



# Università degli Studi di Messina

## Dipartimento di Ingegneria

Dottorato in Ingegneria civile, ambientale e della sicurezza XXXVII Ciclo

Curriculum: Scienze e tecnologie, materiali, energia e sistemi complessi per il calcolo distribuito e le reti

S.S.D. CEAR-08/A

**Coordinatore: Prof. Ing. Gaetano Bosurgi**

---

### **DALLA DIGITALIZZAZIONE 2D AL METAVERSO: *ZANCLE TRANSITA IN MESSANA.***

**L'affioramento virtuale di frammenti urbani stratificati**

Dottoranda:

**Dott. Ing. Giuseppina Salvo**

Tutor:

**Prof. Ing. Ornella Fiandaca**

Matricola:

**535791**

Cotutor:

**Prof. Ing. Alessio Altadonna**

---

**ANNO ACCADEMICO 2023 - 2024**



# Università degli Studi di Messina

## Dipartimento di Ingegneria

Dottorato in Ingegneria civile, ambientale e della sicurezza XXXVII Ciclo

Curriculum: Scienze e tecnologie, materiali, energia e sistemi complessi per il calcolo distribuito e le reti

S.S.D. CEAR-08/A

**Coordinatore: Prof. Ing. Gaetano Bosurgi**

---

### **DALLA DIGITALIZZAZIONE 2D AL METAVERSO: *ZANCLE TRANSITA IN MESSANA.***

**L'affioramento virtuale di frammenti urbani stratificati**

Dottoranda:

**Dott. Ing. Giuseppina Salvo**

Tutor:

**Prof. Ing. Ornella Fiandaca**

Matricola:

**535791**

Cotutor:

**Prof. Ing. Alessio Altadonna**

# Indice

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Sinossi</i> .....                                                                                    | 5         |
| <i>Abstract</i> .....                                                                                   | 7         |
| <br>                                                                                                    |           |
| <b>Cap.1 – Mondi virtuali nell'archeologia dell'architettura e delle tecniche costruttive.</b>          |           |
| <b>Letteratura e applicazioni</b> .....                                                                 | <b>11</b> |
| 1.1 <i>Le realtà alternative e il dilemma dei Metaversi</i> .....                                       | 12        |
| 1.1.1 <i>Stato dell'arte: dalle piattaforme 2D alle realtà immersive</i> .....                          | 14        |
| 1.1.2 <i>Strumenti e applicazioni dei Metaversi</i> .....                                               | 14        |
| 1.1.3 <i>Pionierismo virtuale in architettura</i> .....                                                 | 16        |
| 1.2 <i>Campi di applicazione e trasferibilità</i> .....                                                 | 19        |
| 1.2.1 <i>Strumenti e applicazioni: dalle piattaforme 2D alle realtà immersive per i Metaversi</i> ..... | 19        |
| 1.2.2 <i>Le realtà alternative in archeologia e nell'ingegneria dell'architettura antica</i> .....      | 21        |
| 1.2.3 <i>Pionierismo virtuale in campo storico-urbanistico e architettonico</i> .....                   | 21        |
| 1.3 <i>Realtà alternative e mondi immersivi per la didattica, la divulgazione e il turismo</i> .....    | 22        |
| 1.3.1 <i>Analisi di esempi peculiari internazionali</i> .....                                           | 22        |
| 1.3.2 <i>Analisi di esempi peculiari nazionali e regionali</i> .....                                    | 26        |
| 1.3.3 <i>Analisi di esempi peculiari locali: Messina e provincia</i> .....                              | 32        |
| <br>                                                                                                    |           |
| <b>Cap.2 – Avanzamento nella transizione digitale sul patrimonio culturale:</b>                         |           |
| <b>tracce di metodo</b> .....                                                                           | <b>37</b> |
| 2.1 <i>Risorse tecnologiche per la creazione del Patrimonio Culturale Virtuale</i> .....                | 37        |
| 2.1.1 <i>La dotazione strumentale per la digitalizzazione del Patrimonio Culturale</i> .....            | 38        |
| 2.1.2 <i>Piattaforme 2D per la trasformazione digitale e le analisi spaziali</i> .....                  | 42        |
| 2.1.3 <i>Piattaforme 3D per la transizione digitale e la restituzione immersiva</i> .....               | 45        |
| 2.2 <i>Indirizzi metodologici comprovati da test applicativi</i> .....                                  | 52        |
| 2.2.1 <i>L'accessibilità totale ai luoghi e ai contenuti: il Museo Regionale di Messina</i> .....       | 53        |
| 2.2.2 <i>Procedure multi-strumentali avviate nel territorio delle Masse (ME)</i> .....                  | 60        |
| 2.2.3 <i>Predisposizione alla metaversione delle Terme romane di Philosophiana (CL)</i> .....           | 64        |
| 2.3 <i>Limiti e potenzialità metodologiche ed esecutive</i> .....                                       | 69        |
| 2.3.1 <i>Limiti e potenzialità di metodo: il Museo Regionale di Messina</i> .....                       | 69        |
| 2.3.2 <i>Limiti e potenzialità di metodo: il caso delle Masse (ME)</i> .....                            | 71        |
| 2.3.3 <i>Limiti e potenzialità di metodo per le Terme romane di Philosophiana (CL)</i> .....            | 73        |

|                                                                                                                                         |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Cap.3 – Dalla documentazione al Metaverso: Zancle transita in Messina.....</b>                                                       | <b>78</b>      |
| 3.1 <i>Natura e articolazione del progetto: Zancle transita in Messina.....</i>                                                         | 82             |
| 3.1.1 <i>Analisi critica della documentazione .....</i>                                                                                 | 87             |
| 3.1.2 <i>Data enrichment del database spaziale QGIS .....</i>                                                                           | 91             |
| 3.1.3 <i>Messina antica attraverso le carte tematiche.....</i>                                                                          | 106            |
| 3.2 <i>La lettura del complesso monastico del S. Salvatore dei Greci: le vestigia come documento .....</i>                              | 113            |
| 3.2.1 <i>La ricerca delle fonti multidisciplinari per il S. Salvatore dei Greci.....</i>                                                | 113            |
| 3.2.2 <i>Il progetto Zancle transita in Messina: la digitalizzazione GIS<br/>                arricchita delle schede USM e USR.....</i> | 127            |
| 3.2.3 <i>Le restituzioni 3D e la predisposizione al Metaverso .....</i>                                                                 | 138            |
| 3.3 <i>Esiti interpretativi sul caso studio.....</i>                                                                                    | 151            |
| 3.3.1 <i>Dalla digitalizzazione documentale al modello virtuale tra potenzialità e limiti.....</i>                                      | 151            |
| 3.3.2 <i>Informatizzazione delle restituzioni 3D: tra strumento scientifico e valorizzazione virtuale .....</i>                         | 153            |
| 3.3.3 <i>Dall'H-Bim al Metaverso passando attraverso le realtà virtuali.....</i>                                                        | 155            |
| <br><b>Cap.4 – Discussione e conclusioni.....</b>                                                                                       | <br><b>159</b> |
| 4.1 <i>Sinossi dei risultati chiave.....</i>                                                                                            | 163            |
| 4.2 <i>Aspetti innovativi di Zancle transita in Messina.....</i>                                                                        | 164            |
| 4.3 <i>Da Zancle al Metaverso: immersioni digitali per la didattica, il turismo culturale e la ricerca.....</i>                         | 166            |
| <br><b>Bibliografia.....</b>                                                                                                            | <br><b>168</b> |
| <i>Capitolo 1.....</i>                                                                                                                  | 168            |
| <i>Capitolo 2.....</i>                                                                                                                  | 171            |
| <i>Capitolo 3.....</i>                                                                                                                  | 177            |

*Del luogo dove si dice sia Messina  
non rimangono che pietre,  
meno di quelle d'Ilio o di Micene,  
rimane un prato  
in direzione della contrada Paradiso  
su cui giacciono sparsi marmi,  
calcinati e rugginosi  
come ossa di Golgota o campo d'impiccati:  
angeli mutili, fastigi,  
rocchi, capitelli, stemmi...  
Tracce,  
prove d'una storia frantumata,  
d'una civiltà distrutta,  
d'uno stile umano cancellato.*

V. Consolo, *L'olivo e l'olivastro*

*La tecnologia immaginata  
solitamente ci mette più tempo  
del previsto per diventare realtà.*

M. Ball, *Metaverso*

Il presente studio si pone l'obiettivo di approfondire materiali di base, strumenti e metodologie attuative utili alla digitalizzazione del Patrimonio Culturale materiale e immateriale per il caso pilota di Messina. Attraverso il reperimento e lo studio di fonti multidisciplinari, si è voluta sperimentare una procedura scientificamente valida che, dalla digitalizzazione 2D, si spingesse fino alle realtà alternative e integrate, già esistenti in altri ambiti di applicazione, volte alla conoscenza del patrimonio sommerso, obliato o tangibilmente perduto, la cui memoria però permane nei "gemelli" cartacei e analogici.

A partire da queste generiche premesse, il progetto di ricerca condotto durante il percorso triennale di Dottorato (XXXVII ciclo) è stato specificatamente direzionato a fornire un ulteriore contributo tecnico, in ottica di applicazione tecnologica per la divulgazione e l'accessibilità culturale, all'ambito della ricerca documentaria, archivistica e architettonica sulle sopravvivenze archeologiche ancora presenti nella città di Messina, già avviata in collaborazione con il Laboratorio di Studi doCme1908<sup>1</sup> fin dalla sua istituzione.

A partire dal patrimonio di conoscenza, edito e soprattutto inedito, che organi di ricerca e di cultura continuano ininterrottamente a mettere insieme, si sono proposte modalità speditive, economiche e facilmente accessibili a qualsiasi tipo di utenza per la consultazione, lo studio, la fruizione multidisciplinare, la ricostruzione e la divulgazione della memoria di Messina, dall'antica fondazione alla contemporaneità.

Infatti, ove l'impossibilità o la difficoltà di accesso ai dati rende il più delle volte "settoriali" determinati aspetti della conoscenza e soprattutto minaccia la tutela e la conservazione della memoria identitaria cittadina, una possibilità che si affaccia è la smaterializzazione dei luoghi, insieme a tutto il "pacchetto" connesso di informazioni utili alla conoscenza degli stessi e di ciò che conservano, sopra e sotto terra. In tal modo l'accessibilità tende a diventare totale, per qualsiasi bacino di utenza ovunque localizzata.

Per attuare quanto anticipato, sono state programmate tre fasi principali della ricerca nei rispettivi ambiti:

1. *Conoscenza e memoria* che si è esplicitata nella ricerca delle fonti archivistiche, letterarie, storico-archeologiche, grafiche, cartografiche e multimediali necessarie alla propeudeutica documentazione per la successiva schedatura da collegare alle elaborazioni;

2. *Conservazione, tutela e valorizzazione* che ha inteso ricreare in formato digitale la suddetta documentazione (mediante database collegabili, esportabili e condivisibili) e consentirne l'importazione e la visualizzazione oltre che diversi tipi di analisi multi-scala su piattaforma geografica (QGIS, *software* preferito perché rigorosamente *open source*);

3. *Divulgazione e fruizione (fisica e/o virtuale)* attuata proponendo prototipi di soluzioni virtuali (AR, VR, XR) per la massima divulgazione, la fruizione agevolata e la compatibilità con le più diffuse piattaforme. In particolare quelle che sfruttano la tecnologia *blockchain*, in vista del massivo passaggio al Metaverso<sup>2</sup> o alla rivoluzione dell'internet 3D, previsti nei prossimi anni, ma ancora piuttosto nebulosi e dai contorni sfocati.

Lo scopo finale è stato quindi quello di vagliare, tra tutte le possibilità di applicazione scientifica (Ricerca, educazione, formazione, simulazioni di ambienti o di esperimenti reali), quella che consentisse d'immaginare un futuro digitale che, seppur declinato in più realtà alternative, comunque inserite nello stesso Metaverso (o meta-realtà) creato per le fasi più antiche della città di Messina, potesse essere un mezzo utile e immediato per attingere informazioni costantemente presenti su piani "inesistenti" nella realtà fisica.

Tutto questo sarebbe intrapreso al triplice scopo di tutela del patrimonio materiale (cartaceo, archeologico, storico edilizio o tipologico), di promozione culturale e di accessibilità sia nel senso di superamento delle barriere non architettoniche che precludono alla fruizione de-localizzata che di quella a più ampio bacino (primariamente disabili, ma anche associazioni, istituzioni, privati cittadini in ogni parte del mondo).

