

# Prefigurazione e configurazione di Modelli Dinamici per ambienti digitali: la Mole Antonelliana in 3D

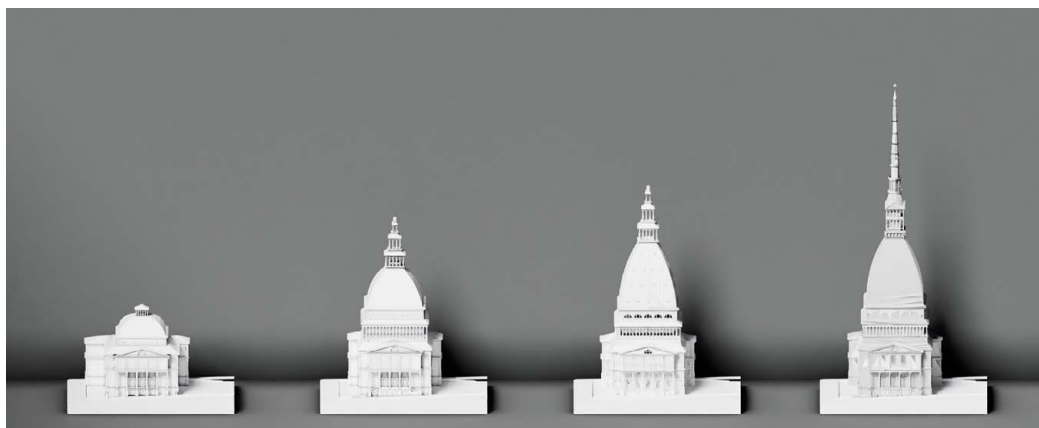
Elisabetta Caterina Giovannini  
Luca Torresi

## Abstract

Il contributo si inserisce all'interno del tema legato alle ricostruzioni virtuali per la fruizione di ambienti digitali e immersivi. All'interno del panorama scientifico di riferimento, viene affrontata la modellazione tridimensionale della Mole Antonelliana a Torino, a partire dalla documentazione storica riproponendo una configurazione dell'edificio diverso da come appare ai giorni nostri. La proposta riprende in parte i disegni di rilievo effettuati nel 1869 da Caselli e la proposta per il cupolino datata 1875 e mai realizzata. Il caso studio torinese può essere interpretato come un'architettura della "dismisura". La ricostruzione virtuale ripropone l'architettura così come doveva apparire precedentemente agli interventi di consolidamento strutturale avvenuti a partire dal 1931 che ne hanno modificato in maniera consistente la configurazione interna dell'edificio lasciando inalterati i fronti esterni. Grazie all'analisi semantica degli elementi architettonici è stato possibile scomporre l'edificio nelle sue componenti principali, per poi riassembalarle all'interno di un modello definito come "modello dinamico" a matrice che ha permesso la creazione di asset digitali per la costruzione dell'ambiente immersivo per la Mole 3D. Il "modello dinamico" risponde alla necessità di sviluppo degli ambienti immersivi dove la matrice può essere replicata più volte. Nel caso della Mole la matrice sfrutta la modularità di facciata sviluppandosi sia orizzontalmente che verticalmente individuando gli elementi dalle stesse caratteristiche morfologiche, dimensionali e semantiche.

## Parole chiave

ricostruzioni virtuali, modelli dinamici, modelli 3D, ambienti digitali.



Diverse configurazioni virtuali della Mole Antonelliana a Torino in accordo con le varie proposte progettuali di Alessandro Antonelli. Elaborazione di L. Torresi.

## Modelli Dinamici per ambienti digitali

Negli ultimi decenni si è assistito a un progressivo proliferare di terminologie atte a descrivere tipologie di modellazione e modelli diversi.

Partendo dal presupposto che ogni termine viene utilizzato in un contesto specifico e risponde a obiettivi differenti, la definizione di “modello dinamico” qui presentata, rappresenta un punto di congiunzione tra modello tridimensionale, sia esso digitale o analogico, e l'asset digitale presente all'interno dei sistemi di realtà virtuale e nei motori di gioco.

Il termine asset digitale, secondo l'Oxford Dictionary è da intendersi come “un elemento di testo o media in formato digitale che include il diritto di essere utilizzato”. Gli asset digitali utilizzati nei motori di gioco includono diverse tipologie di risorse quali, grafica 2D e 3D, audio, testo e localizzazione, animazioni, effetti visivi, *scripting* e codice.

Con l'avvento dei sistemi di realtà virtuale si assiste inoltre al proliferare di piattaforme in grado di visualizzare modelli 3D direttamente sul web. Le piattaforme 3D a loro volta vengono utilizzate come database preferenziali per la costruzione di “set virtuali” e scene 3D. Molti configuratori di scene 3D e ambienti virtuali, a partire da soluzioni *web-based*, come ad esempio Spoke by Mozilla Hubs, fino a motori di gioco più sofisticati come Unreal Engine (UE), offrono già una serie di asset digitali 3D da poter inserire nella scena. Allo stesso tempo, vi è la possibilità di creare asset digitali ad-hoc per la creazione di ambienti customizzati. Il concetto di “modello dinamico” si inserisce in questo contesto come matrice 3D replicabile all'interno dell'ambiente virtuale. I modelli 3D, elementi principali del set virtuale e immersivo dei motori di gioco ricoprono infatti un ruolo fondamentale, e quando la complessità degli ambienti lo richiede, necessitano di essere progettati ed eventualmente scomposti in “modelli dinamici”.

Questo approccio riflette la stretta relazione che intercorre tra modello digitale e modello fisico, specialmente nel contesto odierno, in cui le tecnologie di 3D *printing* e prototipazione rapida permettono proprio di produrre modelli a partire dalla loro copia digitale.

Il “modello dinamico” risponde quindi alla necessità di decostruire l'oggetto architettonico, non tanto nelle sue parti semanticamente strutturate e definite, ma quanto nell'ottimizzazione delle parti caratterizzanti l'edificio stesso, individuando la relazione tra le parti e il tutto. Un modello che diventa misura di un modello più ampio e che si definisce dinamico perché mutevole nelle sue dimensioni e forme, anche in accordo con la scala di rappresentazione e il rispettivo livello di dettaglio.

Questo approccio non è estraneo all'attività di “modellazione” che anche per quanto riguarda l'arte del fare i plastici ricorre alla scomposizione dell'edificio individuando elementi replicabili.

Un esempio di questo approccio metodologico è il Modello del Colosseo (scala 1:50) realizzato, sotto la guida dell'architetto Italo Gismondi, dal maestro artigiano plasticista Pierino Di Carlo, nell'ambito dell'allestimento della Mostra Augustea della Romanità (1937) per festeggiare il bimillenario della nascita dell'Imperatore Augusto [Pavia 2006]. Come si evince dai video dell'Istituto Luce la costruzione del modello era un processo che prevedeva l'addizione di elementi predefiniti e caratterizzanti porzioni dell'architettura stessa.

Le matrici venivano prodotte generalmente in materiale ligneo e poi, mediante l'utilizzo di calchi in gesso, venivano replicate per andare a comporre il modello finale (fig. 1).

La stessa cosa accade oggi nell'ambito dei sistemi di realtà virtuale. L'oggetto 3D viene infatti scomposto, sia per motivi legati all'ottimizzazione della scena sia per quanto riguarda la possibilità di avere librerie di “modelli dinamici” che possano essere reperibili *on-line* e quindi che rispondano agli standard di upload delle maggiori piattaforme presenti sul web.

## La mole Antonelliana e il progetto per il Tempio Israelitico di Torino

La Mole Antonelliana è un'iconica struttura situata nel cuore della città di Torino, Italia. Originariamente progettata come “Tempio Israelitico” dall'architetto Alessandro Antonelli, fu poi conclusa ad opera del figlio Costanzo.

Nel corso del tempo è diventato uno dei simboli più rappresentativi della città e fino al 1953 è stata la costruzione in muratura più alta in Italia, in Europa e nel mondo. Le sue vicissitudini storiche sono molteplici (fig. 2) [1].

A partire dall'autorizzazione del Regio Decreto del 17 marzo 1863, il progetto subisce numerose battute d'arresto e variazioni in corso d'opera. Le numerose modifiche volute dallo stesso Antonelli portarono la comunità israelitica ad abbandonare l'impresa e a cedere nel 1877 l'edificio, ancora in fase di costruzione, al Comune di Torino, che ne completò la realizzazione nel 1900.

Il progetto della Mole nasce per il lotto delimitato da via Cannon d'Oro (oggi via Montebello), un vicolo privato (l'odierna via Riberi) e confinava con le proprietà Salino e Cesana. Il progetto prevedeva la costruzione di un tempio israelitico comprensivo di una scuola interna. Per questo motivo Antonelli cercò di utilizzare tutto il lotto con una pianta quadrata e una struttura dal linguaggio neoclassico che includeva l'uso di un peristilio sul fronte principale. Alla prima versione datata 1862 che prevedeva una cupola a base quadrata sormontata da un lucernaio, ne viene riprogettata la copertura che passa dai 47 metri precedenti agli 89,50 metri nel 1867. La nuova soluzione prevedeva una volta a padiglione sormontata da un cupolino a 3 ordini.

Nel 1869 i lavori vengono interrotti per poi essere ripresi nel 1876. Il progetto a questa data è ulteriormente cambiato e i rilievi di Caselli, interpellato a constatare la solidità del volto, restituiscono una soluzione progettuale che raggiunge i 112,03 metri. Nel 1877 la proprietà passa dalla comunità israelitica al comune di Torino [Manzo 2013]. Nel 1880 il progetto è ulteriormente cambiato e il cupolino viene sostituito da un "tempietto" ovvero un colonnato esastilo neoclassico, a due piani, a base quadrata che riprende lo stile del pronao di base che si assesta a circa 146 m di altezza. Sopra il tempietto viene previsto l'innalzamento di una lanterna a base circolare che raggiunge i 153 metri nel 1886. Nel 1888 la guglia nella parte sommitale viene terminata, si aggiunge il "genio alato", una statua in rame sbalzato e dorato, opera dello scultore Fumagalli, e si raggiunge l'altezza finale di 163,35 metri [Rosso 1975; Rosso 1976; Rosso 1977; Gritella 1999].

