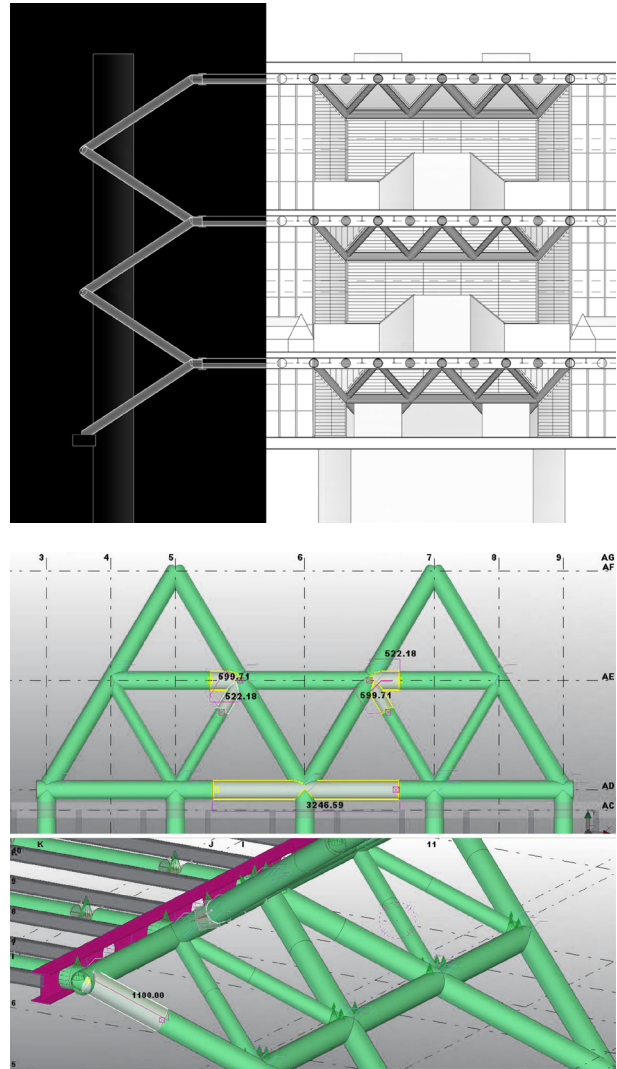
È interessante valutare, attraverso la modellazione informativa del progetto di Sacripanti, come il suo contributo al linguaggio architettonico espliciti le potenzialità menzionate, in un'epoca in cui ancora non esisteva il disegno assistito. Da questa considerazione relativa alla metodologia e alla strumentazione operativa relativa ai progetti *precast-oriented*, consegue un'altra più importante assunzione, ovvero che tutti i benefici apportati dalla prefabbricazione possono essere goduti solamente se questa viene diffusa su tutto il processo edilizio. Assicurare il trasferimento del progetto e del sistema informativo alla fase realizzativa significa pensare per processi costruttivi ossia attuare quello che MacLeamy definisce *Building Assembly Modeling* o BAM [Thomas, et al. 2015]. Tale obiettivo pone questioni che riguardano i limiti attuali della interoperabilità in ambito edilizio operante su IFC introducendo il tema della connessione tra BIM e *Product Lifecycle Management* (PLM) [Jeong, et al. 2009]. Pur essendo IFC uno schema molto ricco, esso non è un formato appropriato per passaggio di dati specifici legati ad esempio al settore manifatturiero. Di nuovo, affrontare la sfida della integrazione informativa significa pensare a standard di scambio delle informazioni tra piattaforme differenti o, in termini normativi, definire un IDM (*Information Delivery Manual*) che descriva i processi di costruzione dei componenti così da poterne disciplinare i processi di integrazione informativa al variare dei modelli digitali che li rappresentano.