Tali obiettivi sono in linea con il Piano Nazionale di Ripresa e resilienza che, all'interno della Missione 1 («Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo»), riconosce come volano per il rilancio dell'economia nazionale il turismo (12% del Pil) unitamente alla cultura mediante la fruibilità e accessibilità implementate con investimenti digitali per la rimozione di barriere fisiche e cognitive al patrimonio.

Lo stesso dicasi per quanto esposto nella Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) che, al punto inerente le Tecnologie per il Patrimonio Culturale

(5.1.13), si esprime in questi termini: «L'area Tecnologie per il Patrimonio Culturale fa riferimento a un set ampio di domini di conoscenza, riconducibili ad ambiti industriali differenti: [...] gestione del patrimonio storico-artistico-architettonico: attività aventi a che fare con la conservazione, la fruizione e la messa a valore del patrimonio culturale, tanto nelle sue dimensioni tangibili (musei, biblioteche, archivi, ecc.) che in quelle intangibili (gestione di luoghi storici, edifici o monumenti) [...]».

In sostanza l'obiettivo che ci si è proposto è stato di predisporre una base di partenza per ricreare, virtualmente (VR) o insieme alla realtà aumentata (AR) per plasmare quella mista (XR), la Messina più antica a partire dalle fonti letterarie, dai documenti storici e dalle testimonianze archeologiche sopravvissute in modo da traslare questa città “invisibile”, perché sotterranea, ed eterea, perché intangibile, in un ambiente a sua volta immateriale sebbene strettamente legato alla realtà tangibile.

## Note

<sup>1</sup> Il Laboratorio di Studi docMe 1908: Centro di Documentazione per Messina è stato istituito nel 2017 all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Messina con lo scopo di raccogliere, studiare e divulgare il patrimonio documentario sparso in archivi, pubblici e privati, non solo cittadini ma anche nazionali e internazionali, attinente le ricostruzioni post-sismiche e post-belliche attraverso le quali la città peloritana si è trasformata.

<sup>2</sup> Il termine Metaverso si riferisce a un ambiente virtuale a cui si accede via *web* con un *avatar* (termine derivato dal sanscrito), ossia un *alter ego* digitale dall'utente che lo comanda da remoto.

This study aims to explore foundational materials, tools, and methodological approaches useful for the digitalization of tangible and intangible Cultural Heritage, focusing on the pilot case of Messina. Through the retrieval and study of multidisciplinary sources, the research sought to experiment with a scientifically valid procedure that would progress from 2D digitalization to alternative and integrated realities—already existing in other application domains—aimed at understanding submerged, forgotten, or tangibly lost heritage, whose memory persists in paper and analog twins.

Departing from these general premises, the research project conducted during the three-year Doctoral Program (XXXVII cycle) was specifically directed toward providing an additional technical contribution, from a technological application perspective for cultural dissemination and accessibility, to the domain of documentary, archival, and architectural research on archaeological survivals still present in the city of Messina, a collaboration initiated with the Laboratorio di Studi per Messina doCme1908<sup>1</sup> since its establishment.

Building upon the existing knowledge base - published and especially unpublished- continuously assembled by research and cultural institutions, the study proposed expeditious, economical, and easily accessible methodologies for consultation, study, multidisciplinary fruition, reconstruction, and dissemination of Messina's memory, from its ancient foundation to contemporary times.

Indeed, where the impossibility or difficulty of data access frequently renders certain knowledge aspects "sectoral" and threatens the protection and conservation of the city's identity memory, an emerging possibility is the dematerialization of locations, along with the entire connected "package" of information useful for understanding these spaces and their contents, both above and below ground. Through this approach, accessibility tends to become total, for any user base located anywhere.

To implement the aforementioned objectives, three principal research phases were programmed across respective domains:

1. Knowledge and Memory: Executed through the research of archival, literary, historical-archaeological, graphic, cartographic, and multimedia sources necessary for preliminary documentation to be linked to subsequent processing;

2. Conservation, Protection, and Enhancement: Intended to recreate the aforementioned documentation in digital format (through interconnectable, exportable, and sharable databases) and enable importation, visualization, and various multi-scale analyses on geographic platforms (QGIS, preferred due to its strictly open-source nature);

3. Dissemination and Fruition (physical and/or virtual): Implemented by proposing virtual solution prototypes (AR, VR, XR) for maximum dissemination, facilitated access, and compatibility with the most widespread platforms. Particularly, those leveraging blockchain technology, in anticipation of the massive transition to the Metaverse<sup>2</sup> or 3D internet revolution, projected in the coming years but still relatively nebulous and indistinct.

The ultimate aim was thus to evaluate, among all scientific application possibilities (Research, education, training, real environment or experiment simulations), the approach that would allow imagining a digital future - albeit articulated across multiple alternative realities within the same Metaverse (or meta-reality) created for Messina's earliest phases - that could serve as a useful and immediate means of accessing information constantly present on "non-existent" planes in physical reality.

This endeavor would be undertaken with a threefold purpose: material heritage preservation (paper-based, archaeological, historical architectural or typological), cultural promotion, and accessibility—both in terms of overcoming non-architectural barriers precluding delocalized fruition and expanding the user base (primarily addressing disabilities, but also encompassing associations, institutions, and private citizens worldwide).

These objectives align with the National Recovery and Resilience Plan, which, within Mission 1 (Digitalization, Innovation, Competitiveness, Culture, and Tourism), recognizes tourism (12% of GDP) alongside culture as a driving force for national economic revival, achieved through enhanced fruibility and accessibility implemented via digital investments for removing physical and cognitive barriers to heritage.

The same applies to the provisions outlined in the National Smart Specialization Strategy (SNSI), which, in the section pertaining to Cultural Heritage Technologies (5.1.13), articulates: "The Cultural Heritage Technolo-

gies area references a broad set of knowledge domains, traceable to different industrial contexts: [...] historical-artistic-architectural heritage management: activities concerned with the conservation, fruition, and valorization of cultural heritage, both in its tangible dimensions (museums, libraries, archives, etc.) and intangible aspects (management of historical sites, buildings, or monuments) [...]."

Fundamentally, the objective was to virtually recreate (VR) or integrate with augmented reality (AR) to shape mixed reality (XR) the most ancient Messina, derived from literary sources, historical documents, and surviving archaeological testimonies. The aim was to translate this "invisible" city—subterranean in nature and ethereal, because intangible—into an equally immaterial environment, yet strictly linked to tangible reality.

## Note

<sup>1</sup> The *Laboratorio di Studi docMe 1908: Centro di Documentazione per Messina* was established in 2017 within the Department of Engineering at the University of Messina with the purpose of collecting, studying, and disseminating documentary heritage scattered across public and private archives, not only local but also national and international, pertaining to post-seismic and post-war reconstructions through which the Peloritanean City has been transformed..

<sup>2</sup> The term Metaverse refers to a virtual environment accessed via the web through an *avatar* (a term derived from Sanskrit), which is a digital *alter ego* controlled remotely by the user.



Mondi virtuali  
nell'archeologia dell'architettura  
e delle tecniche costruttive  
Letteratura e applicazioni

VIRTUAL  
WORLDS  
IN  
ARCHAEOLOGY

CAPITOLO 1

L'obiettivo di un mondo virtuale, che possa essere già valido o che debba rendersi validabile scientificamente, è principalmente quello di creare un'esperienza sensoriale quanto più verosimile, attraverso non tanto la simulazione accurata al dettaglio della realtà fisica grazie alle tecnologie avanzate, ma di restituire visivamente dati risultanti da ricerche rigorose attraverso un nuovo canale di formazione e divulgazione culturale a beneficio della collettività comunque composta. Pertanto, la confusione che ancora sussiste riguarda in particolare il Metaverso, o meglio i Metaversi in quanto costituiti da innumerevoli mondi virtuali<sup>1</sup>, è riconducibile alla mancata distinzione tra un qualsiasi parco giochi online e un complesso universo parallelo digitale. Tale errore di giudizio è da ricondurre principalmente al fatto che per ora il Metaverso come unico ambiente virtuale che contenga al suo interno un numero teoricamente infinito di mondi diversificati per contenuti, grafica e finalità, è soltanto una teoria, un'idea ancora immateriale. A questo prodotto non tangibile però si sta lavorando, investendo economicamente e orientando la ricerca a partire da diversi fronti: tecnologie da migliorare (*hardware* più prestanti), infrastrutture mondiali di comunicazione da aggiornare e implementare largamente, dilemmi etici e legislativi da dirimere<sup>2</sup>, fallacia nella protezione dei dati, etc.. Infatti ciò che si attende in un prossimo futuro per il Metaverso è una sorta di rivoluzione radicale, che ricalchi in buona parte quella avvenuta per Internet, divenuta e rimasta indiscutibilmente la "rete delle reti"<sup>3</sup>. Anche in questo caso si manifestano disguidi e pregiudizi, che vedono puntualmente la tecnologia emergente come una fonte di intrattenimento fine a se stessa o addirittura una sua banalizzazione relegando il Metaverso a un mero giocattolo, senza comprenderne o prefigurarne il potenziale.

Il parallelismo con Internet persevera, infatti, per quanto esso si sarebbe poi rivelato cruciale per ogni settore della produttività e della vita quotidiana in ogni aspetto, agli albori se ne capì la portata solo dopo la sua diffusione e il libero accesso su scala mondiale.

Ciò accade perché spesso le aziende avanguardiste scommettono inconsapevolmente sulla tecnologia giusta, ma con tempistiche errate, peraltro su un mercato ancora acerbo o incapace di sostenerne le richieste o le necessità, esattamente come potrebbe accadere per il Metaverso. Infatti, la maggiore difficoltà di prevedere le trasformazioni tecnologiche è legata al fatto che a innescarle non è un'innovazione o l'iniziativa di un singolo individuo, ma una catena di cambiamenti che, in combinazione aleatoria, reagiscono alle novità del mercato e, di riflesso, dell'utenza. Negli ultimi settant'anni, i cosiddetti *proto-metaversi* si sono evoluti passando dalle *chat* di testo e dai *MUD*<sup>4</sup>, alle reti di mondi virtuali dotati di popolazioni ed economie che, attualmente, possono competere con quelle di piccoli Stati. Quel che di basilare manca perché il Metaverso possa vedere la luce è una infrastruttura Internet aziendale, concepita e costruita da aziende private al fine esplicito non solo di realizzare transazioni commerciali, raccogliere dati, fare pubblicità per vendere i corrispettivi dei prodotti virtuali nel mondo reale, ma anche di aprirsi a prospettive interne agli ambiti della cultura, spazianti dall'istruzione al Patrimonio costituito dai Beni Culturali tangibili e non [Tlili et al., 2023]. Solo così potrà diventare un piano parallelo dell'esistenza per milioni - se non miliardi - di persone, come potrebbe incarnarlo l'*Internet 3D* che tanto si profetizza. Ciò in ragione del fatto che probabilmente sarà deputato alla realtà virtuale immersiva il modo, se non esclusivo di certo il più utilizzato, di accedere e vivere il Metaverso.

## Note

<sup>1</sup> I mondi virtuali si riferiscono a qualsiasi ambiente simulato generato dal computer che possano essere 3D immersivo 3D, 2.5D, 2D, sovrapposti al mondo reale tramite realtà aumentata oppure puramente testuali

<sup>2</sup> Il Metaverso probabilmente acutizzerà molti dei complessi problemi che affliggono l'esistenza digitale odierna: i diritti sui dati e la loro protezione, la disinformazione e la radicalizzazione, il potere e la regolamentazione delle piattaforme, la violenza fino al rischio di compromissione della felicità degli utenti.

<sup>3</sup> Internet è costituita da reti private, pubbliche, accademiche, aziendali e governative di portata sia locale sia globale, ed è collegata a diverse tecnologie di rete (elettronica, *wireless* e ottiche) a livello mondiale.

<sup>4</sup> *Multi User Dungeon*: giochi di ruolo testuali, inizialmente basati su vere e proprie epopee letterarie fantastiche.