### Ricostruzione virtuale della Mole Antonelliana

Allo scopo di rendere più leggibile il processo di ricostruzione vengono di seguito elencate le fasi principali che hanno coinvolto lo studio in oggetto a partire dalla letteratura esistente

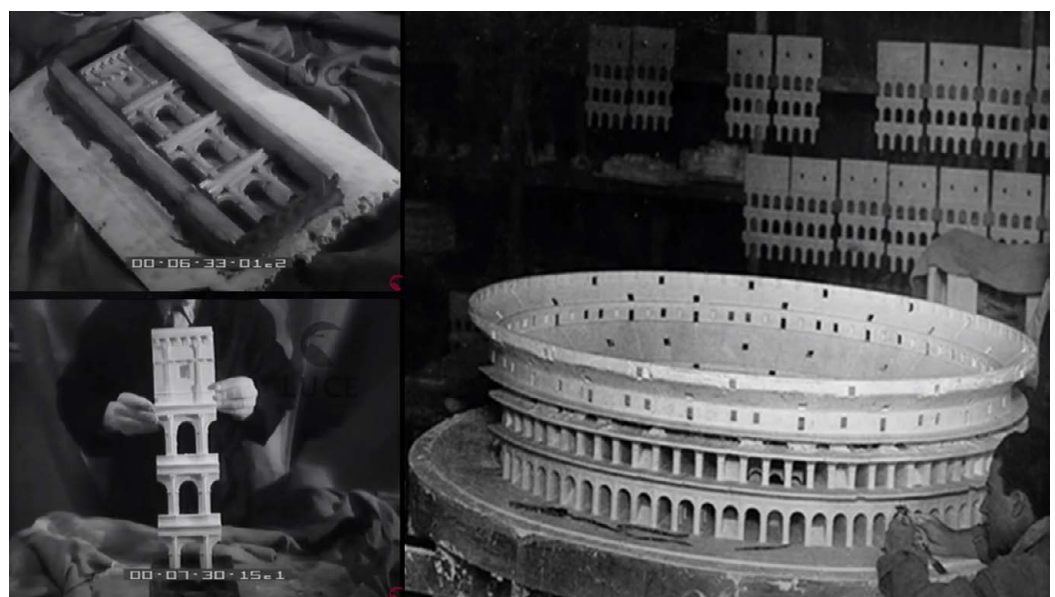


Fig. 1. A sinistra: due frame del video "Preparativi per la mostra augustea della romanità" (da: Archivio Luce Cinecittà 2012); a destra: foto del plastico del Colosseo in scala 1:50 (1935 c.a.) (da: Pavia 2021).

[Giovannini 2017] e che possono essere così descritte: scelta e identificazione delle fonti documentarie o resti architettonici rispondenti agli obiettivi di rappresentazione e loro digitalizzazione. In questo caso l'identificazione della soluzione progettuale più congrua alla ricostruzione virtuale (*Data Collection & Digital Acquisition*); analisi e Interpretazione di dati e informazioni, che ha previsto l'analisi delle fonti iconografiche e documentali raccolta a disposizione e la comparazione tra disegni dell'Archivio Alessandro Antonelli e successive rielaborazioni critiche (*Data Analysis & Interpretation*); rappresentazione dei livelli di conoscenza così come definiti tra gli obiettivi ricostruttivi e in relazione alle fonti iconografiche utilizzando il *LoRef - Level of References* (*Data Representation*); visualizzazione dei risultati, utilizzando gli strumenti di rappresentazione digitale e soluzioni congrue alle finalità divulgative (*Data Visualization*).

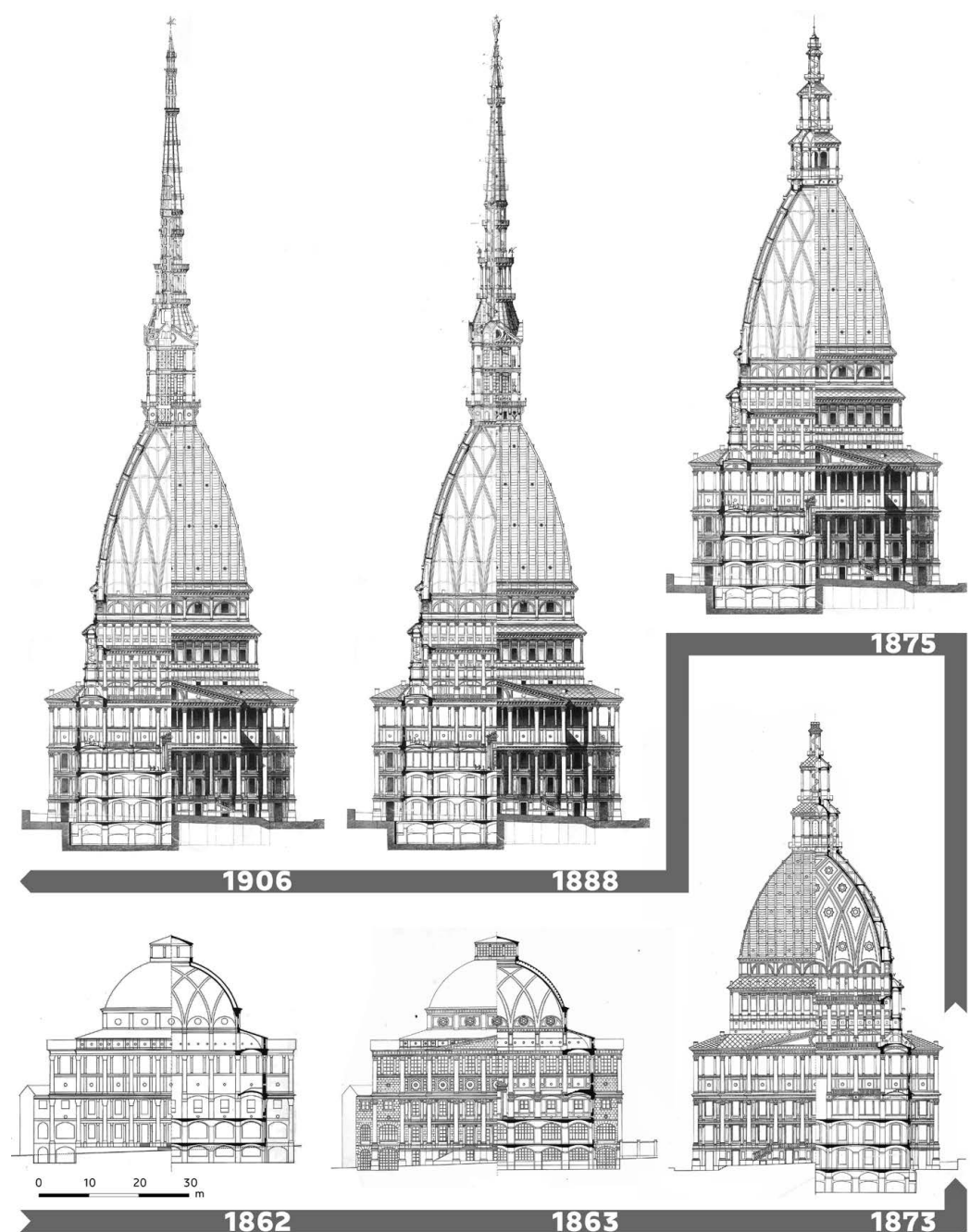


Fig. 2. Evoluzione progettuale della Mole Antonelliana, rappresentazioni grafiche di prospetti e sezioni a cura di vari autori. Elaborazione di E. C. Giovannini.

Per la ricostruzione virtuale 3D della Mole Antonelliana (fig. 3), dopo la fase propedeutica di analisi delle vicissitudini storiche si è individuata la configurazione più idonea per essere replicata. L'intento dell'intero processo mira allo sviluppo e definizione del 'modello dinamico' e allo stesso tempo alla narrazione di una dimensione 'temporale' della Mole conosciuta in precedenza come "Tempio Israelitico".

Le fonti grafiche, iconografiche e documentali già analizzate e integrate da Rosso [Rosso 1976] presentano omogeneità di informazioni riguardo lo stato di fatto precedente agli interventi di consolidamento avvenuti nel 1931 sotto la direzione di Alberto Pozzo e Giu-

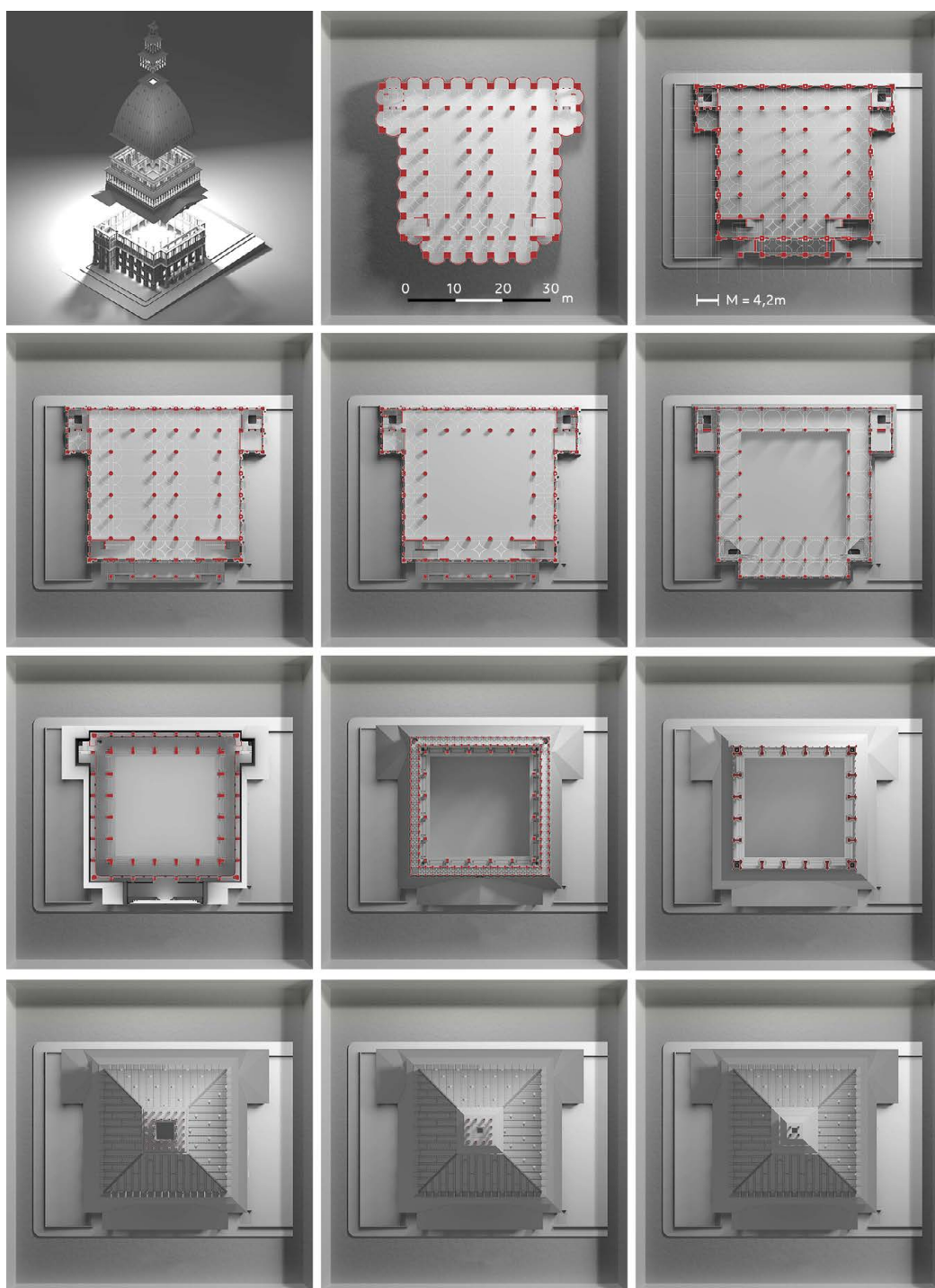


Fig. 3. Piante ottenute dal modello della ricostruzione virtuale della Mole Antonelliana. Elaborazione di L. Torresi.



seppe Albenga. A questi seguono gli interventi di restauro di Gianfranco Gritella con l'inserimento della scala elicoidale come parte del percorso espositivo per il Museo Nazionale del Cinema [Gritella 1999]. Da un punto di vista narrativo sarebbe stato ridondante riproporre lo stato di fatto attuale, così come sarebbero state caratterizzate da un grado di incertezza troppo elevato le ricostruzioni delle prime due ipotesi progettuali datate 1862 e 1863. Lo stesso accade per la soluzione del 1873 in cui non sono presenti elementi sufficienti per la costruzione del volto. Il 1875, anno in cui vengono redatti i rilievi di Caselli per la sua tesi di laurea in ingegneria civile, risulta quindi l'anno caratterizzato da una maggiore presenza di fonti fedeli alla realtà. Infine, a differenza della configurazione definitiva del progetto presenta un cupolino caratteristico e alternativo a quello attuale.