Sono questi i temi che sottendono l'esercizio di digitalizzazione di un progetto radicale quale quello di Sacripanti. La disponibilità di un modello informativo ha di fatto permesso di mettere in luce alcuni aspetti essenziali del progetto di architettura in relazione alla sua conformità e alla sua costruibilità.

Dal punto di vista della conformità la disponibilità di un modello interdisciplinare permette di comprendere come quel tipo di architettura in quella fase storica rap-

Fig. 6. Sezione longitudinale. Sono evidenziati architravi e piedritti (Elab. digitale A. Gazzetta).

Fig. 7. Viste del modello strutturale e delle possibili connessioni in Trimble Tekla (Elab. digitale A. Gazzetta).



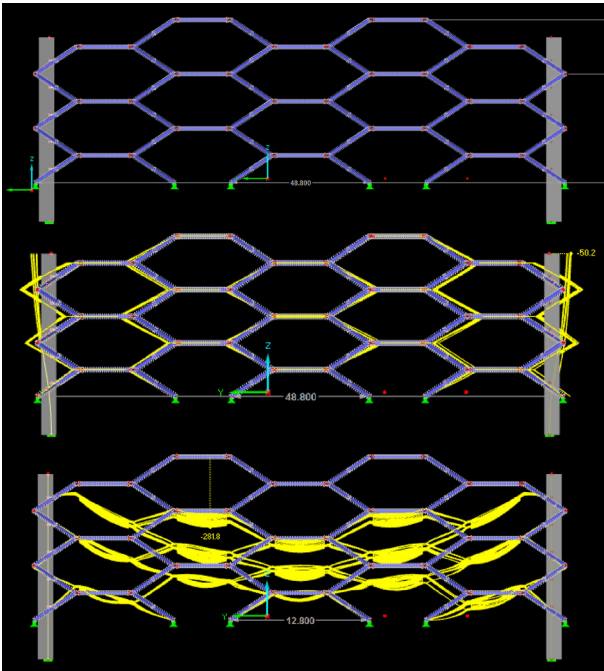


Fig. 8. Prospetto dello schema strutturale esportato in Dlubal RFEM. Analisi sugli spostamenti verticali ed orizzontali (Elab. digitale A. Gazzetta).

presentasse sfide a volte eccessive rispetto alle conoscenze di cui disponevano i progettisti e gli installatori. Il progetto espone infatti, oltre ai limiti illuminotecnici e termoigrometrici evidenziati nel presente articolo, anche una impostazione strutturale problematica.

Contestualmente, dal punto di vista della costruibilità, la definizione degli assiemi e delle rispettive interfacce determina questioni di carattere tecnologico che non possono essere demandate al costruttore in quanto, proprio in funzione della definizione delle interfacce tecnologiche trovano soluzione i limiti progettuali messi in luce dalle analisi sulla conformità del progetto.

La struttura è concepita come una serie sovrapposta a moduli sfalsati di cavalletti metallici reticolari identici tra loro. Ciascun modulo scarica il peso dell'impalcato afferente, mediante quattro punti di appoggio. Il primo impalcato è vincolato a terra mentre i livelli soprastanti scaricano, a piani sfalsati, sui livelli inferiori. Lo schema

che si viene a generare è quello di una struttura reciproca in cui progressivamente le forze orizzontali sono compensate dalla presenza degli impalcati sottostanti o dai contrafforti perimetrali (figg. 6, 7).

Le analisi strutturali effettuate evidenziano come la soluzione proposta soffrisse di due problematiche sostanziali:

- lo schema statico dei cavalletti sovrapposti esponeva dei problemi di labilità qualora i nodi del singolo cavalletto non fossero stati progettati per costituire vincolo interno rigido;

- il sistema dei contrafforti non era sufficiente a limitare gli spostamenti massimi richiesti da normativa (fig. 8).