### 1.1 Le realtà alternative e il dilemma dei Metaversi

In un panorama di crescente e alquanto caotica corsa alla digitalizzazione, spinta ancora di più dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) dello Stato italiano, l'ambito che sembra essere più promettente in termini di possibilità e contestualmente piuttosto inesplorato è quello del Metaverso in rapporto all'architettura fisica o non digitale [Shumacher, 2020]. Il PNRR dell'Italia, con la sua forte enfasi sulla transizione digitale, ha creato e continua a predisporre un terreno altamente fertile per l'innovazione tecnologica in svariati settori, inclusa l'architettura (Ministero dell'Economia e delle Finanze 2021), ove il Metaverso si presenta come uno strumento potenzialmente rivoluzionario per la pratica edilizia sotto diversi aspetti. Già da tempo, nell'ambito della progettazione architettonica, l'uso di ambienti virtuali immersivi permette ai tecnici di creare e sperimentare con design complessi in modi precedentemente impensabili mediante la visualizzazione tridimensionale interattiva, ossia travalicando le tradizionali rappresentazioni 2D o i modelli 3D statici [Koutsabasis e Vosinakis, 2018]. Gli utenti hanno la possibilità, così, di "camminare" attraverso edifici virtuali per sperimentare la resa estetica e la funzionalità domotica degli spazi prima della loro costruzione fisica, ricevendo un riscontro immediato e orientando potenzialmente il *design* verso più versatili applicazioni reali. L'integrazione del Metaverso nell'architettura solleva anche questioni sulla natura stessa dello spazio e dell'esperienza architettonica: la di-

stinzione tra spazio fisico e virtuale procede sfumando sempre più, fino a condurre a un ripensamento persino dei concetti fondamentali di luogo e presenza, con implicazioni profonde nella teoria e nella pratica progettuale e costruttiva [Schnabel e Kvan, 2023].

Tutto ciò, però, pone l'attenzione sulle questioni di accessibilità e di divario digitale transitivamente conseguente alla necessità di possedere competenze specializzate che quindi rappresentano ostacoli significativi [Riva e Wiederhold, 2022]. Contestualmente si porrebbe pure il rischio di conferire eccessiva enfasi sugli spazi virtuali e che ciò possa, a sua volta, comportare una svalutazione dell'esperienza architettonica fisica.

Sebbene esistano già tanti Universi alternativi virtuali, prevalentemente orientati al *gaming*, ai *social media* e alla pubblicità, i più recenti progetti pionieristici, alimentati a propulsione dalla pandemia mondiale, hanno interessato il mondo delle arti visive, della musica pop, della moda e del *glamour*, come di tantissimi altri campi la cui linfa vitale sia la visibilità a scopo economico-commerciale, neo-comunicativo, declinato in forme sempre più realistiche, interattive e coinvolgenti, e dell'intrattenimento (Fig. 1.1). Nel campo delle arti visive i Metaversi hanno offerto nuove piattaforme per la creazione, l'esposizione e la commercializzazione di opere d'arte digitali, facendo emergere i *Non-Fungible Tokens* (NFT), rivoluzionato così il concetto di proprietà intellettuale e autenticità nell'arte digitale e creando un mercato virtuale in rapida espansione.



Fig. 1.1 *To Posterity* di A. Siconolfi: una delle opere NFT esposte al Decentral Art Pavilion della Biennale di Venezia [© 2022, A. Siconolfi]

Infatti, gallerie d'arte virtuali come *Decentraland* e *Crypto-voxels* hanno ospitato mostre di alto profilo, attirando l'attenzione di numerosi collezionisti e investitori tradizionali lanciati alla scoperta delle nuove tendenze economiche [Franceschet et al., 2021]. Allo stesso modo, anche nel settore musicale, i concerti virtuali hanno guadagnato una popolarità senza precedenti, con eventi esclusivamente virtuali che hanno calamitato oltre 12 milioni di spettatori simultanei, dimostrando di fatto l'altissimo potenziale dei Metaversi come piattaforme per esperienze immersive e interattive su larga scala [Webster e Yen, 2021]. Eventi simili non hanno solo ridefinito il concetto di *performance live*, ma anche aperto nuove strade per la monetizzazione degli eventi e l'appetibilità dei fan.

Pure l'industria della moda ha abbracciato rapidamente queste opportunità, per cui sempre più marchi di lusso hanno creato collezioni digitali ed esperienze virtuali, così da riuscire a fondere insieme il mondo della moda fisica con quella digitale, fondando una nuova economia basata esclusivamente su beni virtuali, dove gli *avatar* possono indossare capi d'alta moda in ambienti digitali [Flavián et al., 2022] prima di procedere a una eventuale realizzazione fisica per il successivo acquisto nelle boutique reali. Questo perché, dal punto di vista della comunicazione commerciale, i Metaversi offrono opportunità uniche per il marketing esperienziale. Per le aziende la possibilità di creare ambienti immersivi che lascino interagire i consumatori con i prodotti in modi precedentemente impossibili, aumentano la diffusione e la fedeltà al *brand*, approccio che si allinea con la crescente domanda di esperienze personalizzate e interattive da parte dei consumatori [Kim e Hall, 2021].

Tuttavia, non mancano di sollevarsi anche questioni critiche riguardanti la proprietà intellettuale, la *privacy* dei dati e soprattutto l'autenticità delle esperienze, poiché l'implicazione del rischio di esclusione digitale e della potenziale esacerbazione delle disuguaglianze sociali esistenti non può essere sottovalutata o ignorata [Mystakidis, 2022].

Ovviamente ogni nuova proposta nei suddetti e negli altri mondi del Metaverso ha richiesto innanzi tutto il proprio spazio costruito, sebbene virtuale, in cui esporre se stessa nella "lottizzazione" in cui sono partizionati tali universi intangibili (Fig. 1.2).

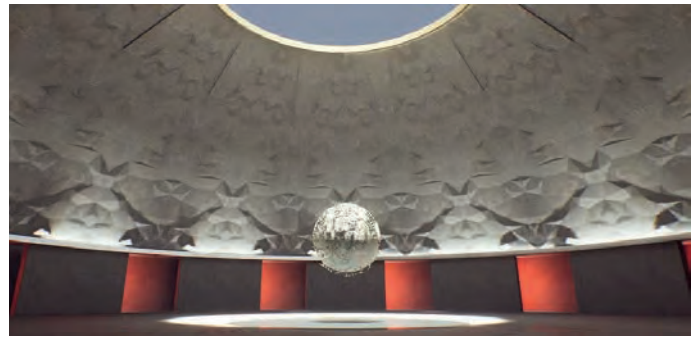


Fig.1.2 La ball centrale del MetaVanity, il primo museo nel Metaverso presentato alla Biennale di Venezia e ispirato ai grandi edifici pubblici dell'antica Roma - [© 2022, vanityfair.it]

Per questo non solo programmatori e web designer, ma anche importanti studi di architettura fisica stanno impegnando i propri professionisti in questa nuova frontiera della progettazione che gode della totale astrazione, senza luogo e senza vincoli: l'eldorado della fantasia per i progettisti che si immergono in questi nuovi mondi virtuali. Questa tendenza riflette la convergenza tra architettura tradizionale e tecnologie digitali avanzate, che traghettano a nuove forme di espressione architettonica e metodologie di progettazione. Studi come gli *Zaha Hadid Architects*, *Foster + Partners* e *BIG (Bjarke Ingels Group)* stanno attivamente esplorando le potenzialità del Metaverso, non solo come strumento di visualizzazione, ma come un nuovo dominio per la creazione architettonica [Schnabel e Kvan, 2023]. L'aspetto chiave di questa evoluzione è la cosiddetta "meta-architettura", un concetto che fonde principi architettonici tradizionali con le possibilità illimitate degli ambienti virtuali [Dewidar et al., 2021].

Particolarmente significativa si rivela essere, adesso, la "previsione" tratta da un'intervista rilasciata dall'architetto Patrik Schumacher nel 2020, proprio perché sintetizza perfettamente quanto appena accennato:

*I would design the world after Covid-19 as a virtual four-dimensional navigation and communication space, as cyberspace. This is where all the architectural action and innovation will be happening in the coming period<sup>1</sup>.*

## 1.1.1 STATO DELL'ARTE:

## DALLE PIATTAFORME 2D ALLE REALTÀ IMMERSIVE

L'evoluzione delle tecnologie digitali ha tracciato un percorso profondo perché significativo dalle piattaforme bidimensionali alle esperienze immersive tridimensionali, ridefinendo i modi d'interscambio sia tra gli utenti con i contenuti digitali sia tra loro stessi e facendo sì che una tale transizione rappresenti oltre che un avanzamento tecnologico, pure e soprattutto un cambiamento paradigmatico nella percezione e nell'interazione con gli ambienti virtuali.

Ciò a partire dalle piattaforme 2D, che includono i classici siti web tradizionali e le applicazioni mobili e che hanno dominato l'esperienza digitale per decenni, offrendo con le loro interfacce bidimensionali una rappresentazione piatta delle informazioni nella limitazione dell'interazione dell'utente ai soli comandi di *scrolling*, *clicking* and *typing* [Dix et al., 2019]. Nonostante questo, però, le piattaforme 2D permangono e restano cruciali per molte applicazioni, grazie alla loro accessibilità e consolidata familiarità, nel passaggio verso le rappresentazioni tridimensionali. Questo è stato possibile grazie all'avvento di tecnologie come *WebGL* e *Three.js* indispensabili per la creazione di esperienze 3D all'interno dei browser web [Parisi, 2021]. Si è così aperta la strada a visualizzazioni più ricche e interattive, particolarmente utili in campi profondamente differenti.

Con la parola *Metaverso*, neologismo inventato negli anni Novanta da un autore americano per il proprio romanzo di fantascienza<sup>2</sup>, oggi ci si riferisce a un ambiente virtuale a cui si accede via web con un *avatar*, ossia un proprio *alter ego* digitale, comandato da remoto dall'utente.

Sono stati creati, negli ultimi quindici anni, tanti mondi virtuali con specifiche precise, a seconda dell'uso e delle esperienze che gli sviluppatori volessero far vivere ai fruitori. La maggior parte di questi è nata, in particolare, come piattaforma ludica e ancora accoglie un numero enorme di videogiocatori connessi in rete simultaneamente che intrattengono sempre più spesso anche relazioni sociali (*social gaming*). Tutto ciò seguendo la falsariga delle console di gioco e dei *personal computer* domestici che consentivano, già da quasi un quarantennio, il *multiplayer* collaborativo online mediante l'uso di cuffie, microfoni e, più recentemente, *webcam* per una compartecipazione sempre più realistica, diretta e immediata tra i giocatori. Sono stati ancora i videogiochi di ultima generazione i

precursori del passaggio su larga scala e in vari ambiti alla tecnologia VR, per mezzo di visori con audio integrato a simulare l'esperienza totalmente immersiva, e *joystick* o manopole così ergonomiche da diventare simili a guanti, per l'interazione diretta a simulare realisticamente la presa manuale.

Attualmente i Metaversi cosiddetti decentralizzati sono largamente presenti e in sempre maggiore espansione su diverse piattaforme online, sviluppate con tecnologia *Blockchain* basata sulla criptovaluta *Bitcoin* [Far e Rad, 2022]; le più famose tra queste, sulle quali recentemente è stata investita una grande quantità di moneta virtuale da parte di facoltose aziende di marketing e imprenditori privati a livello mondiale, sono *Vrchat* e *Zepeto* (*social gaming* immersivi), *Horizon Worlds-Meta* (*Facebook* et alii), *Decentraland* e *The Sandbox* (commercio e pubblicità), *Workrooms* e *Microsoft Mesh* (per il lavoro).

Nell'accesso alle piattaforme che accolgono i Metaversi, però, non è strettamente necessario il possesso della suddetta strumentazione VR, poiché per una maggiore fruibilità e diffusione è stata resa possibile la visione anche sui comuni *monitor* da pc, *smart tv*, *tablet* e *smartphone* (sistemi *desktop* o applicazioni mobili); per cui una buona connessione internet e un terminale multimediale consentono all'utente la fruizione con un *account* personale all'ambiente virtuale pur senza immergersi completamente.

## 1.1.2 STRUMENTI E APPLICAZIONI DEI METAVERSI

Da queste premesse di accessibilità diffusa, sono stati sviluppati Metaversi<sup>3</sup> per scopi e in ambiti profondamente diversi tra loro: dai *social network* alla pubblicità<sup>4</sup>, dal business<sup>5</sup> all'economia e dalla produttività all'industria 4.0<sup>6</sup>, dalle arti virtuali e interattive alla musica, al teatro e al cinema<sup>7</sup>, dall'istruzione alla cultura e al turismo<sup>8</sup> (Fig.1.3).