Fig. 4. *Level of References* - LoRef (da: Giovannini 2017) applicato alle parti del modello prodotte in base ai disegni dal volume di Rosso (da: Rosso 1976). In verde le fonti iconografiche a partire da rilievi diretti, in giallo i ridisegni a partire dalle fonti dell'Archivio Alessandro Antonelli e in rosso disegni di particolari di G. Ferri, A. Frizzi e C. Caselli. Elaborazione di L. Torresi.

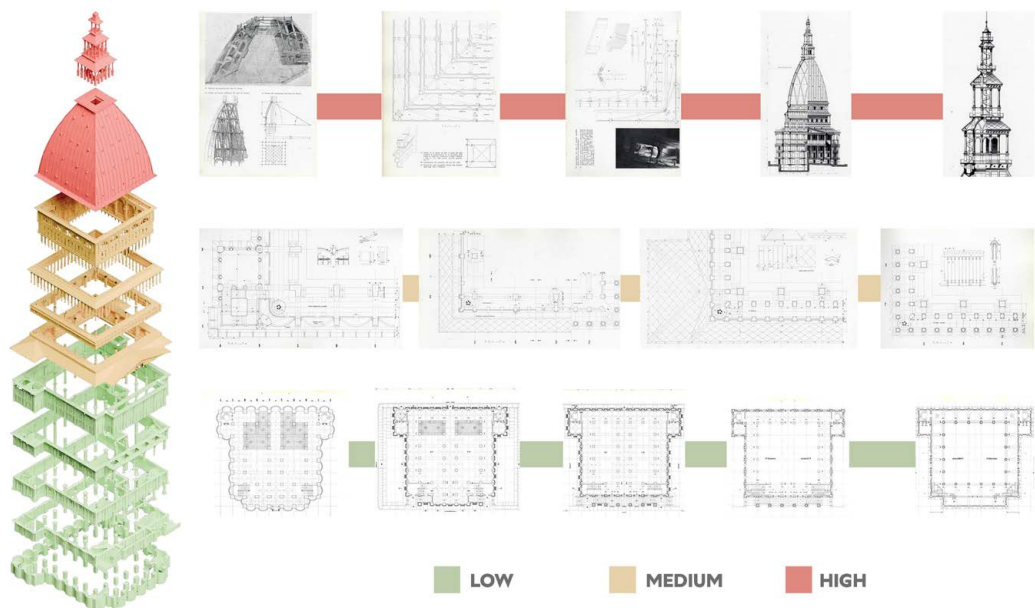


Fig. 5. *Level of References* - LoRef (da: Giovannini 2017) applicato agli elementi del "modello dinamico". Elaborazione di L. Torresi.



Modellazione geometrica e informativa, sono parti complementari del processo, in quanto l'informazione e il dato sono gli elementi fondanti del processo critico di costruzione del modello stesso. Le n-dimensioni del modello intese come livelli di conoscenza sono state indagate sotto molteplici aspetti e ad oggi esistono diversi livelli che rispondono a obiettivi di studio e analisi differenti [Giovannini 2021]. Tra questi si menzionano il *Level of Reliability* (LoR) [Bianchini et al. 2018] e il *Level of History* (LoH) [Brusaporci et al. 2021] che mira, sempre in ambito HBIM a gestire il livello informativo legato alle fonti storiche. Il *Level of Accuracy* (LoA) [Maiezza 2019] e *Grades of Generation* (GOG) e *Accuracy* (GOA) [Banfi 2020] invece fanno riferimento ad accuratezza metrica e tipologia di modellazione tridimensionale. I livelli di conoscenza precedentemente elencati fanno principalmente parte di pratiche metodologiche e operative funzionali all'utilizzo di sistemi HBIM. All'interno di questo panorama, si rende evidente la necessità di avere un approccio concettuale che mira prevalentemente a mettere in luce connessioni logiche e semantiche tra elemento ricostruito e fonti documentali utilizzando il *Level of Reference* (LoRef) [Giovannini 2017]. Le fonti a loro volta possono appartenere a uno specifico grado di incertezza visualizzabile attraverso il *Level of Uncertainty* (LoU) [Apollonio et al. 2015; Apollonio 2016]. Lo scopo della trasparenza scientifica in ambito virtuale rimane quello di esplicitare il processo critico e quindi, nel caso della Mole Antonelliana, si è identificata una scala di 3 colori per identificare le tre tipologie di fonti principali e un loro possibile grado di incertezza: certo (verde), incerto (giallo), basso (rosso) (figg. 4, 5).

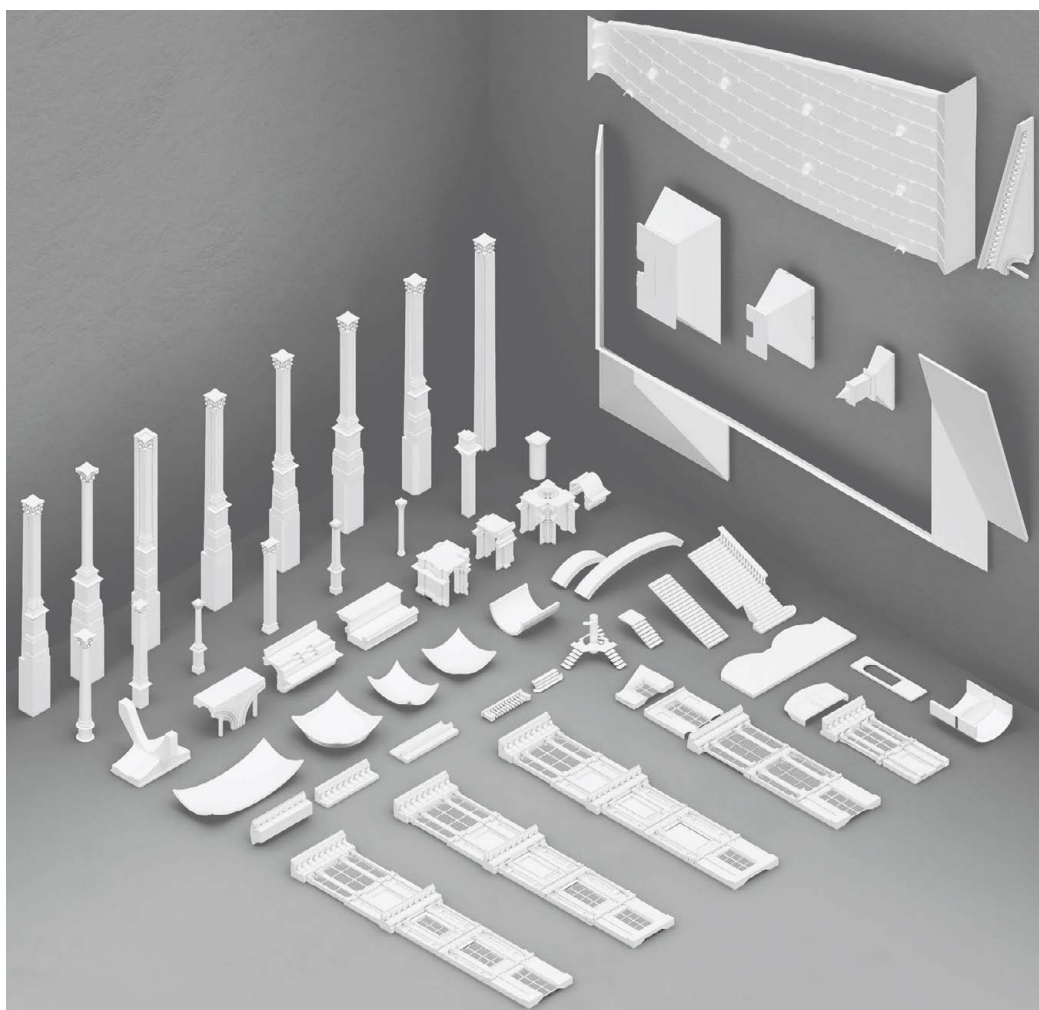


Fig. 6. Modelli Dinamici corrispondenti agli asset digitali sviluppati per la Mole Antonelliana in 3D. Elaborazione di L. Torresi.



Fig. 7. "Modello dinamico" di una parte della facciata che si sviluppa su 5 livelli con esploso delle sotto-componenti. Elaborazione di L. Torresi.



### Modelli dinamici per la fruizione digitale della Mole in 3D

Parte del processo di ricostruzione virtuale è stata dedicata alla definizione dei “modelli dinamici” necessari per la scomposizione e ricomposizione della Mole Antonelliana per la creazione di un ambiente fruibile immersivamente. La modellazione in ambiente open-source (Blender) è stata utilizzata mantenendo la struttura semantica degli elementi architettonici presenti, secondo una modellazione ad oggetto. L'analisi dell'impianto planimetrico basata su una griglia strutturale di 4,20 metri e l'individuazione degli elementi modulari, sia in facciata che nei fronti interni, ha permesso di sviluppare 57 matrici (fig. 6).

Come precedentemente affermato, lo sviluppo di questi modelli è propedeutico alla creazione della scena all'interno di motori di gioco mediante il processo di addizione tra “modelli dinamici”. Questi modelli sono a loro composti da matrici generatrici del modello stesso, che posso avere uno sviluppo sia verticale che orizzontale. Il caso di uno tra i tre moduli della facciata è emblematico e raccoglie la complessità del “modello dinamico” e delle sue sotto parti (fig. 7). In questo caso la matrice ha uno sviluppo verticale poiché si articola su 5 livelli e anche uno sviluppo orizzontale per quanto riguarda gli elementi che incorniciano sia parti di edificio finestrate che tamponamenti. Questo è stato permesso grazie alla mescolanza tra forme neoclassiche e neogotiche, miste alle innovazioni tecnologiche del tempo che caratterizzano il processo compositivo di Antonelli. L'architetto infatti concepisce l'edificio come una struttura “scarnificata”, dove gli elementi strutturali tradizionali vengono sostituiti da sostegni isolati e puntiformi. Questi sostegni sono interconnessi tra loro da sistemi voltati per formare un organismo cooperativo, che si auto bilancia neutralizzando le forze statiche in atto.