Entrambe le problematiche evidenziate trovano risposta nei processi di produzione dei cavalletti in quanto:

- la suddivisione in conci prefabbricati permetteva da un lato di risolvere la labilità interna potendo agire direttamente sulle giunzioni saldate al fine di realizzare i nodi in continuità;

- una suddivisione in conci che ponesse un giunto in corrispondenza del nodo passerella-piedritto avrebbe probabilmente impedito di poter correggere le criticità precedentemente evidenziate.

Sono state individuate tre possibili soluzioni di componenti semplici intesi come sotto-moduli che potessero andare a comporre il modulo del telaio tipico rispettando i parametri di progetto (fig. 9):

- tipologia 1: suddivisione del piedritto in conci piani di travi a sviluppo orizzontale;

- tipologia 2: suddivisione della cavalletta in conci che mantengono la continuità del nodo tra piedritti e impalcato;

- tipologia 3: suddivisione in conci giuntati nel collegamento tra piedritto e impalcato di piano.

Per la valutazione del tipo di assemblaggio migliore si è ipotizzato di valutare qualitativamente in una scala da 0 a 3 le principali caratteristiche che influenzano la progettazione di componenti prefabbricati. Inoltre, è stato adottato un criterio di pesatura che consentisse di aumentare o diminuire il livello di vincolo di ciascun parametro. Si è considerato di adottare un coefficiente 2 per i giunti a vista e per le strutture previsionali. Per il numero di viaggi si è mantenuto un coefficiente 1, mentre per i giunti bullonati si è assunto coefficiente 0,5. Questo tipo di proposta viene assunta in maniera qualitativa per permettere di realizzare una scala di importanza, naturalmente la pesatura potrebbe essere variata in funzione delle esigenze del committente, del progettista o del costruttore.



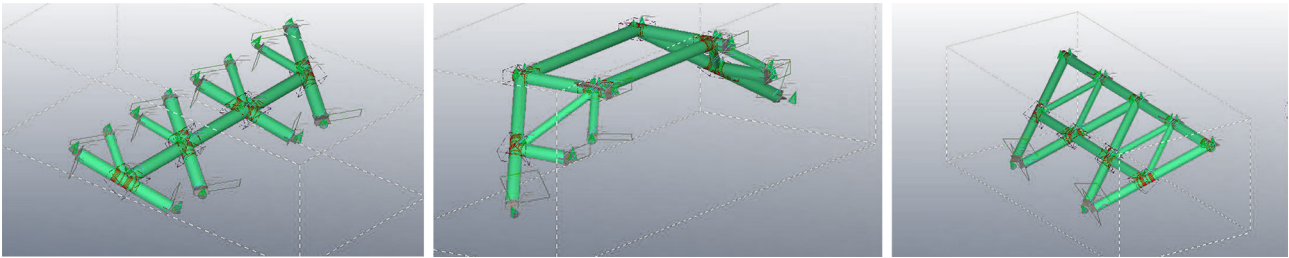


Fig. 9. Viste dei conci relativi alla tipologia 1, 2, 3 (Elab. digitale A. Gazzetta).

Assemblaggio	Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3	PESO Criterio
# giunti bullonati	0	2	3	0,5
# viaggi	3	0	1	1
# strutture previsionali	1	3	0	2
# giunti a vista	0	1	3	2
TOTALE pesato	5	9	8,5	

La proposta migliore di assemblaggio della struttura, secondo questo metodo di pesatura, è la seconda, perché ha il vantaggio di non aver bisogno di opere previsionali. Sono presenti inoltre pochi giunti bullonati da fissare in cantiere. È da notare però che se in un'altra pesatura venisse considerato più vincolante l'aspetto del numero di viaggi, soprattutto visto il costo importante dei trasporti eccezionali, rispetto alle opere previsionali, la soluzione che risulterebbe migliore sarebbe la numero 3 che però avrebbe esposto importanti criticità a livello di schema statico generale.