Senza esulare troppo dai temi del presente studio, è possibile affermare con una certa sicurezza che sono ormai pochi i campi rimasti indifferenti alla "corsa al Metaverso" e probabilmente lo saranno ancora per poco tempo. Anche l'Istruzione, l'Università e la Ricerca stanno puntando decisamente in quella direzione, per sviluppare tecnologie e metodi di applicazione migliorativi della vita, in termini di benessere, salute e ambiente a varie scale, o per affiancare l'economia globale e le imprese a portare avanti la quarta rivoluzione industriale verso una produttività sostenibile, per far

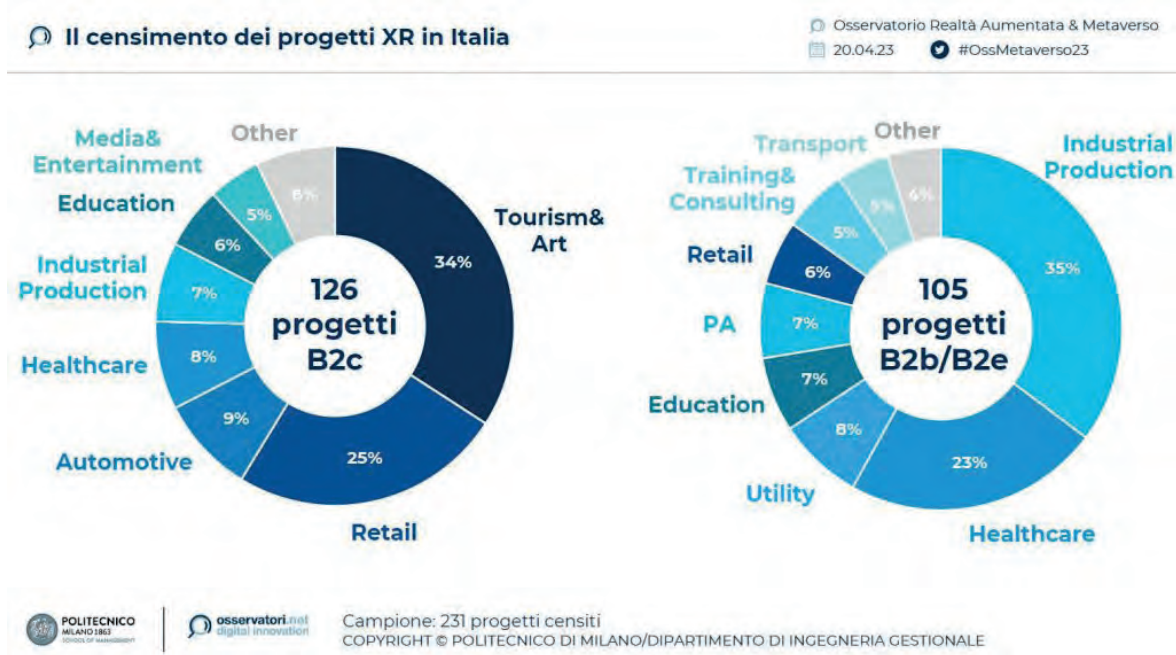


Fig.1.3 Censimento dei progetti italiani sviluppati nelle Realtà Miste (ossia le Extended Reality: XR) [Dip. Ing. Gestionale del PoliMI, 2023]

fronte alle gravi crisi (ambientali, energetiche, diplomatiche, etc.) che attualmente affliggono il mondo. Durante l'esperienza pandemica, che in quanto causa di forza maggiore ha costretto – giustificandole – ad attuare delle scelte drastiche quanto celeri, sono emerse tutte le limitazioni e le inefficienze delle modalità e degli ambienti 2D per la teledidattica e le attività connesse all'insegnamento e alla ricerca di qualsiasi livello. A partire da quel che più ha influenzato le attività scolastiche e universitarie, l'indirizzo che si sta perseguendo è quello di traslare le piattaforme 2D di *e-learning* sincrono o asincrono in ambienti interattivi 3D che possano ovviare alla scarsa autopercezione e alla limitata o assente partecipazione alle attività, imputabili al senso di distanza fisica e del distacco emotivo trasmesso dall'uso, non sempre obbligato, di webcam e microfoni [Mystakidis, 2022].

Allo stesso modo il Metaverso si basa su tecnologie che attuano interazioni multisensoriali con l'ambiente virtuale, con gli oggetti digitali e con gli utenti fra loro, ma con l'appetibilità dei *social media* e delle piattaforme di svago e divertimento.

In particolare, per quanto riguarda l'uso e lo sviluppo in seno agli Atenei italiani, il Metaverso è stato sperimentato sia per la didattica ibrida (Università Federico II di Napoli) a cavallo e durante i *lockdown* pandemici<sup>9</sup>, che per la prima laurea contestualmente fisica e virtuale di ambito informatico<sup>10</sup> (Politecnico di Torino); a Milano (Bicocca) il Dipartimento di Psicologia si è dotato tra i

primissimi in Italia di laboratori per i Centri di Ricerca in ambito di realtà alternative o miste (virtuale, immersiva o aumentata), d'implementazione delle strumentazioni indossabili e di studio delle interazioni uomo-macchina<sup>11</sup>. Quel che rimane un campo di applicazione in crescita, ancora poco battuto ma di certo molto dibattuto, è quello della realtà mista in ambito non solo istruttivo, ma anche culturale e turistico.

Le maggiori applicazioni sono state sperimentate in complessi museali che sembrano essere contenitori di multi-realtà più idonei rispetto a biblioteche o archivi e altre sedi diversamente fruite e fruibili di cultura. In essi la MR, accessibile a mezzo di occhiali *smart*<sup>12</sup>, è spesso tale da non permettere quasi di distinguere le ricostruzioni 3D dagli oggetti reali [Buhalis et al., 2022].

Altri gruppi di ricerca [Bec et al., 2021] hanno esplorato il concetto di *second chance tourism* attraverso la realtà virtuale e mista, dimostrando come queste tecnologie possano offrire alternative sostenibili al turismo fisico, specialmente per siti fragili o inaccessibili. Allo stesso modo, da uno studio [Economou et al., 2022] è emerso come le narrazioni basate su MR possano aumentare significativamente l'empatia e la comprensione di contesti culturali diversi perché remoti rispetto al nostro vivere quotidiano.

Così si può rendere "vivibile" e interattiva l'esperienza di esplorazione non solo dei manufatti esposti, ma anche del patrimonio culturale storico-archeologico, esistente o intangibile che sia [Bolter et al., 2021], con l'ausilio del-

la contestualizzazione virtuale che supera la bidimensionalità delle piattaforme geografiche (*Geographic Information System*: GIS) largamente usate in archeologia.

### 1.1.3 PIONIERISMO VIRTUALE IN ARCHITETTURA

A partire dai Metaversi sviluppati in seno non solo a vari dipartimenti universitari ma anche ad aziende specializzate a livello mondiale, per gli scopi di questa ricerca sono stati vagliati gli studi e i prototipi applicativi che rientrano negli ambiti propri della progettazione architettonica e ingegneristica sul patrimonio storico-archeologico traslata nel virtuale. Il passo successivo è stato dedurre la compatibilità con gli aspetti della conservazione e della fruizione culturale. Tuttavia trattare di universi virtuali in architettura è come abbracciare tutto il ramo della progettazione utopica propria della Storia e della Composizione architettonica dal Settecento in poi che, a differenza della creazione intangibile, ha avuto sempre un riscontro costruttivo nella realtà fisica. Il Metaverso, in generale, può dunque definirsi campo fertile per le infinite e più fantasiose utopie architettoniche, scevre dell'ingegneria e delle sue regole perché calate in un mondo stesso in cui le leggi fisiche di natura non esistono, così come le regole edilizie e urbanistiche del reale. Ciò ovviamente può essere interpretato con la dualità propria della creazione fantastica, se non fantascientifica, ossia come una opportunità senza precedenti e, al tempo stesso, come una frattura profonda con la concezione ancestrale e vernacolare della progettazione e della costruzione, avvicinandole alla concezione videoludica delle architetture nei numerosissimi mondi esplorabili senza però possederne la vacuità informativa o didattica. Volendo accogliere tali novità come spazi sconfinati di opportunità da sondare e sperimentare, senza però commettere l'ingenuità di restare imbrigliati nelle trame esistenti dei videogiochi, la determinazione di arricchire con informazioni di varia natura strutture che, da sole, non si distinguerebbero dagli sfondi statici dei giochi, diventa il punto centrale della ricerca in ambito di Metaversi architettonici specificatamente archeologici. Nelle realtà virtuali connesse all'architettura, delle volte, il rischio in cui è possibile incorrere è di rimanere ancorati all'esperienza professionale pregressa, nota e associata nel tempo, dei render progettuali fotorealistici 2D e 3D. La familiarità con queste metodologie di "interfaccia" nei confronti della committenza o, in generale, dei

non addetti ai lavori potrebbe risultare un limite nell'apprezzamento e nell'utilizzo delle trasposizioni virtuali; in esse, infatti, si potrebbero ricercare ostinatamente livelli di dettaglio che i prodotti virtuali, fatti di moli di dati web che viaggiano in tempo reale, non sono creati per raggiungere.

Infatti i Metaversi fanno uso dei cosiddetti *Big Data* indispensabili, nei nuovi modi di progettare e modellare in senso multimediale la realtà, a renderla comprensibile e quanto più vicina a quella fisica. Così la modellazione architettonica finale può essere fedele al prototipo reale che incarna per comunicarne l'effetto a osservatori e fruitori. Tutto ciò è possibile trasformando disegni e modelli digitali in spazi 3D virtuali immersivi (VR) e/o aumentabili (AR) al fine di creare quella realtà mista (MR) che, in ambito architettonico ed edilizio, con la metodologia BIM, ha già raggiunto una discretamente ampia diffusione. Per questo motivo il Metaverso sta diventando la nuova frontiera del mercato immobiliare grazie a numerosi e ingenti investimenti sia su reale che su spazi virtuali. Due esempi applicativi<sup>13</sup> di respiro internazionale sono stati sviluppati rispettivamente nel Regno Unito e in Canada. Il primo è il Progetto Partecipato per l'ammodernamento e la costruzione di un cospicuo numero di stazioni ferroviarie inglesi, avviato con la manipolazione immediata dei modelli virtuali da parte degli utenti e la loro "prova" in tempo reale. L'altro è il Progetto di Ristrutturazione del Complesso Parlamentare del Canada (Ottawa) basato sull'utilizzo dei singoli modelli 3D per crearne uno unico, digitale, dettagliato mediante scansioni del cantiere, acquisite da drone e *laser-scanner*, e sensori domotici posti internamente all'edificio, così da offrire una visione in diretta del progetto. Per concludere, allo stato attuale dell'arte sembra che la traslazione della *Meta-architecture* dal mondo dei videogiochi possa prefigurarsi la chiave per ottenere un ambiente aumentabile e modificabile in tempo reale. Tuttavia il Metaverso e la tecnologia basata su *blockchain* hanno spinto ultimamente il mondo accademico della ricerca, parallelamente a quello industriale e in particolare delle nuove costruzioni e dell'edilizia esistente, a cercare l'anello di congiunzione tecnico-informatico (teorico e pratico) all'ecosistema *Building Information Model* (BIM) [Huang et al., 2022]. Questo felice idillio porterebbe a un maggiore uso della suddetta metodologia per un numero

più ampio di campi d'impiego garantendo, al tempo stesso, maggiore sicurezza nella transazione, gestione, archiviazione e condivisione dei dati BIM tra i professionisti, ma anche apertura e visibilità nel web. Quest'ultimo aspetto soprattutto per i prodotti e gli usi previsionali e prototipali che se ne fa dei gemelli digitali, ove la realtà fisica e le sue leggi sarebbero un limite o un totale impedimento. Dal momento che il Metaverso è, di per sé, un mondo virtuale costruito in buona parte a immagine del reale, il BIM potrebbe conferire un *data enrichment* per tanti sbocchi potenziali nel virtuale come nel reale. Quanto detto è stato in vario modo sperimentato ed esplicato in singole applicazioni propedeutiche come l'uso della realtà aumentata nel BIM [Sanpaio et al., 2022] oppure nella nuova concezione urbana di *City Information Modeling* (CIM), progetto che riunisce le tecnologie *Geographic Information System* (GIS), *Internet of Things* (IoT) e i *Digital Twins* al BIM per ampliare le potenzialità del city planning già esistente in forma di *nD Urban Information Model*. Nell'attuale stato dell'arte, però, un Metaverso che includa lo sviluppo urbano, seguendone i cambiamenti, e che sia basato sui dati informativi del mondo reale, sfruttando a tale scopo la metodologia BIM/CIM e la tecnologia *Blockchain* non è realizzabile, se non proiettandolo in un auspicabile prossimo futuro.

Lo stesso vale per l'applicazione al campo del restauro archeologico e storico-architettonico a partire dalle vestigia esistenti (anche solo documentarie), per la proprietà dei mondi virtuali di non sottostare alle leggi fisiche ma di essere "retroattivi" grazie alla discontinuità tra passato, presente e futuro, percorribili nei due sensi più e più volte.