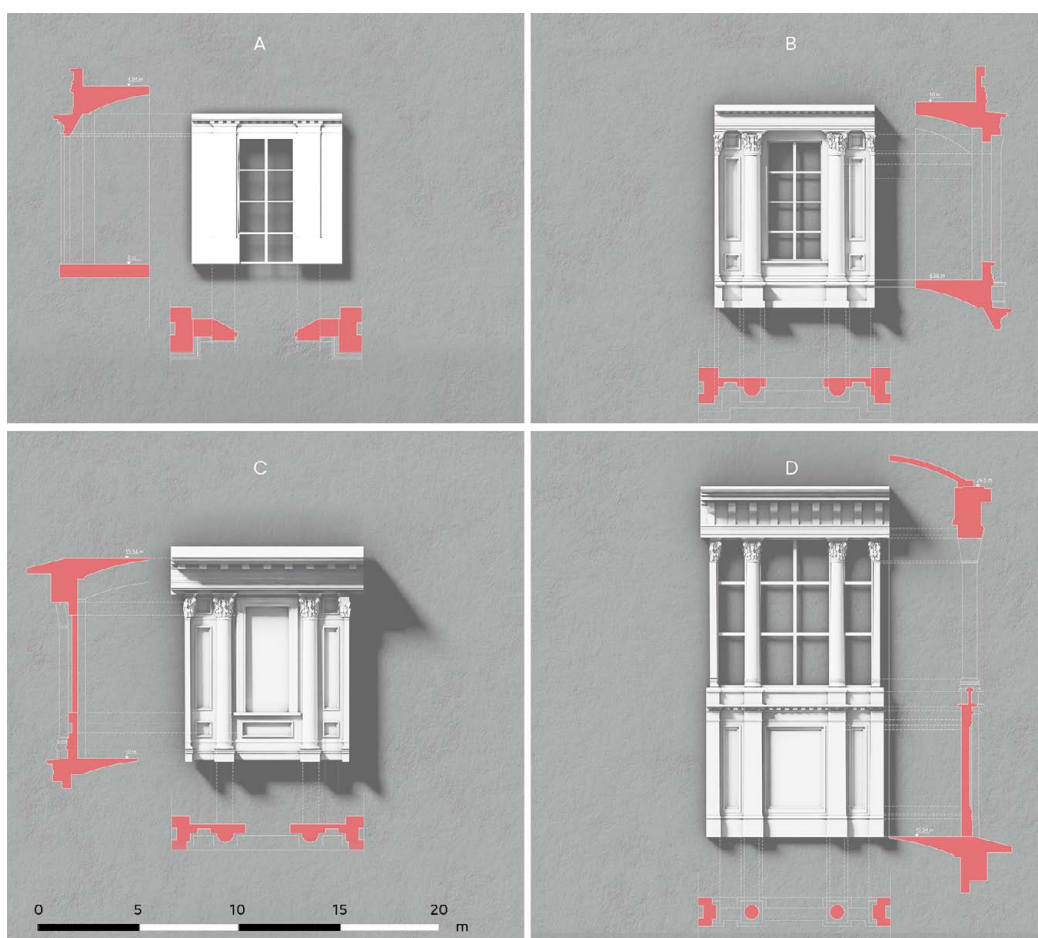


Fig. 8. Matrici ad oggetti parti di un “modello dinamico” di facciata. Elaborazione di L. Torresi.

Il risultato è una struttura coesa, omogenea e autoregolata, capace di sovrapporsi per creare livelli strutturali multipli. Gli elementi chiave di questo sistema sono i sostegni, posizionati strategicamente lungo i nodi della griglia modulare che segue i principi di Durand. Il sistema antonelliano, integra vari componenti architettonici come colonne, archi, tiranti, vani, aperture e tramezzi che sono stati utilizzati per individuare la scomposizione delle parti nei "modelli dinamici" e nelle rispettive matrici ad oggetti (fig. 8).

Questo approccio si differenzia da quelli comunemente utilizzati nell'ambito della modellazione architettonica in quanto prevede la scomposizione e ricomposizioni di parti dell'edificio in maniera critica e funzionale all'utilizzo in ambiente virtuale, nei sistemi di game engine e si prefigura come passaggio propedeutico per la pianificazione, per esempio, non solo di applicazioni di gioco immersivo ma anche di stampa 3D a prototipazione rapida.

Tutti i "modelli dinamici" sono stati caricati come digital asset all'interno del motore di gioco Unreal Engine. Come formato di interscambio sono stati utilizzati file con estensione .fbx senza importazioni dei materiali. I modelli sono stati organizzati in cartelle dedicate per creare una struttura di directory efficiente. Infine, Utilizzando la barra degli strumenti di trasformazione, tutti "modelli dinamici" inseriti sono stati accuratamente posizionati all'interno di UE seguendo l'impostazione della griglia del sistema antonelliano (fig. 9).

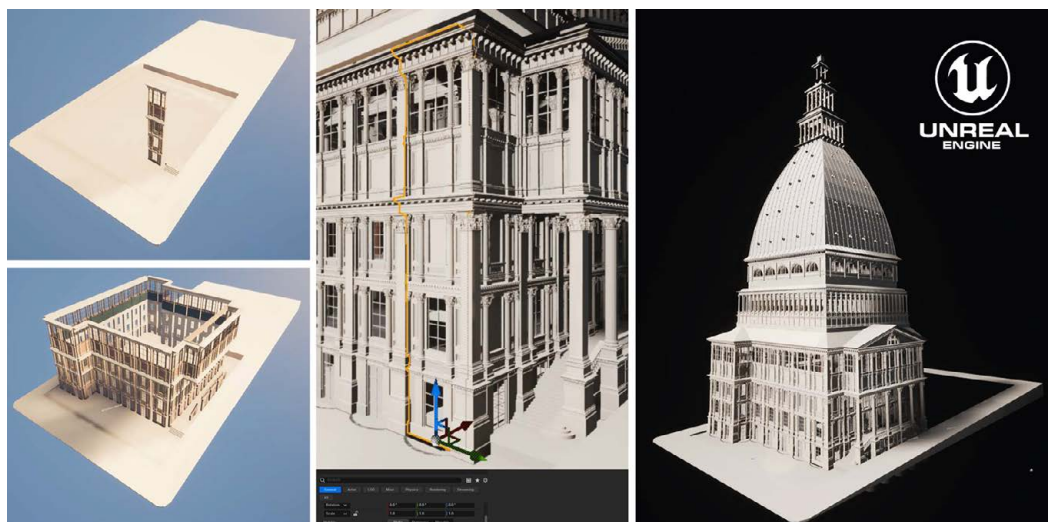


Fig. 9. Immagini dell'interfaccia di Unreal Engine. Dal "modello dinamico" al modello 3D della Mole Antonelliana. Elaborazione di L.Torresi.



Fig. 10. Immagini dell'interfaccia di Unreal Engine. Interno del modello 3D della Mole Antonelliana. Elaborazione di L.Torresi.

## Conclusioni

La ricerca qui presentata si inserisce nel dibattito contemporaneo sul ruolo cruciale che le tecniche di rappresentazione digitale come Realtà Virtuale e Immersiva rivestono oggi, evidenziandone la rilevanza per la valorizzazione del patrimonio culturale, l'istruzione, l'avanzamento della ricerca scientifica e l'intrattenimento.

Queste tecnologie ridefiniscono radicalmente la nostra percezione dello spazio e delle dinamiche sociali, offrendo nuove modalità di interazione e fruizione degli spazi architettonici. Il loro utilizzo anche nel campo delle ricostruzioni virtuali e della generazione di spazi non più esistenti o dalle configurazioni passate ci offre la possibilità di indagare il tema della modellazione digitale nell'ottica dell'ottimizzazione del processo stesso. Questo approccio si rende sempre più necessario anche per un futuro riutilizzo delle risorse digitali che oggi creano ecosistemi sempre più complessi. Il "modello dinamico" qui presentato cerca quindi di discretizzare il modello nell'ottica del riutilizzo e della interoperabilità tra piattaforme differenti per la creazione di ambienti e modelli dai molteplici utilizzi.

## Note

[1] Le ricostruzioni del 1862 e del 1863 sono a cura di F. Rosso. 1873 e 1875 a cura di C. Caselli secondo il progetto di Antonelli. 1888 e 1906 sono sovrapposizioni del disegno di C. Caselli del 1975 e di due varianti di "cupolino" rispettivamente di A. Frizzi e F. Rosso [Rosso 1975].

## Crediti

Nel presente contributo, di cui gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico, il paragrafo intitolato "Modelli dinamici per la fruizione digitale della Mole in 3D" è stato redatto da Luca Torresi, mentre i paragrafi "La mole Antonelliana e il progetto per il Tempio Israelitico di Torino", "Ricostruzione virtuale della Mole Antonelliana" e "Conclusioni" sono stati redatti da Elisabetta Caterina Giovannini.

## Riferimenti bibliografici

Apollonio F. I., Giovannini E. C. (2015). A paradata documentation methodology for the Uncertainty visualization in digital reconstruction of CH artifacts. In *SCIRES-IT* n. 5, pp. 1–24.

Apollonio F. I. (2016). Classification schemes for visualization of uncertainty in digital hypothetical reconstruction. In S. Münster et al. (a cura di). *3D research challenges in cultural heritage II: how to manage data and knowledge related to interpretative digital 3d reconstructions of cultural heritage*, pp. 173–197. Cham: Springer International. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_9).

Archivio Luce Cinecittà. (15 giugno 2012). *Giornale Luce B1131 del 21/07/1937 - Preparativi per la mostra augustea della romanità*. <<https://www.youtube.com/watch?v=86GvpnpMCts>> (consultato il 31.07.2024).

Banfi F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. In *Virtual Archaeology Review* Vol. 11 (23), pp. 16–33.

Bianchini C., Nicastro S. (2018). La definizione del Level of Reliability. Un contributo alla trasparenza dei processi di Historic-BIM/The definition of the Level of Reliability. A contribution to the transparency of Historical-BIM processes. In T. Empler, F. Quici, G. M. Valenti (a cura di). *3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere*, pp. 208–225. Roma: DEI Tipografia del Genio Civile.

Brusaporci S., Tata A., Maiezza P. (2021). The "LoH - Level of History" for an Aware HBIM Process. In A. Arena et al. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*, pp. 2110–2118. Milano: FrancoAngeli.

Giovannini E. C. (2017). Vrim workflow: semantic HBIM objects using parametric geometries. In T. Empler (a cura di). *3D Modeling & BIM. Progettazione, design, proposte per la ricostruzione*, pp. 212–229.