### Le prestazioni impiantistiche nella progettazione dei Musei Civici

L'idea innovativa della soluzione compositiva di Sacripanti e la concezione museografica delle forme progettate, sollevò alcuni dubbi relativamente alla fattibilità e alla realizzabilità dello stesso, in particolar modo per quanto riguarda gli aspetti funzionali ed impiantistici. Nel percorso di analisi del progetto, tramite modello BIM, una parte è stata dedicata agli aspetti che anche allora erano risultati critici, adottando gli strumenti del processo di modellazione informatizzata che legano il progetto architettonico,

strutturale e impiantistico alla possibilità di simulare il funzionamento dell'edificio durante il suo utilizzo. Nella progettazione di un sistema museale e archivistico va ricercato il giusto equilibrio tra il *comfort* termico e il risparmio energetico attraverso l'ottimizzazione dei sistemi HVAC, bilanciando così l'efficienza dei sistemi impiantistici con il *comfort* per i visitatori e gli *standard* conservativi [Karmann, Schiavon, Bauman 2017]. L'implementazione di simulazioni illuminotecniche (fig. 10) e fluidodinamiche al progetto dei musei civici di Padova, inerente alle condizioni microclimatiche interne, ha permesso di aumentare la consapevolezza del progetto, partendo anche dalle poche informazioni documentali relative a disposizione. Inoltre la restituzione del progetto tramite un modello informatizzato permette di affrontare una seconda questione, di grande centralità oggi, relativa alla gestione nel

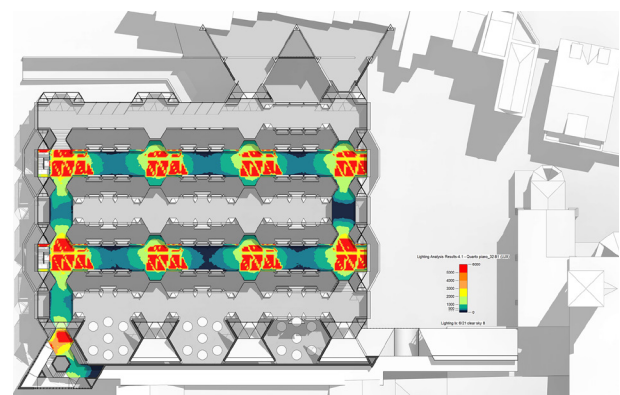


Fig. 10. Planimetria del modello BIM (livello 4): analisi cumulativa al solstizio estivo delle condizioni illuminotecniche interne (Elab. digitale P. Borin).