A valle della ricognizione, rispetto ai *layers* in cui è organizzato il metaverso di più recente concezione (schematizzato in Fig. 1.4), ci si è infine chiesti dove il progettista potesse avere influenza e agire con le proprie competenze, affiancando quelle dei programmatori, e quali aspetti invece dovessero rimanere ambiti esclusivi e specialistici di natura informatica e telecomunicativa. L'ipotesi avanzata è che nei primi tre *layers* possano avere voce in capitolo non solo i progettisti architettonici ma anche i ricercatori di differenti ambiti multidisciplinari, così come tutte le figure deputate alla docenza e alla divulgazione della cultura e del sapere a vari livelli, uniti dal fine comune di costruire un Metaverso che sia inclusivo e accessibile non solo agli studenti e studiosi di ogni grado, ma a chiunque voglia conoscere (terza missione, turismo, etc.)

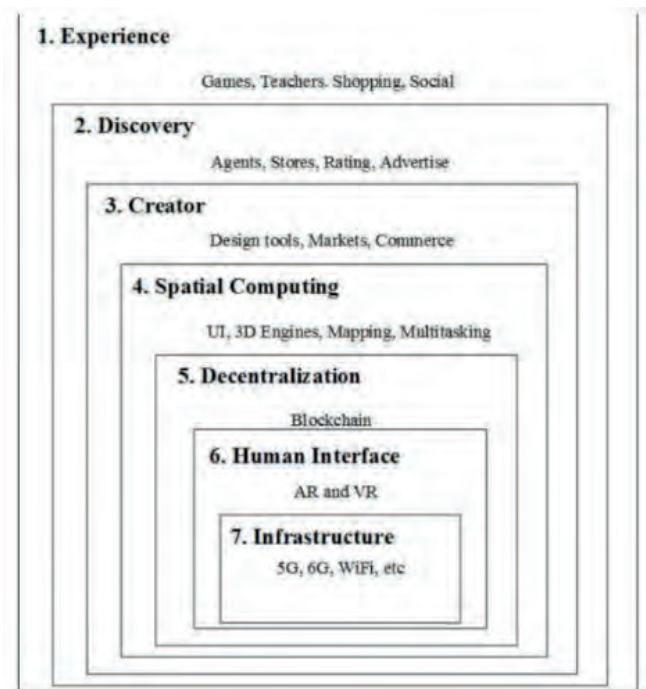


Fig. 1.4 Schema dei layers che compongono l'architettura del Metaverso [in Mystakidis, 2022]

**Note 1.1**

<sup>1</sup> “Progetterei il mondo dopo il Covid-19 come uno spazio virtuale di navigazione e comunicazione quadridimensionale, come un cyberspazio. Sarà qui che nei prossimi anni si svilupperanno tutte le principali azioni e innovazioni in architettura.”

<sup>2</sup> Stephenson N., *Snow Crash*, Bantam Spectra, 1992.

<sup>3</sup> Non esiste un unico metaverso, ma tante “stanze” che lo formeranno, in una prospettiva unitaria futura.

<sup>4</sup> Possibilità di esposizione delle proprie creazioni (NFT) e vendita diretta da shop virtuali.

<sup>5</sup> Sono stati sviluppati e sono ancora in uso uffici virtuali per collaborazioni internazionali e multidisciplinari, al fine di ovviare alle distanze geografiche, agli spostamenti (dispendiosi in termini di tempo, denaro, energia e consumi), al distanziamento sanitario.

<sup>6</sup> Industria 4.0

<sup>7</sup> Alla Biennale di Venezia 2022 è stato installato “The 1st Annual Metaverse Art@Venice – Genki” nello spazio Thetis e che continua, dopo la chiusura fisica, in uno spazio cloud. L'esposizione Genki, con artisti presenti da tutto il mondo sia online che offline, è stata promossa dall'Università IUAV di Venezia e dalla Scuola di Dottorato di Storia delle Arti dell'Università Cà Foscari di Venezia.

<sup>8</sup> Visite museali in realtà aumentata, virtuale o mista.

<sup>9</sup> <https://forbes.it/2021/11/05/universita-di-napoli-arrivano-le-prime-sperimentazioni-di-didattica-ibrida/> (10 Luglio 2022)

<sup>10</sup> <https://www.skuola.net/news/notizie-universita/prima-tesi-di-laurea-discussa-nel-metaverso.html> (8 Luglio 2022)

<sup>11</sup> [https://www.ilsole24ore.com/art/milano-l-universita-bicocca-inaugura-suo-metaverso-AEu3bUXB?refresh\\_ce=1](https://www.ilsole24ore.com/art/milano-l-universita-bicocca-inaugura-suo-metaverso-AEu3bUXB?refresh_ce=1) (15 Luglio 2022)

<sup>12</sup> Piccoli visori, inforcabili come occhiali, dotati di schermi trasparenti come lenti visive e sensori di movimento per rilevare la posizione dell'utente; saltuariamente nelle stanghette possono essere integrate piccole casse per l'eventuale audio (sottofondo musicale o guida vocale) in uscita e microfono in caso si prevedano interazioni audio in entrata.

<sup>13</sup> Il metaverso e l'architettura digitale, un nuovo volto per l'Immersive Reality (XR) @ <https://youmark.it/ym-interactive/il-metaverso-e-larchitettura-digitale-un-nuovo-volto-per-limmersive-reality-xr/> (15 Luglio 2022).

## 1.2 Campi di applicazione e trasferibilità

I Metaversi, come ecosistemi digitali immersivi e interconnessi, posseggono una notevole versatilità e quindi una perfetta attitudine alla trasferibilità in branche anche molto lontane tra loro di declinazione. L'utilizzo delle realtà alternative e intangibili con specifica applicazione nell'ambito dell'archeologia ha aperto nuove strade non solo nel panorama della ricerca, ma anche nel vasto ambito della conservazione e della fruizione delle testimonianze sopravvissute del passato. Negli ultimi anni, in particolare, i progressi tecnologici e la diffusione delle nuove metodologie di documentazione di rilievo strumentale, con scansione e ricostruzione 3D, hanno consentito la creazione di ambienti, in tutto o in parte virtuali, altamente realistici, fino a replicarne i più piccoli reperti materici. I cosiddetti gemelli digitali, infatti, in quanto copie geometricamente e morfologicamente fedeli consentono non solo agli archeologi di esplorare siti archeologici, in luce o meno, in modo virtuale, ma anche di riservare una lettura più chiara possibile e quasi integrale ai non addetti ai lavori, in termini divulgativi e di accessibilità ai luoghi e alle informazioni. Dall'utilizzo di tecnologie per la digitalizzazione a scopo di documentazione e conservazione, alle ricostruzioni 3D degli ambienti archeologici fino alle applicazioni delle realtà virtuali nella divulgazione e nei supporti didattici (*in situ*, antiquaria e musei), le realtà miste - aumentate, virtuali e immersive - sono ormai comunemente entrate a far parte integrante degli ambiti storico-culturali. In particolare, si sta assistendo all'evoluzione dei musei che da contenitori «tradizionali» si sdoppiano in gemelli virtuali che mettono a disposizione tante opportunità di fruizione: dalle visite con guide immateriali, grazie a Intelligenze Artificiali adeguatamente implementate, alle stanze ricostruttive e sensoriali in cui sperimentare l'esperienza di navigazione in archeologiche lontane, non più fruibili o esistenti, o ancora grazie ai siti web in cui è possibile eseguire tour virtuali, con o senza ausilio di visori per le realtà miste o totalmente avvolgenti. Infine, un campo in tanto rapida quanto massiva crescita è quello dell'educazione e della formazione virtuale, che ha accelerato l'adozione su vasta scala di tecnologie avvolgenti e di apprendimento a distanza. L'avvento di questi strumenti rivoluzionari ha aperto un nuovo capitolo per l'archeologia, offrendo inedite possibilità di esplorazione, gestione, conservazione e accesso al patrimonio culturale e, in particolare, archeologico. In

questo contesto il progetto di virtualizzazione *Zancle transita in Messina* s'inserisce come esempio emblematico di questa evoluzione, con l'obiettivo di creare un gemello digitale peculiare tra quelli dello strato più antico della città perduta, interamente digitalizzata su piattaforma geografica 2D, e di renderla accessibile a un pubblico diversificato. Come detto, infatti, lo studio si propone di analizzare l'applicabilità e il futuro di questo progetto, esplorando le sue potenzialità in termini di metodologia applicata alla ricerca archeologica, conservazione del patrimonio e divulgazione scientifica. Proprio attraverso l'analisi approfondita del caso di studio di Zancle, si discuteranno le potenzialità esplicitate ed esplicabili del metodo proposto, valutando al contempo l'incidenza e la mitigazione dei limiti emersi in questo contesto specifico.

### 1.2.1 STRUMENTI E APPLICAZIONI: DALLE PIATTAFORME 2D ALLE REALTÀ IMMERSIVE PER I METAVERSI

Inserendo la presente ricerca nel *gap* di letteratura scientifica attualmente esistente tra GIS e Metaverso, a valle della ricerca per parole chiave di esempi teorico-applicativi ove entrambe le tecnologie coesistessero (Fig. 1.5). Presa al vaglio della produzione scientifica attualmente attinente alla questione, si sono tratti i possibili punti di partenza da cui costruire la proposta esecutiva di "Metaverso trasversale", ossia tridimensionale e geografico, per Messina.

Sebbene sia lampante quanto le piattaforme bidimensionali e, nel presente ambito, i sistemi informativi geografici hanno rivoluzionato il modo in cui si percepisce e si interagisce con la realtà circostante, tuttavia la continua evoluzione tecnologica sta aprendo nuove frontiere nella visualizzazione e nell'interazione con il mondo virtuale. Infatti, se attraverso la rappresentazione di dati spaziali su piattaforme 2D, i GIS hanno permesso di analizzare, comprendere e gestire una vasta gamma di informazioni, dai dati ambientali alle realtà urbane contemporanee ma anche storicamente stratificate, i metaversi - in quanto ambienti digitali 3D immersivi - rappresentano la prossima generazione di piattaforme geografiche ancora in fase di test, offrendo esperienze più coinvolgenti e interattive. Nei futuri universi virtuali geografici, gli utenti non si limiteranno a visualizzare informazioni su una mappa 2D, ma potranno esplorare ambienti ricostruiti realisticamente che replicano il mondo reale oppure che

creano spazi interdetti o perduti. Nell'interagire tra loro e con gli elementi del Metaverso, appositamente arricchiti di informazioni e contenuti dedicati e scientifici, si creeranno nuove forme di collaborazione e apprendimento, senza limitarsi al solo intrattenimento.

Tra i reali vantaggi che potrebbe avere il GIS nel Metaverso vi possono essere, oltre alla "semplice" replicazione realistica del mondo reale, la visualizzazione di dati spaziali dinamici nello sviluppo di gemelli digitali che definiscono l'intero mondo virtuale con preziose ricadute sulle opportunità di collaborazioni remote e comunicazioni in tempo reale.

Infatti, di base il GIS può essere utilizzato per creare riproduzioni fedeli di ambienti reali calate all'interno del Metaverso, permettendo agli utenti e a i fruitori di esplorare mondi virtuali che replicano città, paesaggi naturali e siti storici con un livello di dettaglio dipendente dalle necessità, sebbene senza attingere a ulteriori informazioni visive che esulino dalla morfologia restituita. Qui si inserisce il secondo aspetto, ossia quello della visualizzazione di dati spaziali dinamici, con aggiornamento dei dati GIS in tempo reale sui gemelli virtuali, grazie a

informazioni sensoristiche collegate ai "gemelli digitali" di città, edifici e infrastrutture, consentendo oltre alle simulazioni realistiche e all'analisi di scenari ipotetici già largamente usate, anche loro ricostruzioni diacroniche e relative interrogazioni.

Riflettendo sulle possibili applicazioni di dati geografici derivati dal GIS all'interno di un Metaverso, occorre valutare come aspetto prioritario la possibilità di formazione e divulgazione scientifica, più che la pianificazione urbana e la gestione del territorio prese da sole che sono invece imprescindibili dal turismo virtuale. Per quanto il Metaverso basato su GIS offra in potenza un ambiente ideale per esperienze di apprendimento immersive, il turismo virtuale, unito o disgiunto da quello didattico, può essere arricchito con informazioni contestuali e storiche grazie al GIS [Garagnani et al., 2011]. Per questa ragione esplorare virtualmente siti archeologici, ricostruzioni storiche o modelli di ecosistemi complessi può rendere non solo la visita turistica ma pure l'apprendimento più coinvolgente ed efficace [Chen et al., 2024].