Giovannini E. C. (2021). Data Modelling in Architecture: Digital Architectural Representations. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (a cura di). *Representation Challenges. Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*, pp. 191–195.

Gritella G. (a cura di). (1999). *La Mole Antonelliana. Storia di un edificio simbolo, dal progetto al restauro*. Torino: UTET.

Maiezza P. (2019). As-built reliability in architectural HBIM modeling. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLII-2/W9, pp. 461–466.

Manzo L. (a cura di). (2013). *Esplorando tra le carte. La Mole Antonelliana*. Torino: Archivio storico della Città di Torino.

Pavia C. (2006). *ROMA ANTICA, com'era. Storia e tecnica costruttiva del grande Plastico dell'Urbe nel Museo della Civiltà Romana*. Roma: Gangemi.

Pavia C. (31 dicembre 2021) *ARCHEOTOUR, IL COLOSSEO 2° PARTE. Latina Città Aperta. Una voce fuori dal coro.* <https://www.latinacittaaperta.info/2021/12/31/archeotour-il-colosseo-2parte/> (consultato il 31.07.2024).

Rosso F. (1975). *Catalogo critico dell'Archivio Alessandro Antonelli. Vol. I - I disegni per la Mole di Torino - Museo Civico di Torino.* Torino: Impronta.

Rosso F. (1976). *La Mole Antonelliana, un secolo di storia del monumento di Torino. Guida Illustrata - Museo Civico di Torino.* Torino: Impronta.

Rosso F. (1977). *Alessandro Antonelli e la Mole di Torino.* Torino: Stampatori.

#### **Autori**

*Elisabetta Caterina Giovannini*, Politecnico di Torino, [elisabetta.giovannini@polito.it](mailto:elisabetta.giovannini@polito.it)

*Luca Torresi*, Politecnico di Torino

*Per citare questo capitolo:* Giovannini Elisabetta Caterina, Torresi Luca (2024). Prefigurazione e configurazione di Modelli Dinamici per ambienti digitali: la Mole Antonelliana in 3D/Prefiguration and configuration of Dynamic Models for digital environments: the Mole Antonelliana in 3D. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 2971-2994.

# Prefiguration and configuration of Dynamic Models for digital environments: the Mole Antonelliana in 3D

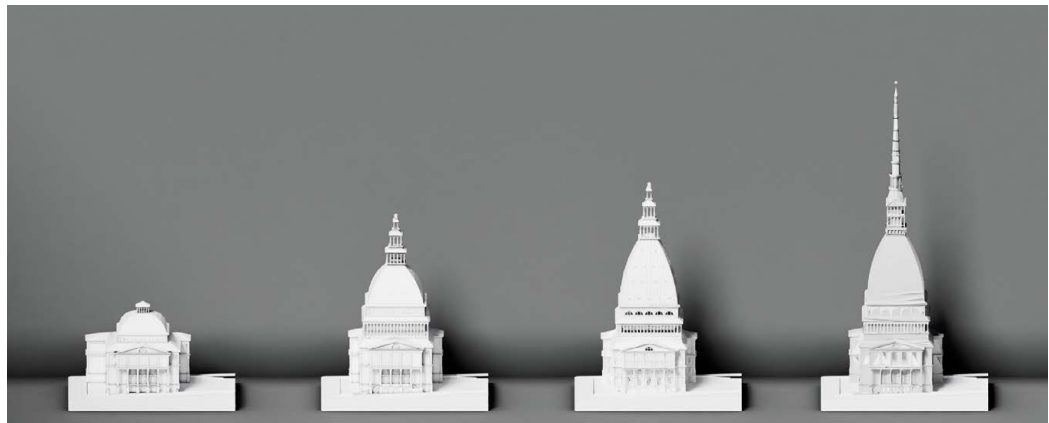
Elisabetta Caterina Giovannini  
Luca Torresi

## *Abstract*

The contribution is part of the theme of virtual reconstructions for using digital and immersive environments. Within the scientific panorama of reference, the three-dimensional modelling of the Mole Antonelliana in Turin is addressed, starting from the historical documentation by proposing a configuration of the building different from how it appears today. The proposal partly takes up the survey drawings made in 1869 by Caselli and the proposal for the dome dated 1875, which was never realised. The Turin case study can be interpreted as an architecture "out of measure". The virtual reconstruction re-proposes the architecture as it must have appeared before the structural consolidation interventions that took place from 1931 onwards, which substantially modified the internal configuration of the building while leaving the external façades unaltered. Thanks to the semantic analysis of the architectural elements, it was possible to break down the building into its main components and then reassemble them within a model defined as a matrix "dynamic model" that allowed the creation of digital assets for the construction of the immersive environment for the Mole 3D. The "dynamic model" responds to the need to develop immersive environments where the matrix can be replicated several times. In the case of the Mole, the matrix exploits the modularity of the façade horizontally and vertically, identifying elements with the same morphological, dimensional and semantic characteristics.

## *Keywords*

virtual reconstructions, dynamic models, 3D models, digital environments.



Different virtual configurations of the Mole Antonelliana in Turin by Alessandro Antonelli's various design proposals. Elaboration by L. Torresi.



## Dynamic models for digital environments

In recent decades, there has been a progressive proliferation of terminologies describing different modelling and models.

Based on the assumption that each term is used in a specific context and serves different purposes, the definition of “dynamic model” presented here represents a junction between the three-dimensional model, be it digital or analogue, and the digital asset within virtual reality systems and game engines.

According to the Oxford Dictionary, a digital asset is “an item of text or media in digital format that includes the right to be used”. Digital assets used in game engines include different types of assets such as 2D and 3D graphics, audio, text and localisation, animation, visual effects, scripting, and code.

With the advent of virtual reality systems, there has also been a proliferation of platforms capable of visualising 3D models directly on the web. These platforms are, in turn, used as preferred databases for the construction of “virtual sets” and 3D scenes.

Many 3D scene and virtual environment configurators, from web-based solutions such as Spoke by Mozilla Hubs to more sophisticated game engines such as Unreal Engine (UE), already offer a set of 3D digital assets that can be inserted into the scene. At the same time, there is the possibility of creating *ad-hoc* digital assets to create customised environments. The “dynamic model” concept fits into this context as a 3D matrix that can be replicated within the virtual environment. 3D models, the main elements of the virtual and immersive set of game engines, play a fundamental role. When the complexity of the environments requires it, they need to be designed and eventually decomposed into “dynamic models”.

This approach reflects the close relationship between the digital and physical models, especially in today’s context, where 3D printing and rapid prototyping technologies make it possible precisely to produce models from their digital copy.

Therefore, the “dynamic model” responds to the need to deconstruct the architectural object, not so much in its semantically structured and defined parts, but in optimising the parts characterising the building itself, identifying the relationship between the parts and the whole. A model becomes a measure of a larger model and is defined as dynamic because it changes in its dimensions and forms in accordance with the scale of representation and the respective level of detail.

This approach is no stranger to the activity of “modelling”, which, even in the art of model making, resorts to breaking down the building by identifying replicable elements.

An example of this methodological approach is the Model of the Colosseum (scale 1:50) made under the guidance of architect Italo Gismondi by the master plastic artist Pierino Di Carlo, as part of the setting up of the Augustan Exhibition of Romanity (1937) to celebrate the bi-millennium of the birth of the Emperor Augustus [Pavia 2006]. As shown in the Istituto Luce videos, the construction of the model involved adding predefined elements characterising portions of the architecture itself.

Matrices were generally produced from wooden material and then, using plaster casts, replicated to make up the final model (fig. 1).

The same thing happens today in the field of virtual reality systems. The 3D object is, in fact, decomposed, both for reasons related to the optimization of the scene and the possibility of having libraries of “dynamic models” that can be found online and thus meet the upload standards of the major web platforms.

## The Mole Antonelliana and the project for the Jewish Temple in Turin

The Mole Antonelliana is an iconic structure located in the heart of Turin, Italy. Originally designed as an “Israelite Temple” by architect Alessandro Antonelli, it was later completed by his son Costanzo. Over time, it has become one of the most representative symbols of the city and was the tallest masonry construction in Italy, Europe and the world until 1953. Its historical vicissitudes are manifold (fig. 2) [1].

Starting with the authorisation of the Royal Decree of 17 March 1863, the project suffered numerous setbacks and changes during construction. The innumerable modifications desired by Antonelli led the Jewish community to abandon the venture and cede the building, still under construction, to the Turin City Council in 1877, which completed its construction in 1900.

The Mole project originated for the lot bounded by Via Cannon d'Oro (today Via Montebello), a private lane (today Via Riberi) bordered by the Salino and Cesana properties. The project involved the construction of an Israelite temple, including an inner school. For this reason, Antonelli sought to utilise the whole lot with a square plan and a structure in neo-classical language that included using a peristyle on the main front. The first version, dated 1862, envisaged a dome with a square base surmounted by a skylight; the roof was redesigned from the previous 47 metres to 89.50 metres in 1867. The new solution included a pavilion vault surmounted by a 3-tier dome. In 1869, work was interrupted and resumed in 1876. The design at this date was further changed, and surveys by Caselli, who was asked to ascertain the solidity of the face, returned a design solution that reached 112.03 metres. In 1877, ownership passed from the Jewish community to the municipality of Turin [Manzo, 2013]. In 1880, the project was further changed, and the small dome was replaced by a "tempietto", or neoclassical hexastyle colonnade, two storeys high, with a square base that echoes the style of the basic pronaos, which stands approximately 146 m high. Above the small temple, a lantern with a circular base is planned to be raised to 153 metres in 1886. In 1888, the spire at the top was finished, the "winged genius" was added, an embossed and gilded copper statue by the sculptor Fumagalli, and the final height of 163.35 metres was reached [Rosso 1975; Rosso 1976; Rosso 1977; Gritella 1999].