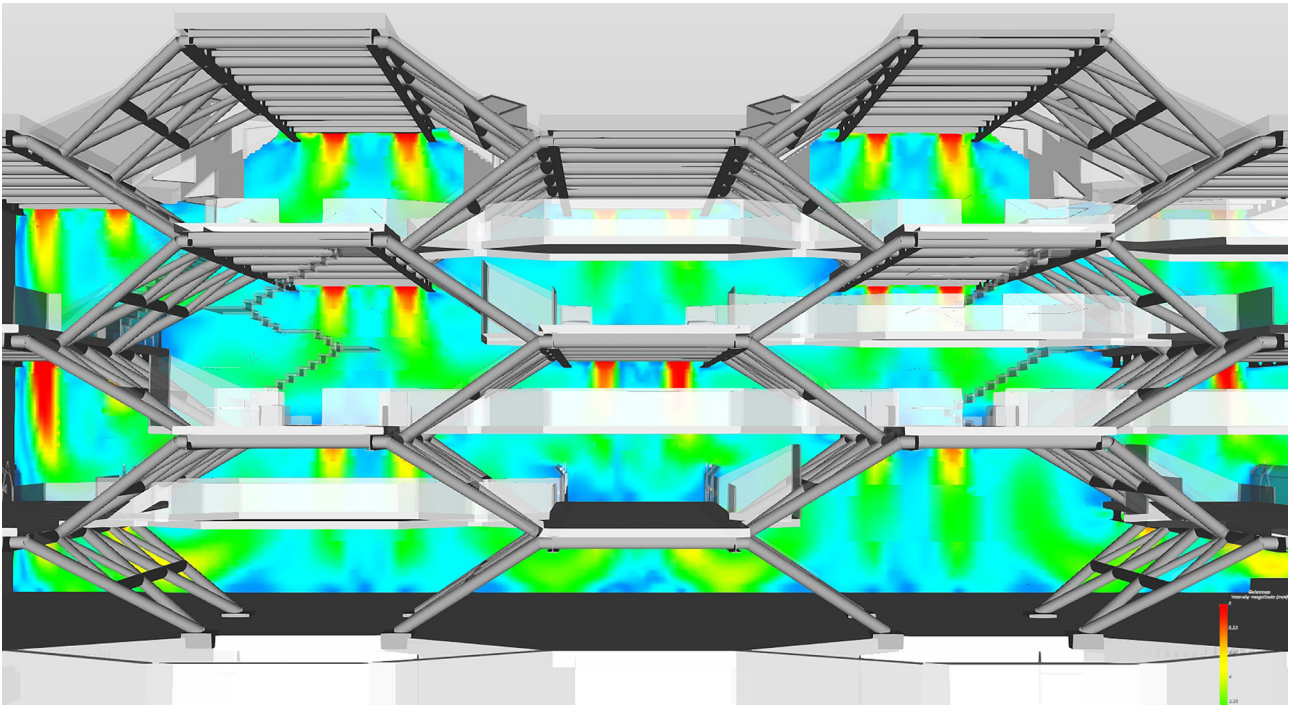


Fig. 11. Spaccato prospettivo del modello fluidodinamico: analisi in condizioni estive, velocità del fluido (m/s) (Elab. digitale R.A. Bernardello).

progetto architettonico dei sistemi prefabbricati impiantistici per opere di una significativa complessità, al fine di garantire le *performance* descritte sopra.

La variazione delle condizioni ambientali esterne, la vetustà degli edifici, il gran numero di visitatori, l'illuminazione sono i principali fattori esterni che possono influire sul rapido deterioramento delle opere d'arte esposte in un museo. A questo proposito, le particolarità del manufatto progettato da Sacripanti sono preziose per affrontare la commistione dei due temi prima definiti. Si tratta infatti di una successione di elementi spaziali-funzionali lineari, sorretti da un modulo strutturale esagonale "a ponte", che si collocano tuttavia all'interno di un ambiente di progetto unico nel suo genere. L'impiego di ampie superfici vetrate anche all'interno, per le quali il progettista fu chiamato a fornire maggiori dettagli in una relazione circa le soluzioni da adottare, rende la soluzione tecnico - impiantistica ancora più critica [2].

Per rendere le simulazioni illuminotecniche e fluidodinamiche più attendibili sono stati analizzati i requisiti progettuali del sistema di condizionamento e riscaldamento e l'utilizzo dei materiali, in particolare per le superfici vetrate (vetri doppi atermici traslucidi per i lucernai, strisce orizzontali opache di materiale plastico, rivolte verso l'alto e alternate a strisce trasparenti, rivolte verso il basso, per le pareti verticali), all'interno del processo BIM infatti è stato possibile lo scambio informativo tra i due tipi di simulazioni implementando il settaggio dei parametri nell'analisi CFD con i dati ottenuti dalle simulazioni illuminotecniche, in particolare modo relativi all'irraggiamento sui lucernai a soffitto e sulla pavimentazione (figg. 11, 12).