Sebbene esistano ancora problemi aperti in termini di accesso, infrastrutture, privacy e competenze specialisti-

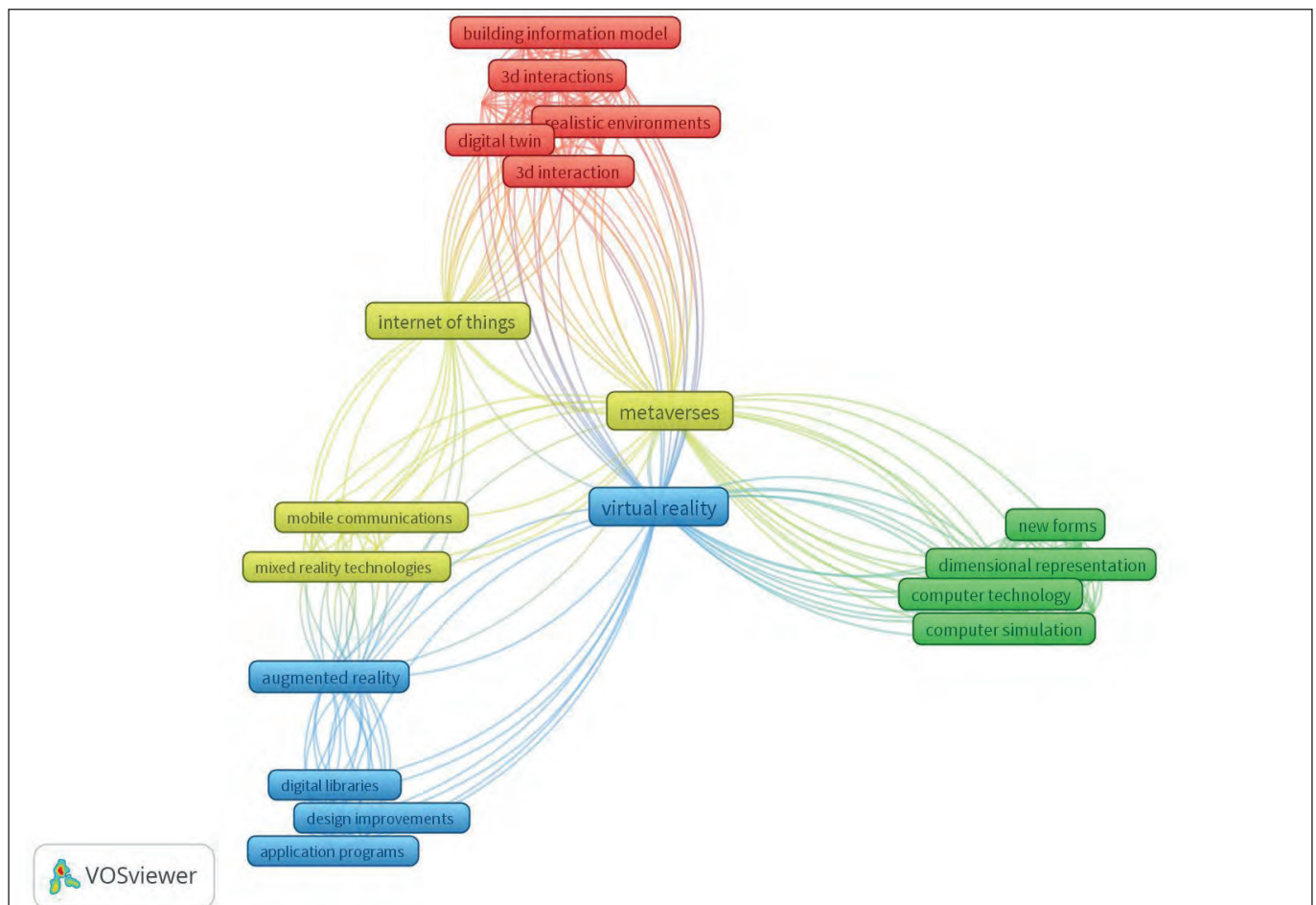


Fig. 1.5 La mappa di concentrazione e connessione creata con l'ausilio di VOSviewer: ricerca effettuata per parole chiave ricorrenti negli articoli scientifici che trattano di GIS e Realtà Virtuale, ma non Metaverso/i (elab. Autrice, agg. agosto 2024)

che, è chiaro a tutto quanto il potenziale di questa tecnologia sia sconfinato, che lo si declini per la formazione, la ricerca, la pianificazione urbana, il turismo e per molti altri settori. Col progredire della tecnologia e con il conseguente lo sviluppo di necessari standard comuni, il GIS calato nel Metaverso sembra proporsi come un'ulteriore rivoluzione del mondo nella sua realtà tangibile.

### 1.2.2 LE TECNOLOGIE 3D IN ARCHEOLOGIA E NELL'INGENERIA DELL'ARCHITETTURA ANTICA

Per quanto riguarda gli utilizzi delle MR nell'archeologia, il principale è inerente alla primissima fase di approccio archeologico, dallo scavo alla documentazione e alla conservazione virtuale dei siti archeologici, prima ancora della loro gestione da parte degli enti preposti. Diverse tecniche di scansione 3D, come la fotogrammetria terrestre ed aerea o la scansione laser, insieme o separatamente, consentono agli studiosi di acquisire informazioni estremamente accurate su tutte le tipologie di reperti rinvenuti e, in generale, sui contesti archeologici di pertinenza. Questi dati, adeguatamente processati, possono essere poi utilizzati per creare modelli tridimensionali dettagliati che, proprio con le VR, possono essere esplorati, studiati e divulgati con una maggiore semplicità, conservando la scientificità del metodo e dei risultati. In letteratura sono tanti gli studi che hanno dimostrato come l'utilizzo di queste tecniche offra nuove opportunità per la conservazione delle testimonianze del passato e la creazione di archivi virtuali accessibili a un pubblico variegato quanto inserito in settori differenti [Smith et al., 2018; Johnson, 2020].

Quindi, oltre alla documentazione dei siti archeologici, le realtà alternative permettono la ricostruzione virtuale di singoli ambienti o d'interesse strutture, anche particolarmente complesse in termini di stratificazione cronologica delle fasi edificatorie. Infatti, dalle scansioni 3D è possibile restituire modelli virtuali a scale diverse: dalla singola unità edilizia agli aggregati urbani di varia dimensione, sino ad estendersi all'archeologia dei paesaggi. Questi modelli digitali, rigorosamente basati su fonti storiche e archeologiche, consentono agli studiosi di esplorare e interagire con gli ambienti antichi come se fossero presenti fisicamente, aspetto esteso agli scopi didattici e divulgativi (visite virtuali, accessibilità allargata a tutte le categorie di diversa abilità, approfondimenti). Tra i maggiori vantaggi di queste ricostruzioni virtuali,

vi è la rara possibilità di semplificare la comprensione di siti archeologici danneggiati in parte o distrutti *in toto* e, nella simulazione di contesti archeologici complessi, di esprimere varie interpretazioni delle evidenze in modo non distruttivo, analizzandole sia singolarmente sia in rapporto sequenzialmente logico tra loro [Gutiérrez et al., 2017; Brown, 2019].

Nel campo delle nuove opportunità per la presentazione e la divulgazione di siti archeologici più o meno famosi o dell'aggiornamento sulle nuove scoperte, proprio i musei virtuali consentono agli utenti di esplorare i reperti e i contesti storici in modo interattivo e immersivo. Inoltre, le visite guidate virtuali permettono ai fruitori di esplorare siti archeologici famosi da remoto, fornendo un'esperienza realistica e coinvolgente, e farne scoprire altri poco noti o difficilmente raggiungibili.

Gli studi effettuati nell'ultimo decennio hanno fortemente evidenziato e confermato l'efficacia di queste applicazioni nel coinvolgimento del pubblico e nella diffusione della conoscenza storico-archeologica a tutti i livelli di utenza, non specializzata, per scopi didattici, di promozione turistica, di valorizzazione dei siti stessi e del circondario, urbano, rurale o paesaggistico [McCarthy 2016; Rossi 2021].

A questo punto occorre soffermarsi particolarmente sulle opportunità offerte dalla digitalizzazione e dalle realtà alternative sull'educazione e sulla formazione nel campo specifico del Patrimonio Culturale storico-archeologico, materiale e soprattutto immateriale. Infatti, è proprio attraverso simulazioni ed esperienze virtuali che studenti, studiosi e i professionisti possono acquisire conoscenze teoriche e pratiche, immergendosi in ambienti simulati e ricreandone altri utili alle attività di terza missione, divulgative e formative.

Questi approcci educativi sono gli unici che permettono non solo di ri-sperimentare processi di scavo ormai assodati e per questo operativamente irripetibili, ma anche di eseguire analisi incrociate tra vecchi e nuovi dati acquisiti, che siano derivati da rilievi strumentali, da reperti materici e/o documentali, e aggiungere ulteriori interpretazioni.

### 1.2.3 PIONIERISMO VIRTUALE IN CAMPO STORICO-URBANISTICO E ARCHITETTONICO

Il paradigma del pionierismo virtuale nel contesto storico-urbanistico e architettonico rappresenta un'e-

voluzione metodologica significativa che sta ridefinendo le prassi conservative e interpretative del patrimonio costruito. Questo approccio emergente si articola attraverso l'integrazione di tecnologie digitali avanzate con metodologie analitiche tradizionali, creando un dialogo interdisciplinare tra informatica, archeologia, urbanistica e scienze della conservazione.

La dimensione virtuale offre nuove possibilità di indagine stratigrafica degli insediamenti urbani, consentendo di visualizzare e analizzare le trasformazioni morfologiche dei tessuti edilizi attraverso epoche diverse. Le tecnologie di fotogrammetria digitale, laser scanning e modellazione parametrica permettono la creazione di gemelli digitali (digital twins) di complessi architettonici, facilitando analisi non invasive e simulazioni predittive altrimenti irrealizzabili.

Un aspetto particolarmente rilevante di questo pionierismo riguarda la documentazione del patrimonio a rischio. In contesti soggetti a conflitti, cambiamenti climatici o degrado progressivo, le metodologie di rilievo digitale rappresentano strumenti fondamentali per la preservazione della memoria costruita. La digitalizzazione tridimensionale di siti archeologici e centri storici vulnerabili consente di creare archivi digitali permanenti, accessibili alla comunità scientifica internazionale.

Sul piano della fruizione culturale, queste tecnologie stanno democratizzando l'accesso al patrimonio architettonico attraverso esperienze immersive che trascen-

dono le barriere geografiche e fisiche. Le ricostruzioni virtuali di complessi monumentali o interi contesti urbani scomparsi offrono nuove modalità di interpretazione e valorizzazione, consentendo al pubblico di comprendere le stratificazioni storiche e le dinamiche evolutive degli insediamenti.

La dimensione progettuale beneficia ugualmente di questo approccio pionieristico, permettendo simulazioni contestuali di interventi proposti e valutazioni preventive dell'impatto sul tessuto storico. I laboratori virtuali consentono di testare ipotesi di restauro, ricostruzione o rifunzionalizzazione, facilitando processi decisionali basati su evidenze e analisi multicriteriali.

Emerge tuttavia la necessità di sviluppare protocolli metodologici rigorosi che garantiscano l'affidabilità scientifica delle ricostruzioni virtuali, distinguendo chiaramente tra elementi documentati e integrazioni interpretative. La trasparenza metodologica rappresenta un requisito fondamentale per la validazione accademica di questi approcci pionieristici, che devono mantenere un equilibrio tra potenziale comunicativo e rigore filologico.

Alla luce di ciò, il pionierismo virtuale in ambito storico-urbanistico non costituisce di per sé una innovazione tecnologica, ma un cambio di paradigma che sta ridefinendo gli strumenti conoscitivi, conservativi e progettuali applicati al patrimonio costruito, aprendo nuove prospettive per la ricerca interdisciplinare e la prassi professionale nel campo.

### 1.3 *Realtà alternative e mondi immersivi per la didattica, la divulgazione e il turismo*

#### 1.3.1 ANALISI DI ESEMPI PECULIARI INTERNAZIONALI

Spaziando tra i numerosi esempi presenti nel panorama internazionale, si è scelto di focalizzare l'attenzione solo sull'area della Grecia e delle relative colonie, così da avere degli esempi quanto più verosimiglianti e coerenti tra loro, sui quali poter ragionare in modo organico per similitudini storico-archeologiche, tipologiche e architettoniche.