### Virtual reconstruction of the Mole Antonelliana

To make the reconstruction process more readable, the main steps involved in this study are listed below from the existing literature [Giovannini, 2017] and can be described as follows: selection and identification of documentary sources or architectural remains that meet the representation objectives and their digitisation. In this case, the most appropriate design solution for virtual reconstruction is identified. (Data Collection & Digital Acquisition); analysis and Interpretation of Data and Information involved analysing the iconographic and documentary sources gathered and comparing drawings from the Alessandro Antonelli

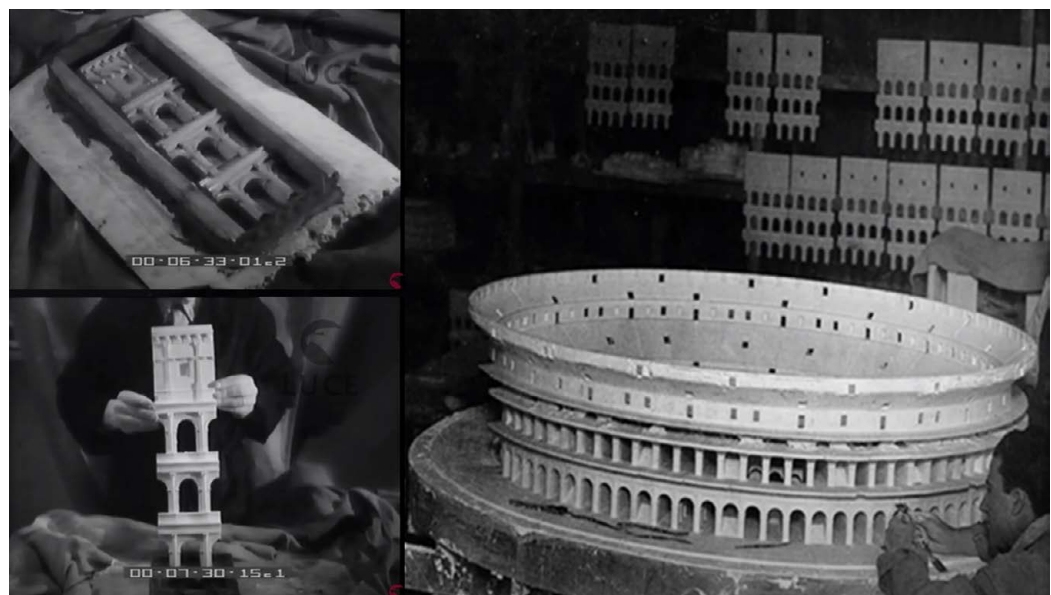


Fig. 1. On the left: two frames of the video "Preparations for the Augustan exhibition of Romanity" (from: Archivio Luce Cinecittà 2012); on the right: photo of the model of the Colosseum in scale 1:50 (c.a. 1935) (from: Pavia 2021).

Archive and subsequent critical reworking. (Data Analysis & Interpretation); representation of knowledge levels as defined between reconstructive objectives and iconographic sources using the LoRef - Level of References. (Data Representation); visualisation of results using digital representation tools and solutions congruent with dissemination purposes. (Data Visualisation).

For the 3D virtual reconstruction of the Mole Antonelliana (fig. 3), the most suitable configuration to be replicated was identified after the preparatory phase of analysing the historical alterations. The aim of the entire process is to develop and define the "dynamic model" and, at the same time, narrate a "temporal" dimension of the Mole formerly known as the "Jewish Temple".

The graphic, iconographic and documentary sources already analysed and integrated by Rosso [Rosso 1976] present homogeneous information regarding the state of affairs before

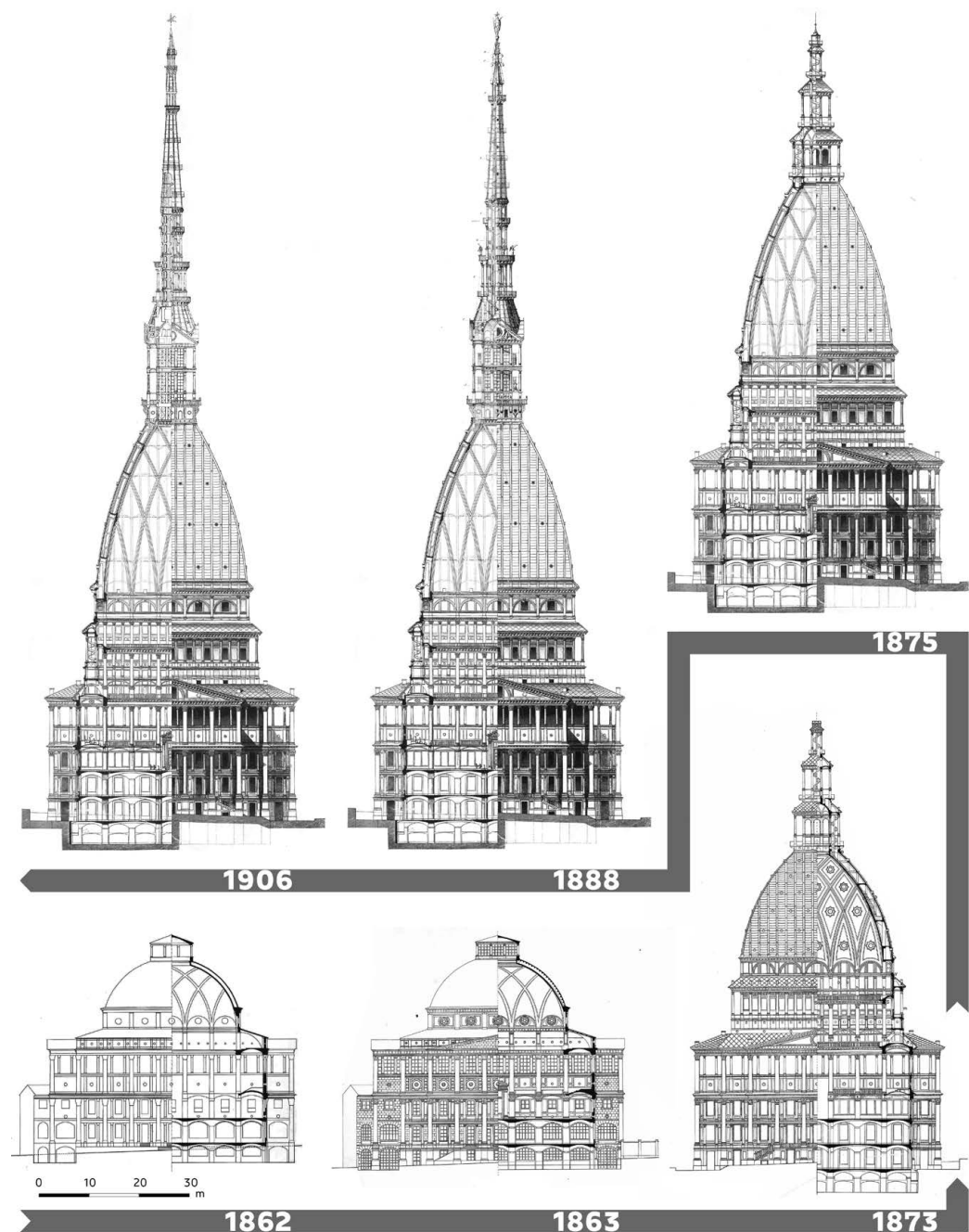


Fig. 2. Design evolution of the Mole Antonelliana, various authors' graphic representations of elevations and sections Elaboration by E. C. Giovannini.

the consolidation work carried out in 1931 under the direction of Alberto Pozzo and Giuseppe Albenga. This was followed by Gianfranco Gritella's restoration work, including the spiral staircase as part of the exhibition route for the National Cinema Museum [Gritella 1999]. From a narrative point of view, it would have been redundant to re-propose the current state of affairs, just as the reconstructions of the first two design hypotheses dated 1862 and 1863 would have been characterised by too high a degree of uncertainty. The same applies to the 1873 solution in which there are insufficient elements to construct the face. The year 1875, the year in which Caselli's surveys for his civil engineering thesis were

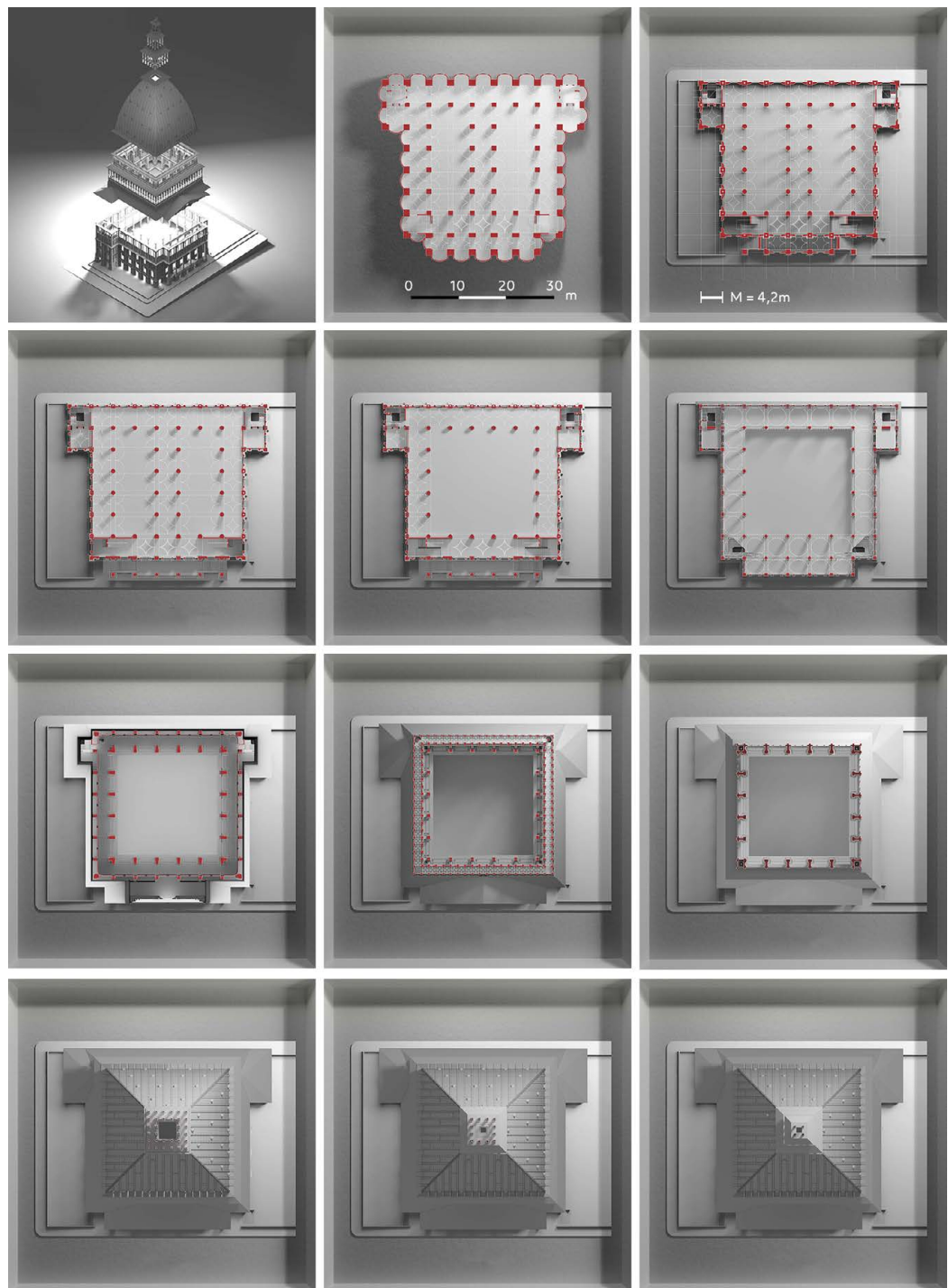


Fig. 3. Floor plans obtained from the virtual reconstruction model of the Mole Antonelliana. Elaboration by L. Torresi.

drawn up, is, therefore, the year in which there are the most truthful sources. Finally, in contrast to the final configuration of the project, it presents a dome that is characteristic and alternative to the current one.