Il dimensionamento degli impianti, la gestione delle incongruenze che potrebbero verificarsi nella coesistenza di più elementi nel sistema-solaio, la produzione di computi e la preparazione del modello meccanico, sono solo alcune delle

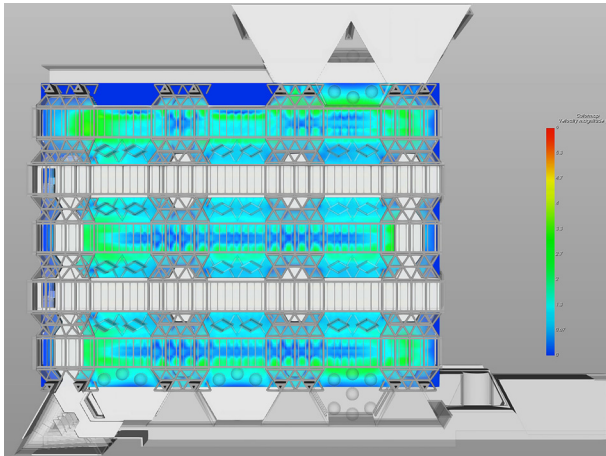


Fig. 12. Planimetria del modello fluidodinamico (livello 3): analisi in condizioni estive, velocità del fluido (m/s) (Elab. digitale R.A. Bernardello).

procedure che grazie ad un approccio BIM sarebbe stato possibile affrontare in passato al fine di garantire una corretta realizzabilità del progetto. La valutazione delle condizioni di *comfort* interno secondo il sistema impiantistico progettato da Sacripanti, che prevedeva un sistema di riscaldamento e raffrescamento ad aria, sono state implementate in ambiente CFD. Le informazioni e gli oggetti così inseriti hanno rappresentato l'elemento di partenza della simulazione, è servito però intervenire nel progetto per garantire gli *standard* attuali di normativa e le corrette prestazioni degli impianti. Il caso studio ha previsto quindi, a partire dalle ipotesi progettuali di Sacripanti, il dimensionamento dei parametri di messa in opera dell'impianto, quali la velocità del fluido

#### Note

- [1] AMCPd, Titolo 12, b. 229, *Relazione tecnica di progetto di Maurizio Sacripanti*.  
 [2] AGCPd, Fondo LL.PP. ex-Mazzonetto, serie I Edifici storici, piazze e

#### Autori

Paolo Borin, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, paolo.borin@unipd.it  
 Cosimo Monteleone, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, cosimo.monteleone@unipd.it  
 Rachele A. Bernardello, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, racheleangela.bernardello@phd.unipd.it  
 Carlo Zanchetta, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, carlo.zanchetta@phd.unipd.it  
 Angelo Gazzetta, angelo.gazzettaeng@gmail.com

all'interno dei condotti e l'altezza delle sale espositive che condiziona la velocità di immissione dell'aria nei volumi. A tal proposito quindi il modello BIM risulta essere l'ambiente favorevole in cui la standardizzazione degli elementi MEP va ad incontrare le forme architettoniche già in fase progettuale al fine di non risultare un limite, ma uno strumento volto a garantire le ottimali prestazioni dell'edificio, il *comfort* e un giusto equilibrio tra funzionalità e gestione delle risorse economiche.

#### Conclusioni

Questo studio prende spunto dalla "teoria evuzionista" della rappresentazione dell'architettura, formulata da Sacripanti nella sua opera teorica sul disegno e attualizza, sebbene solo virtualmente, il progetto non realizzato dell'architetto romano per i Musei Civici a Padova; in particolare ha messo in evidenza una facile conversione del progetto negli strumenti di modellazione informatizzata, in particolare la precisazione delle componenti strutturali, spaziali, museali. Lo studio approfondito delle prime ha portato ad una soluzione specifica. D'altra parte, alcune criticità sono state evidenziate: il *comfort* termico è difficilmente raggiungibile in un ambiente unico, al pari del raggiungimento dei requisiti luminosi e acustici attesi in ambienti museali.