Con queste premesse, la ricostruzione virtuale dell'Acropoli di Atene rappresenta un caso di studio significativo per l'applicazione delle tecnologie del metaverso al patrimonio culturale, in quanto il progetto combina archeologia digitale, realtà virtuale e aumentata, e poten-

zialmente le caratteristiche dell'ambiente virtuale, al fine di offrire nuove prospettive su uno dei siti archeologici di rilevanza mondiale (Fig. 1.6). Infatti, si mira a ricreare non solo l'aspetto fisico dell'antica città greca, ma anche a riportare in vita l'atmosfera, la cultura e la vita quotidiana dell'Atene classica in un ambiente digitale immersivo e interattivo. Dal punto di vista scientifico, per validarne la valenza, la ricostruzione virtuale dell'Acropoli si basa su una vasta disponibilità di dati archeologici, studi storici e ricerche interdisciplinari susseguite nel tempo. Più recentemente, utilizzando tecnologie di scansione 3D ad alta risoluzione, fotogrammetria e modellazione

digitale avanzata, gli archeologi e gli sviluppatori digitali hanno quindi collaborato per restituire una rappresentazione accurata e dettagliata dei monumenti principali (il Partenone, l'Eretteo, il tempio di Atena Nike, etc.) e renderla esplorabile. Tornando alla scientificità del prodotto, i suddetti modelli tridimensionali non si limitano a mostrare lo stato di fatto attuale dei monumenti, ma riescono a riportarli al loro antico splendore, ossia completi della loro tipica policromia e di numerosi dettagli architettonici ormai perduti ma ricostruiti in virtù di precise analisi strumentali e solide basi documentali [Younes et al., 2021]. Per questo, nel contesto del metaverso, una ricostruzione del genere travalica e supera nettamente la mera visualizzazione: i visitatori dell'Acropoli virtuale, camminando tra i templi e interagendo con l'ambiente circostante, sperimentano una completa immedesimazione arricchita da elementi di realtà aumentata che forniscono informazioni contestuali, spiegazioni storiche e dettagli architettonici. È proprio la fusione di realtà virtuale e aumentata a definire una tale esperienza educativa e divulgativa che supera i limiti delle tradizionali visite guidate o dei documentari statici [Bekele et al., 2018]. Dalla risposta del pubblico (*feedback*), un aspetto particolarmente innovativo e apprezzato è la ricreazione della vita quotidiana nell'antica Atene, possibile attraverso l'uso di intelligenza artificiale e tecniche di *crowd simulation*. In tal modo il Metaverso dell'Acropoli può essere popolato da *avatar* di cittadini ateniesi, sacerdoti, mercan-

ti e visitatori, ciascuno con comportamenti e interazioni realistiche con gli avventori immersi nel giro turistico, così da poter contestualmente avere una visione vivida non solo dell'architettura, ma anche della cultura vivente dell'antichità classica [Christopoulos et al., 2023]. Poiché la ricostruzione include anche la simulazione di eventi storici, vita pubblica e rituali religiosi, gli utenti possono assistere e partecipare a ricostruzioni di cerimonie (come le Panatenee in onore della dea Atena), seguire dibattiti filosofici o assistere a performance teatrali nell'antico Teatro di Dioniso, così da raggiungere una comprensione più profonda e coinvolgente della civiltà greca classica

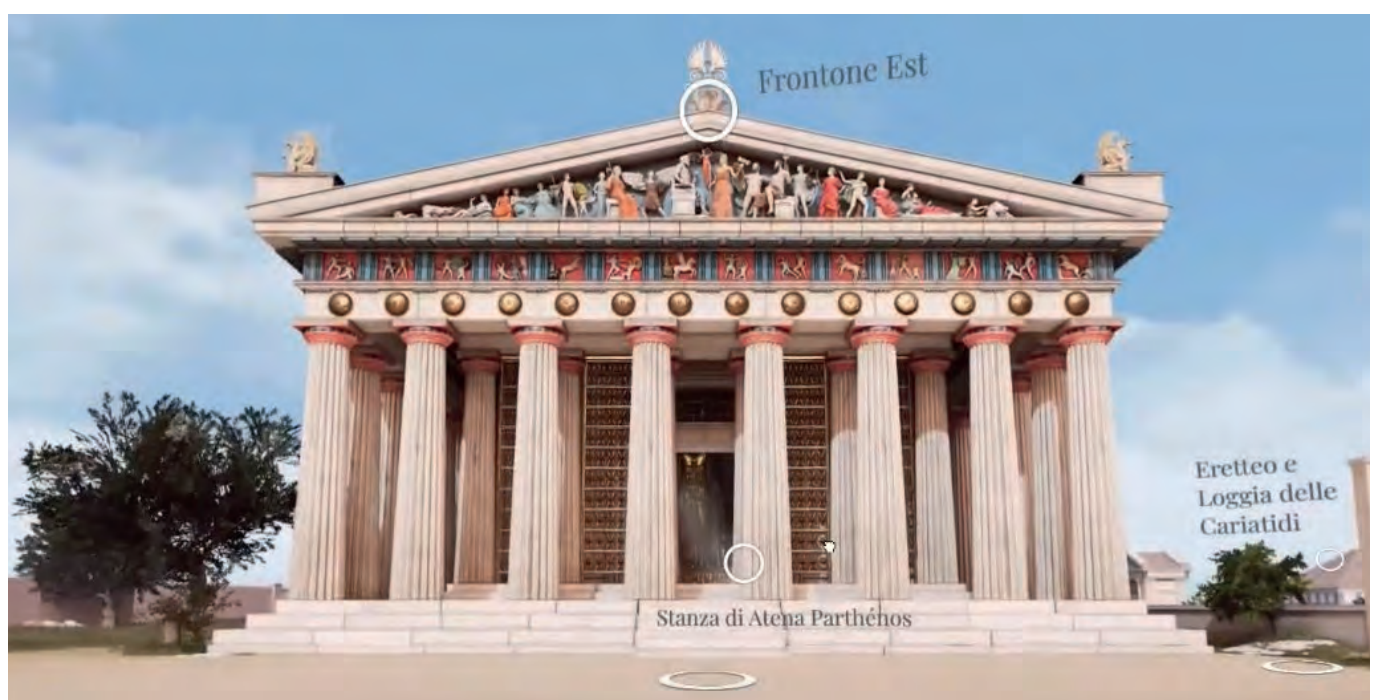


Fig. 1.6 (alto) La ricostruzione dell'Acropoli di Atene navigabile in VR e sotto il dettaglio del Partenone (© Skylab Studios, 2022)

rispetto ai metodi di apprendimento tradizionali [Economou e Pujol, 2022].

Infine, dal punto di vista tecnico, la creazione di un Metaverso dell'Acropoli ha richiesto sforzi non indifferenti per destreggiarsi tra le necessità di bilanciare l'imprescindibile accuratezza storica, con prestazioni tecniche stabili e accessibilità diffusa, in un approccio spiccatamente multidisciplinare. Gli sviluppatori hanno quindi ottimizzato i modelli 3D ad alta risoluzione per garantire al tempo stesso una fruizione fluida e una versatilità di uso su una varietà di dispositivi, dalle *workstation* ad altissime prestazioni passando dai visori VR fino ai comunissimi *smartphone*. Inoltre, l'implementazione di sistemi di fisica realistica, simulazioni di illuminazione accurata e audio spaziale contribuisce a creare un mondo immersivo quanto più credibile possibile [Fernández-Palacios et al., 2023]. Oltre all'aspetto fruizionale più ludico, insieme alla vocazione didattica la ricostruzione virtuale offre agli studiosi e agli operatori del settore anche opportunità mirate alla conservazione e all'approfondimento del patrimonio culturale storico-archeologico ed etno-antropologico.

Archeologi, storici e antropologi possono utilizzare questo ambiente virtuale per testare le proprie ipotesi, condurre esperimenti virtuali e collaborare a distanza tra loro e con consulenti esterni. Ad esempio, alcuni studi si sono concentrati sulla possibilità di simulare l'impatto di diverse condizioni ambientali sui monumenti nel corso del tempo e di sperimentare, con diverse teorie, metodi di restauro o di ricostruzione scongiurando il rischio di apportare danni ai siti o ai singoli oggetti fisici [Kenderdine, 2021]. A margine di queste possibilità che si aprono all'utenza variegata, sorgono alcune questioni etiche e metodologiche che attengono alla modalità di rappresentazione della storia. In un ambiente virtuale interattivo, è necessario un attento equilibrio tra accuratezza scientifica e coinvolgimento dell'utente al fine di scongiurare il rischio insidioso di romanticizzare o semplificare eccessivamente, spesso banalizzandoli, aspetti complessi della cultura antica. Inoltre, aspetti decisionali circa cosa includere ed escludere nella ricostruzione possono influenzare la percezione e l'interpretazione della storia da parte degli utenti [Champion, 2023].

In ogni caso, l'Acropoli di Atene ricostruita nel Metaverso rappresenta senza dubbio un potente strumento per l'educazione, la conservazione e la ricerca nel campo del patrimonio culturale, combinando rigore scientifico con

tecnologie immersive all'avanguardia per offrire differenti modalità di interazione con la storia antica e restituendo il passato in modo accessibile e coinvolgente per un pubblico variegato.

Oltre all'Acropoli di Atene, numerosi altri siti ellenici hanno beneficiato delle suddette nuove tecnologie per ampliare il proprio pubblico e creare flussi virtuosi di turismo culturale.

Altro rinomato sito archeologico oggetto di virtualizzazione è stato quello di Olimpia che, grazie al progetto *Ancient Olympia: Common Grounds* nato dalla collaborazione tra il Ministero della Cultura e dello Sport Greco e l'azienda *Microsoft*, ha puntato alla riscoperta degli antichi Giochi Olimpici sfruttando le più recenti tecnologie di realtà mista e intelligenza artificiale per ricreare il tempio di Zeus Olimpo e altri rilevanti edifici a partire dalle vestigia archeologiche. In tal modo gli avventori possono esplorare il sito attraverso pc desktop, applicazioni mobili o dispositivi *HoloLens 2*, vedendo gli edifici ricostruiti (27 in tutto) sovrapposti alle persistenze attuali e percependo come reali la grandezza dei templi di Zeus ed Era, lo Stadio, l'officina di Fidia, con dettagli estremamente realistici. Infatti, le ricostruzioni sono state eseguite fedelmente anche rispetto alle dinamiche temporali, mediante l'impiego di fotocamere digitali HD e droni per la cattura fotogrammetrica, le cui centinaia di migliaia d'immagini sono state rielaborate poi dall'intelligenza artificiale di *Microsoft* per trasformarle in modelli 3D [Vourvopoulos et al., 2022]. Nonostante si tratti di AR, la visita non si esaurisce nella possibilità di usufruirne esclusivamente *in situ*, sebbene sia questo il massimo rendimento in termini di spettacolarità e di percezione emozionale, ma anche da remoto com'è stato fin dal suo lancio nel 2019 per riscuotere enorme successo durante i successivi anni di chiusure e restrizioni pandemiche.

Altro caso studio degno di nota per i nostri scopi è la ricostruzione virtuale di Cnosso, l'antico palazzo minoico le cui rovine permangono sull'isola di Creta. La finalità del progetto, sviluppato da un gruppo internazionale di archeologi insieme a esperti di realtà virtuale, non è stata solo quella di replicare l'architettura del palazzo, ma anche la vita quotidiana della civiltà minoica, sulla falsariga di era stato quanto fatto per l'Acropoli di Atene. Per cui, a partire dai dati archeologici, analisi dei materiali e studi sulle tecniche costruttive antiche, la squadra di lavoro ha creato un modello 3D dettagliato del palazzo nel suo

apogeo, in modo tale da permettere all'utente di esplorare gli intricati corridoi, le sale cerimoniali e assistere a ricostruzioni virtuali di rituali religiosi. Al pari dell'Acropoli, anche qui l'aspetto particolarmente innovativo è stato l'uso di tecnologie di intelligenza artificiale per popolare il palazzo con *avatar* di abitanti minoici, creando un ambiente virtuale vivace e interattivo [Poullis et al., 2021] capace di incentivare gli approfondimenti e stimolare la curiosità anche nelle fasce d'età più tenere.

Altro sito archeologico famoso nel mondo è quello di Delfi, sede dell'oracolo di Apollo, che è stato preso come oggetto di replica per il progetto pilota in realtà aumentata che combina l'esplorazione fisica del sito con *overlay* digitali visualizzabili a mezzo di dispositivi mobili o occhiali AR. Sono state prodotte ricostruzioni virtuali dei templi e degli edifici che, sovrapposti alle rovine e corredate di narrazioni multiple, permettendo ai visitatori di esplorare diverse interpretazioni storiche e archeologiche del sito [Kyriakaki et al., 2022].

Oltre alle strutture archeologiche, l'esperienza virtuale include anche ricostruzioni animate dei rituali oracolari e delle competizioni pitiche (giochi in onore di Apollo Pitico, di cui la Pizia era appunto l'oracolo e sacerdotessa-

sa), offrendo una comprensione più profonda del ruolo della città delfica nella cultura greca antica (Fig. 1.7).