Geometric and informational modelling are complementary parts of the process, as information and data are the founding elements of the critical model-building process. The n-dimensions of the model understood as levels of knowledge, have been investigated from multiple aspects, and to date, several levels have responded to different study and analysis objectives [Giovannini 2021]. These include the Level of Reliability (LoR) [Bianchini et al. 2018] and the Level of History (LoH) [Brusaporci et al. 2021], which aims, again in the

Fig. 4. Level of References - LoRef (from: Giovannini 2017) applied to model parts produced based on drawings from Rosso's volume (from: Rosso 1976). In green are the iconographic sources from direct surveys, in yellow are the drawings from sources in the Alessandro Antonelli Archive, and in red are the drawings of details by G. Ferria, A. Frizzi and C. Caselli. Elaboration by L. Torresi.

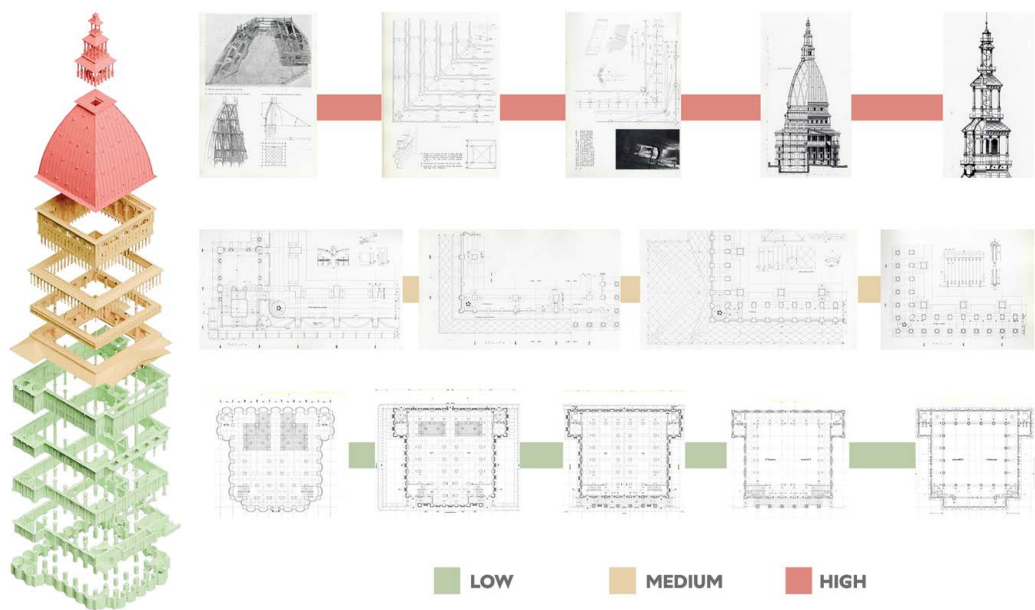


Fig. 5. Level of References - LoRef (from: Giovannini 2017) applied to the "dynamic model" elements. Elaboration by L. Torresi.





HBIM context, to manage the information level related to historical sources. The Level of Accuracy (LoA) [Maiezza 2019] and Grades of Generation (GOG) and Accuracy (GOA) [Banfi 2020], on the other hand, refer to metric accuracy and three-dimensional modelling typology. The previously listed knowledge levels are mainly part of methodological and operational practices functional to using HBIM systems. Within this panorama, the need for a conceptual approach that aims to highlight logical and semantic connections between reconstructed elements and documentary sources is evident using the Level of Reference (LoRef) [Giovannini 2017]. The sources, in turn, can belong to a specific degree of uncertainty that can be visualised through the Level of Uncertainty (LoU) [Apollonio et al. 2015; Apollonio 2016]. The aim of scientific transparency in the virtual sphere remains that of making the critical process explicit, and therefore, in the case of the Mole Antonelliana, a three-colour scale was identified to identify the three main source types and their possible degree of uncertainty: certain (green), uncertain (yellow), low (red) (figs. 4, 5).

### Dynamic models for the digital enjoyment of the Mole in 3D

Part of the virtual reconstruction process was dedicated to defining the “dynamic models” necessary for the decomposition and recomposition of the Mole Antonelliana to create an immersive, usable environment. Modelling in an open-source environment (Blender) was used while maintaining the semantic structure of the architectural elements present, according to object modelling.

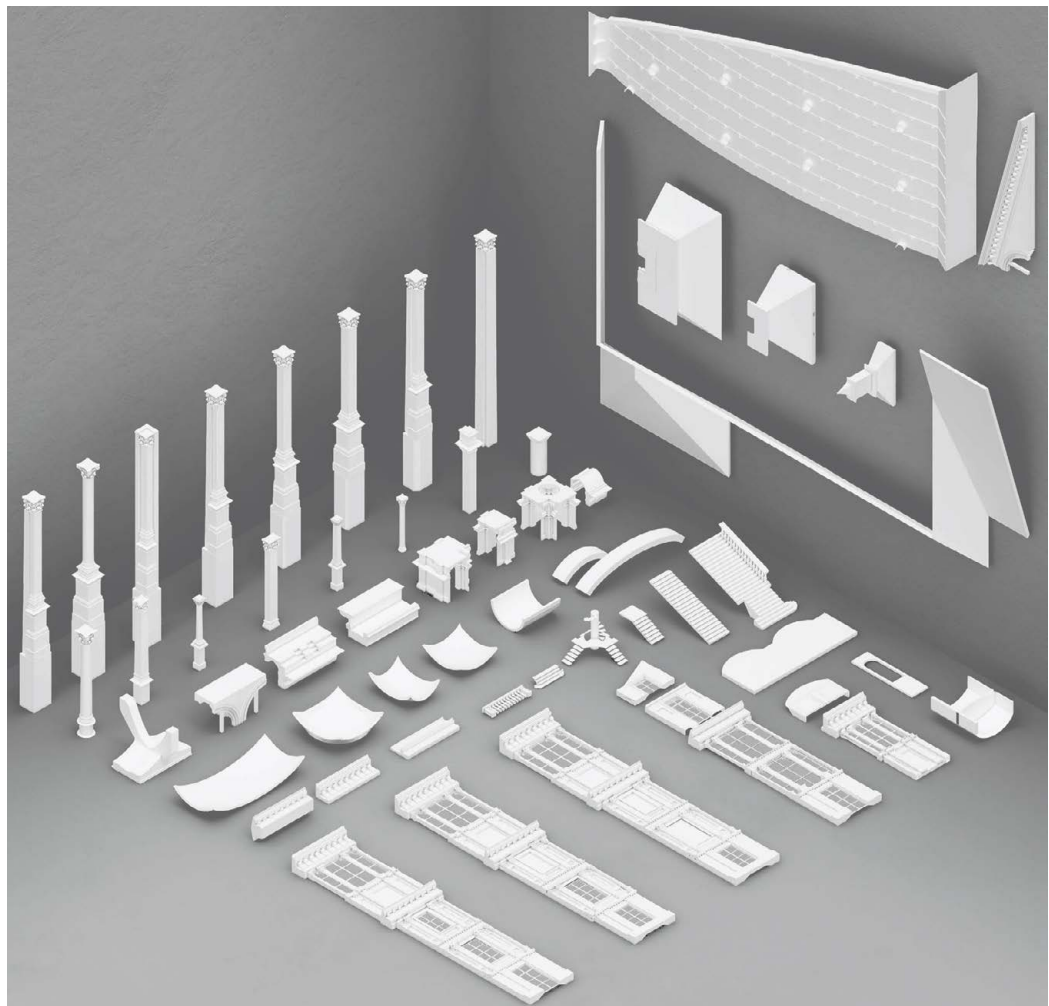


Fig. 6. “Dynamic models” corresponding to the digital assets developed for the Mole Antonelliana in 3D. Elaboration by L. Torresi.



Fig. 7. "Dynamic model" of a part of the façade on five levels with an exploded view of the sub-components. Elaboration by L. Torresi.

The analysis of the plan layout based on a structural grid of 4.20 metres and the identification of the modular elements in the façade and inner façades made it possible to develop 57 matrices (fig. 6).

As previously stated, developing these models is preparatory to creating the scene within game engines through the process of addition between “dynamic models”. These models are composed of generative matrices of the model itself, which can have either a vertical or horizontal development. The case of one of the three façade modules is emblematic and brings together the complexity of the “dynamic model” and its sub-parts (fig. 7). In this case, the matrix has a vertical development as it is articulated on five levels and also a horizontal development in terms of the elements framing both windowed and curtain walled parts of the building. This was made possible by the mixture of neoclassical and neo-Gothic forms and the technological innovations of the time that characterise Antonelli’s compositional process. The architect conceives the building as a “stripped” structure, where isolated and punctiform supports replace traditional structural elements. Vaulted systems interconnect these supports to form a cooperative organism, which balances itself by neutralising the static forces at work. The result is a cohesive, homogenous and self-regulating structure capable of overlapping to create multiple structural levels. The critical elements of this system are the supports strategically placed along the nodes of the modular grid that follow Durand’s principles. The Antonellian system integrates various architectural components such as columns, arches, stays, openings and partitions, which were used to identify the decomposition of the parts into “dynamic models” and their respective object matrices (fig. 8).

This approach differs from those commonly used in architectural modelling in that it involves the critical and functional decomposition and recombination of parts of the building for

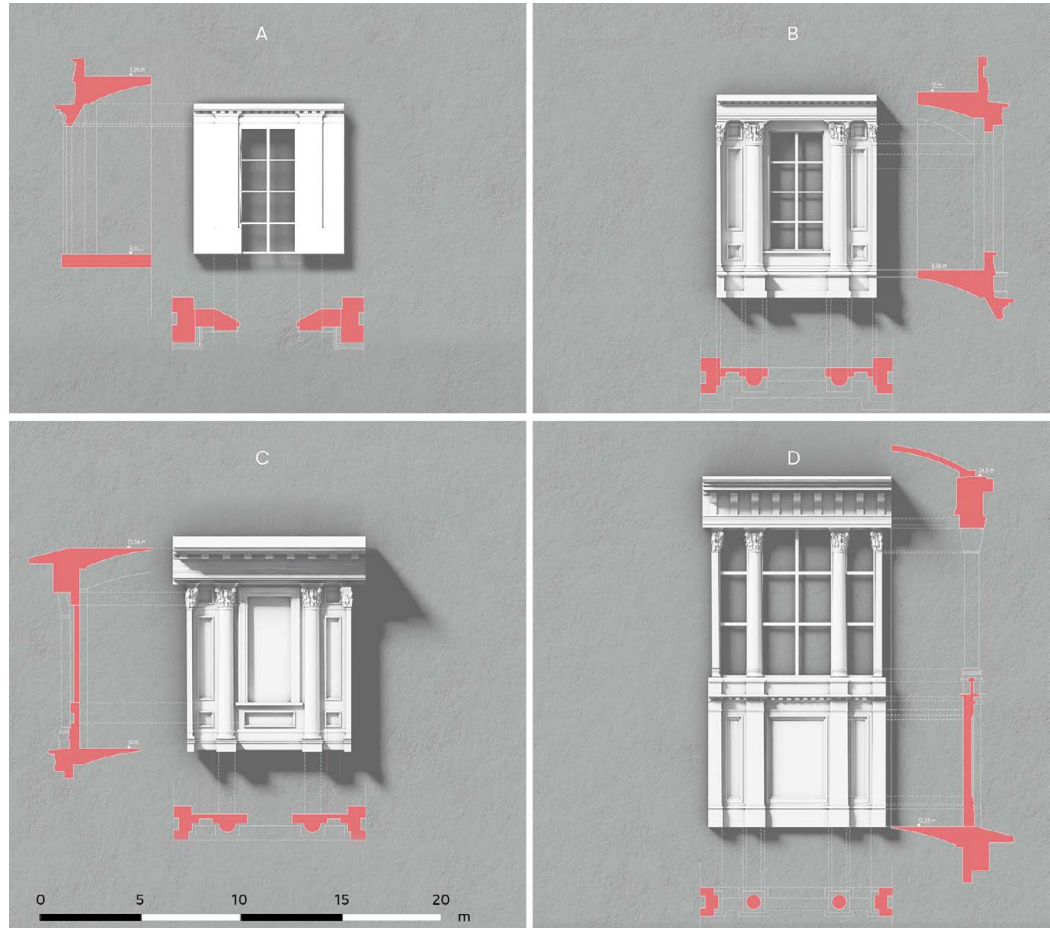


Fig. 8. Object-based matrix parts of a “dynamic model” facade. Elaboration by L. Torresi.