#### Crediti

L'introduzione è stata scritta da Paolo Borin, il capitolo *Indipendenza ed evoluzione del disegno in Sacripanti* da Cosimo Monteleone, il capitolo *La modellazione BIM del Musei Civici di Padova* da Angelo Gazzetta e Paolo Borin, il capitolo *Il valore evolutivo della modellazione informativa nell'approccio modulare alla progettazione* da Carlo Zanchetta e Angelo Gazzetta, il capitolo *Le prestazioni impiantistiche nella progettazione dei Musei Civici* da Rachele Angela.

monumenti, b. 5, Relazione Sacripanti ed allegati. Lettera Aerotecnica Marrelli Milano 06/02/1968.

## Riferimenti bibliografici

- Albisinni, P., De Carlo, L. (a cura di). (2011). *Architettura, disegno, modello: verso un archivio digitale dell'opera di maestri del XX secolo: Giovanni Michelucci, Maurizio Sacripanti, Leonardo Savio*. Roma: Gangemi.
- Bernstein, H.M., Gudgel, J.E., Laquidara-Carr, D. (2011). *Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry*. New York: McGraw-Hill.
- Docci, M., Chiavoni, E. (2017). *Saper leggere l'architettura*. Roma: Laterza.
- Gazzetta, A. (2016). *Il progetto per il Museo Civico di Padova di Maurizio Sacripanti*. Tesi di laurea in Ingegneria edile-architettura, relatore prof. A. Giordano. Università degli Studi di Padova.
- Jeong, Y.S., Eastman, C.M., Sacks, R., Kaner, I. (2009). Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. In *Automation in construction*, Vol. 18, n. 4, pp. 469-484.
- Karmann, C., Schiavon, S., Bauman, F. (2017). Thermal comfort in buildings using radiant vs. all-air systems: A critical literature review. In *Building and Environment*, n. 111, pp. 123-131.
- Nawari, N.O. (2012). BIM standard in off-site construction. In *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 18, n. 2, pp. 107-113.
- Purini, F. (2011). Maurizio Sacripanti e il disegno dell'architettura. In *Architettura, disegno, modello: verso un archivio digitale dell'opera di maestri del XX secolo*. Roma: Gangemi.
- Sacks, R., Kaner, I., Eastman, C.M., Jeong, Y.S. (2010). The Rosewood experiment—Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. In *Automation in construction*, Vol. 19, n. 4, pp. 419-432.
- Sacripanti, M., Neri, M.L., Thermes, L. (1998). *Maurizio Sacripanti: maestro di architettura, 1916-1996*. Roma: Gangemi.
- Sacripanti, M. (1953). *Il disegno puro e il disegno nell'architettura*. Roma: Palombi.
- Sacripanti, M. (1973). *Città di frontiera*. Roma: Bulzoni.
- Sacripanti, M., (2015). *Le immagini verranno. Antologia di scritti di Maurizio Sacripanti*. Roma: Nuova Cultura.
- Singh, M.M., Sawhney, A., Borrmann, A. (2015). Modular coordination and BIM: Development of rule based smart building components. In *Procedia Engineering*, n. 123, pp. 519-527.
- Sgrosso, A. (2000). *La rappresentazione geometrica dell'architettura. Applicazioni di geometria descrittiva*. Torino: UTET.
- Thomas, K.L., Amhoff, T., Beech, N. (eds.). (2015). *Industries of architecture*. London: Routledge.
- Thuesen C., Jonsson C.C., (2009) The Long Tail and Innovation of New Construction Practices. Learning Points from Two Case Studies. In A.S. Kazi, M. Hannus, S. Boudjabeur (eds.). *Open Building Manufacturing. Key Technologies, Applications, and Industrial Cases*, pp. 51-64. South Yorkshire: ManuBuild.
- Van Nederveen, S., Gielingh, W., de Ridder, H. (2009). Value-Oriented Industrial Building for a Sustainable Future. In A.S. Kazi, M. Hannus, S. Boudjabeur (eds.). *Open Building Manufacturing. Key Technologies, Applications, and Industrial Cases*, pp. 19-30. South Yorkshire: ManuBuild.