use in the virtual environment and game engine systems. It is a preparatory step for planning, for example, immersive game applications and rapid prototyping 3D printing. All “dynamic models” were loaded as digital assets within the Unreal Engine game engine. As an interchange format, files with the extension .fbx were used without material imports. Models were organised in dedicated folders to create an efficient directory structure. Finally, using the transformation toolbar, all inserted “dynamic models” were carefully placed within UE following the grid layout of the Antonellian system (fig. 9).

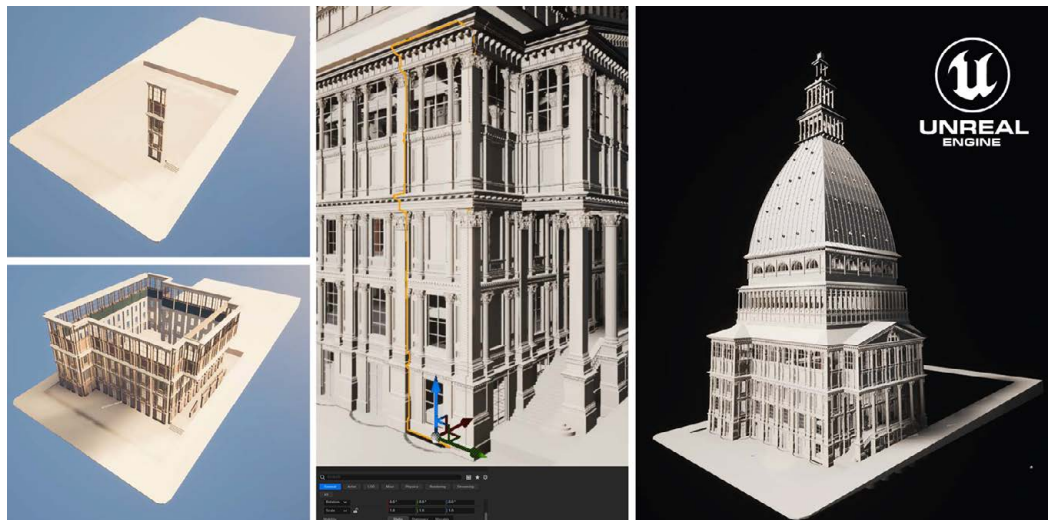


Fig. 9. Images from Unreal Engine interface. From the “dynamic model” to the 3D model of the Mole Antonelliana. Elaboration by L. Torresi.

## Conclusions

The research presented here is part of the contemporary debate on the crucial role that digital representation techniques such as Virtual Reality and Immersive Reality play today. It highlights their relevance for enhancing cultural heritage, education, the advancement of scientific research, and entertainment.

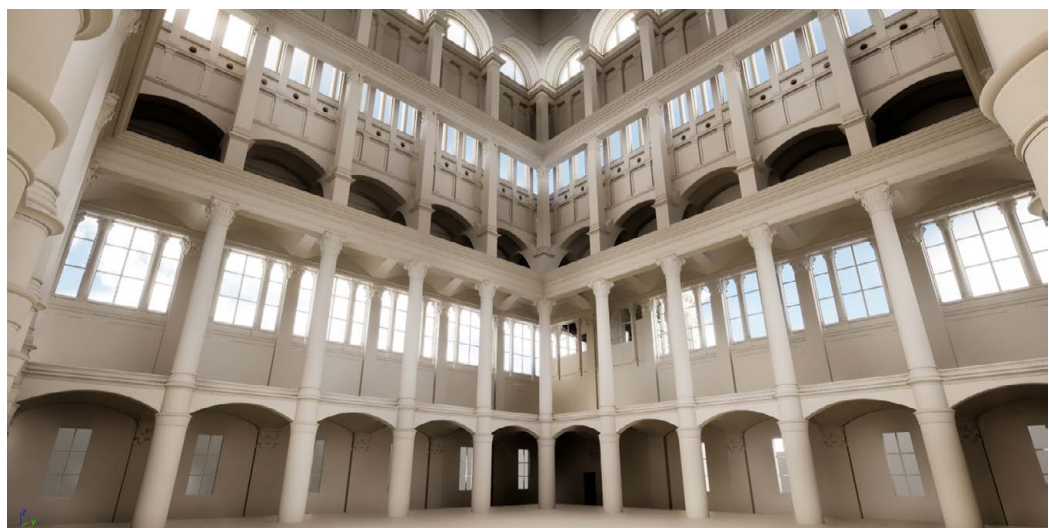


Fig. 10. Image from Unreal Engine interface. Interior of the 3D model of the Mole Antonelliana. Elaboration by L. Torresi.



These technologies radically redefine our perception of space and social dynamics, offering new ways of interaction and enjoyment of architectural spaces. Their use in virtual reconstructions and the generation of spaces that no longer exist or from past configurations also offers us the possibility of investigating the subject of digital modelling to optimise the process itself. This approach is also increasingly necessary for the future reuse of digital resources that create increasingly complex ecosystems today. Therefore, the “dynamic model” presented here seeks to discretise the model to reuse and interoperability between different platforms for creating environments and models with multiple uses.

## Notes

[1] 1862 and 1863 reconstructions by F. Rosso, 1873 and 1875 by C. Caselli according to Antonelli's design project, 1888 and 1906 were superimposition of 1975 C. Caselli drawing and two “cupolino” variants respectively by A. Frizzi and F. Rosso [Rosso 1975].

## Credits

In this contribution, whose authors shared the methodological framework, the paragraph titled “Dynamic models for the digital use of the Mole in 3D” was written by Luca Torresi, while the paragraphs titled “The mole Antonelliana and the project for the Israelitic Temple of Turin”, “Virtual reconstruction of the Mole Antonelliana” and “Conclusions” were written by Elisabetta Caterina Giovannini.

## References

- Apollonio F. I., Giovannini E. C. (2015). A paradata documentation methodology for the Uncertainty visualization in digital reconstruction of CH artifacts. In *SCIRES-IT* n. 5, pp. 1–24.
- Apollonio F. I. (2016). Classification schemes for visualization of uncertainty in digital hypothetical reconstruction. In S. Münster et al. (Ed.). *3D research challenges in cultural heritage II: how to manage data and knowledge related to interpretative digital 3d reconstructions of cultural heritage*, pp. 173–197. Cham: Springer International. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_9).
- Archivio Luce Cinecittà. (15 giugno 2012). *Giornale Luce B1131 del 21/07/1937 - Preparativi per la mostra augustea della romanità*. <<https://www.youtube.com/watch?v=86GpvnPMCTs>> (accessed 31.07.2024).
- Banfi F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. In *Virtual Archaeology Review* Vol. 11 (23), pp. 16–33.
- Bianchini C., Nicastro S. (2018). La definizione del Level of Reliability. Un contributo alla trasparenza dei processi di Historic-BIM/The definition of the Level of Reliability. A contribution to the transparency of Historical-BIM processes. In T. Empler, F. Quici, G. M. Valenti (Eds.). *3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere*, pp. 208–225. Roma: DEI Tipografia del Genio Civile.
- Brusaporci S., Tata A., Maiezza P. (2021). The “LoH - Level of History” for an Aware HBIM Process. In A. Arena et al. (Eds.). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*, pp. 2110–2118. Milano: FrancoAngeli.
- Giovannini E. C. (2017). Vrim workflow: semantic HBIM objects using parametric geometries. In T. Empler (Ed.). *3D Modeling & BIM. Progettazione, design, proposte per la ricostruzione*, pp. 212–229.
- Giovannini E. C. (2021). Data Modelling in Architecture: Digital Architectural Representations. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Eds.). *Representation Challenges. Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*, pp. 191–195.
- Gritella G. (Ed.). (1999). *La Mole Antonelliana. Storia di un edificio simbolo, dal progetto al restauro*. Torino: UTET.
- Maiezza P. (2019). As-built reliability in architectural HBIM modeling. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLII-2/W9, pp. 461–466.
- Manzo L. (Ed.). (2013). *Esplorando tra le carte. La Mole Antonelliana*. Torino: Archivio storico della Città di Torino.
- Pavia C. (2006). *ROMA ANTICA, com'era. Storia e tecnica costruttiva del grande Plastico dell'Urbe nel Museo della Civiltà Romana*. Roma: Gangemi.
- Pavia C. (31 dicembre 2021) *ARCHEOTOUR, IL COLOSSEO 2° PARTE. Latina Città Aperta. Una voce fuori dal coro*. <https://www.latinacittaperta.info/2021/12/31/archeotour-il-colosseo-2parte/> (accessed 31.07.2024).
- Rosso F. (1975). *Catalogo critico dell'Archivio Alessandro Antonelli. Vol. I - I disegni per la Mole di Torino - Museo Civico di Torino*. Torino: Impronta.
- Rosso F. (1976). *La Mole Antonelliana, un secolo di storia del monumento di Torino. Guida Illustrata - Museo Civico di Torino*. Torino: Impronta.
- Rosso F. (1977). *Alessandro Antonelli e la Mole di Torino*. Torino: Stampatori.



#### Authors

*Elisabetta Caterina Giovannini*, Politecnico di Torino, [elisabetta.giovannini@polito.it](mailto:elisabetta.giovannini@polito.it)  
*Luca Torresi*, Politecnico di Torino

*To cite this chapter:* Giovannini Elisabetta Caterina, Torresi Luca (2024). Prefigurazione e configurazione di Modelli Dinamici per ambienti digitali: la Mole Antonelliana in 3D/Prefiguration and configuration of Dynamic Models for digital environments: the Mole Antonelliana in 3D. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2971-2994.