Restando sempre in ambito urbano, ma con un approccio diacronico, il sito archeologico di Filippi, nell'antica Macedonia, è stato ricostruito virtualmente per replicarne l'evoluzione nel tempo: grazie a tecnologie di *time-lapse* virtuale, ai visitatori è permesso approfondire come la città si è sviluppata a partire dall'epoca ellenistica, attraverso il periodo romano, per arrivare fino al periodo bizantino focalizzandosi sulla stratificazione storica e culturale del sito. Anche in questo caso sono incluse ricostruzioni dettagliate del teatro romano e dell'*agorà*, ove si è concentrata una particolare attenzione alle tecniche di costruzione e ai materiali utilizzati per garantire un taglio scientificamente riconosciuto e solidamente valido all'intero progetto [Koutsoudis et al., 2022].

Infine, la restituzione virtuale dell'antica Corinto offre un esempio interessante di come queste tecnologie possano essere utilizzate per esplorare non solo l'aspetto fisico di un sito, ma anche il suo contesto socioeconomico, includendo nella visita simulazioni della vita commerciale nell'antico porto di *Lechaion* e permettendo agli utenti di interagire con mercanti virtuali (AI) ed esplorare le



Fig. 1.7 La ricostruzione VR dell'antica Delfi (© <https://digi-past.com/it/apps/delphi/>, agg. aprile 2025)

rotte commerciali floridamente battute all'epoca. Anche in questo caso studio le ricostruzioni proposte si basano su dati archeologici, analisi di reperti ceramici e studi sui pattern commerciali antichi, così da offrire una visione vivida e quanto più realistica dell'importanza economica di Corinto nel mondo antico [Sanders et al., 2023].

La sfida per il futuro sarà quella di integrare queste esperienze virtuali con la ricerca archeologica tradizionale, garantendo che la tecnologia arricchisca, piuttosto che sostituisca, l'esperienza diretta possibile sui siti antichi. Allo stesso tempo, sarà cruciale sviluppare standard condivisi per la creazione e la divulgazione di questi contenuti digitali, assicurando che possano essere letti dalla maggior parte di dotazioni hardware e software più comuni, essere di volta in volta facilmente aggiornati e preservati per le generazioni a venire.

### 1.3.2 ANALISI DI ESEMPI PECULIARI NAZIONALI E REGIONALI

Anche l'Italia, che vanta uno dei più ricchi patrimoni archeologici in Europa, è stata e continua ad essere all'avanguardia nell'applicazione di tecnologie di VR e AR per la ricostruzione e la valorizzazione di siti antichi che potrebbero, con un ulteriore cambio di passo, trovare posto in un futuro e auspicabile unico Metaverso archeologico nazionale, all'interno del Ministero della Cultura (MiC), come già alcune Regioni stanno facendo. Partendo proprio dalla capitale, il progetto *Roma Reborn* (Fig. 1.8) vanta di essere uno dei tentativi di ricreare un'intera città antica in ambiente virtuale tra i più am-

biziosi e soprattutto longevi, essendo stato avviato negli anni '90 e da allora continuamente aggiornato con lo scopo di restituire l'intera città di Roma degli antichi fasti nel 320 d. C. Scientificamente basata su decenni di ricerche archeologiche e storiche, la ricostruzione permette agli utenti di esplorare una Roma virtuale contenente oltre 7.000 edifici accuratamente modellati. In tempi ancora più recenti è avvenuta la sua integrazione in un ambiente di realtà virtuale, permettendo inizialmente solo esperienze immersive, tra cui voli virtuali sopra la città e realistiche passeggiate nei suoi quartieri, fino alla esplorazione delle prime applicazioni nel Metaverso, che hanno spinto i risultati alle interazioni multiutente e alla possibilità di assistere a eventi storici ricreati [Frischer et al., 2020]. Tra i suddetti edifici, in particolare, il Colosseo è stato al centro di un progetto di ricostruzione virtuale - detto *Colosseum VR Experience* - che si è concentrato nella riproposizione non solo dell'architettura, ma anche degli eventi che vi si svolgevano, in modo tale che gli avventori possano così assistere ai giochi gladiatori e alle naumachie (ossia battaglie navali simulate). Utilizzando l'immensa mole di dati archeologici e fonti storiche, il progetto ricrea l'atmosfera e la dinamica di questi spettacoli antichi in uno dei simboli imperiali più noto al mondo, l'anfiteatro Flavio dettagliatamente ricostruito in 3D. Elemento imprescindibile per una simulazione di edificio pubblico è l'inclusione di simulazioni della folla, che utilizzano l'intelligenza artificiale per ricreare il comportamento degli spettatori, offrendo un'esperienza



Fig. 1.8 Roma Reborn 4.0, con la ricostruzione della Capitale nel 320 d. C. (© <https://www.flyoverzone.com/rome-reborn-flight-over-rome>, agg. 2025)

sempre più vivida e realistica [Gaiani et al., 2021].

Un altro tra i progetti di portata mondiale è il *Pompeii Virtual Tour* avviato sull'omonimo sito UNESCO, cantiere pionieristico per eccellenza grazie a direzioni archeologiche particolarmente illuminate e lungimiranti, per creare una ricostruzione dettagliata di una vasta porzione della città (la parte già indagata con scavi archeologici e studiata) prima dell'eruzione del Vesuvio del 79 d. C.. Per mezzo di lunghe e puntuali battute di scansioni laser e fotogrammetria confluite nella modellazione 3D, è stata realizzata un'esperienza immersiva che permette ai visitatori di esplorare case, strade e edifici pubblici nel loro stato originale, con la possibilità di richiamare narrazioni interattive contestuali al tour. Come negli esempi greci, anche qui gli utenti possono interagire in prima persona con personaggi virtuali basati su figure storiche realmente vissute, apprendendo sulla vita quotidiana dell'antica Pompei. Infine sono state sviluppate pure sperimentazioni con l'inserimento di elementi di *gamification*, che rendessero la visita ancora più coinvolgente, sfidando i visitatori a risolvere misteri o completare compiti basati sulle evidenze archeologiche del Parco [Malnati et al., 2022].

Anche Villa Adriana a Tivoli è stata oggetto di un ambizioso progetto di ricostruzione virtuale che utilizza tecnologie di realtà mista, chiamato *Hadrian's Villa Reloaded*, e che combina modelli 3D ad alta risoluzione con realtà aumentata *in situ*. Per cui i visitatori, utilizzando dispositivi mobili o occhiali AR, possono vedere gli edifici ricostruiti sovrapposti alle persistenze archeologiche mentre esplorano gli ambienti della villa e delle sue pertinenze. Infatti, un aspetto su cui si è molto puntato è stata proprio l'attenzione alla ricostruzione oltre che degli edifici, soprattutto dei giardini e delle caratteristiche idrauliche della villa (ninfei, esedre, fontane e giochi d'acqua, ma anche locali termali), offrendo una comprensione completa del design e della funzione di questo complesso imperiale tra i più suggestivi e meglio conservati [Verdiani et al., 2022]. Per vagliare un esempio diverso di persistenza archeologica, l'antica necropoli etrusca presso Cerveteri ha beneficiato di un innovativo progetto di realtà virtuale chiamato *Etruscanning 3D*, grazie al quale sono state ricostruite in dettaglio alcune delle tombe ipogee più peculiari e note, permettendo ai visitatori di osservare gli spazi sacri come apparivano originariamente. Oltre agli ambienti, sono presenti anche le ricostruzioni dei rituali funebri propri della cultura etrusca e delle influenze esterne all'ambito autoc-

tono per garantire approfondimenti sulla cultura e le usanze etrusche. Un elemento di novità è riscontrabile nell'uso di tecnologie aptiche che permettono agli utenti di toccare e manipolare gli oggetti virtuali ricevendone *feedback* sensoriali così da amplificare il senso di immersione e, quindi, di connessione con il passato [Pietroni et al., 2023].

Il cosiddetto *Paestum Rewind*, dall'antica città greca in Campania, un progetto di realtà aumentata offre una nuova prospettiva sui templi dorici meglio conservati della Magna Grecia presso il sito (Parco di *Paestum* e *Velia*). Utilizzando semplici *tablet* o *smartphone* comunemente diffusi tra i visitatori, possono fruirsi ricostruzioni virtuali, sovrapposte alle strutture esistenti, che vantano della particolare attenzione dedicata alla restituzione realistica della policromia originale, oltre a simulazioni di vita quotidiana nell'antica Poseidonia (in origine nome greco), con *avatar* di cittadini che popolano le strade virtuali e interagiscono con l'ambiente circostante [Forte et al., 2022]. A valle di questa disamina però, il tasto dolente del consistente sforzo scientifico e tecnologico è quello della veloce obsolescenza tecnologica e, in particolare, delle app sviluppate per il singolo progetto che dopo appena pochi anni non è più compatibile con i nuovi sistemi operativi mobili. In generale, capita spesso che le app sviluppate per versioni specifiche di sistemi operativi diventino rapidamente incompatibili con le versioni più recenti se non vengono regolarmente aggiornate.

La sfida sta quindi nella manutenzione periodica per lungo tempo dopo la chiusura del progetto, destinando un margine del finanziamento erogato per portare a termine il progetto alla verifica e agli eventuali necessari aggiornamenti; parecchi esempi di progetti digitali nel settore dei beni culturali spesso affrontano difficoltà nel mantenere le loro risorse tecnologiche aggiornate e funzionanti nel lungo periodo, a causa di vincoli di budget, di risorse o di mancata lungimiranza legata probabilmente anche a una questione di convenienza economica. Nel caso particolare di accessibilità limitata, imputabile al fatto che l'app non risulti più scaricabile o funzionante sui dispositivi moderni, si vanifica una parte significativa degli obiettivi prefissati limitando significativamente l'accesso del pubblico alle esperienze di realtà aumentata previste dal progetto. Conseguentemente, come impatto sulla valorizzazione del patrimonio, un simile problema tecnico potrebbe annullare i requisiti originali del progetto di valorizzare, ossia di rendere più accessibile

il patrimonio culturale nazionale e regionale attraverso le tecnologie digitali, restituendo un prodotto con una “data di scadenza” a breve termine.

#### *I prototipi sviluppati sulle realtà archeologiche siciliane*

Per quanto concerne le Colonie greche in Sicilia, grazie allo stanziamento di fondi finanziati a vario grado dalla Comunità Europea, dallo Stato italiano e dalla Regione stessa, sono stati avviati e spesso terminati numerosi progetti di virtualizzazione sia dei maggiori Parchi Archeologici regionali riconosciuti siti UNESCO, sia di aree e siti cosiddetti minori ma di spiccata importanza storico-archeologica e paesaggistica.

In particolare, tra i più recentemente ultimati, la Regione Siciliana ha avviato il progetto *Sicilia Virtual+*, in coerenza con obiettivi e finalità della «Misura 2.2.1 - Azione E-Culture, nell’ambito del Programma Operativo del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale 2014-2020», come piano d’intervento per rafforzare la promozione e la valorizzazione del patrimonio culturale regionale che verta sull’evoluzione tecnologica e sull’innovazione mediante l’uso delle tecnologie informatiche (ICT) avanzate.

Il progetto ha prodotto la piattaforma di condivisione, l’implementazione del portale web dedicato e di una App mobile di AR per i 18 siti finora sviluppati: Area archeologica e *Antiquarium* di Eraclea Minoa ad Agrigento insieme al Parco dei Templi, Teatro romano e *Odéon* a Catania, Villa romana del Casale, Area archeologica di Morgantina e Museo di Aidone a Enna, Area archeologica e *Antiquarium* di Tindari in provincia di Messina (Fig. 1.9), Area archeologica Monte Jato, Castello a Mare, Area archeologica e *Antiquarium* di Himera, Area archeologica e *Antiquarium* di Solunto, Chiesa e chiostro di San Giovanni degli Eremiti, Palazzo della Zisa, Casina Cinese, Museo regionale di Terrasini a Palermo e provincia, Parchi archeologici di Kamarina e Cava d’Ispica a Ragusa, Parco archeologico della *Neapolis* a Siracusa, Parchi archeologici di Segesta, di Selinunte e Cave di Cusa presso Trapani. Uno dei progetti più noti e ormai assodati riguarda la ricostruzione virtuale del Tempio di Zeus Olimpio nel Parco dei Templi di Agrigento per cui, grazie alle realtà aumentata e virtuale, è stato ricreato scientificamente l’aspetto originale del tempio, permettendo in tal modo ai visitatori di esplorarlo attraverso dispositivi mobili propri o visori VR. Il processo di ricostruzione ha avuto seguito a partire da un approccio multidisciplinare, combinando dati archeologici, analisi architettoniche e tecnologie informative all’avanguardia. Le fasi di esecuzione che si sono susseguite sono iniziate con un’accura-

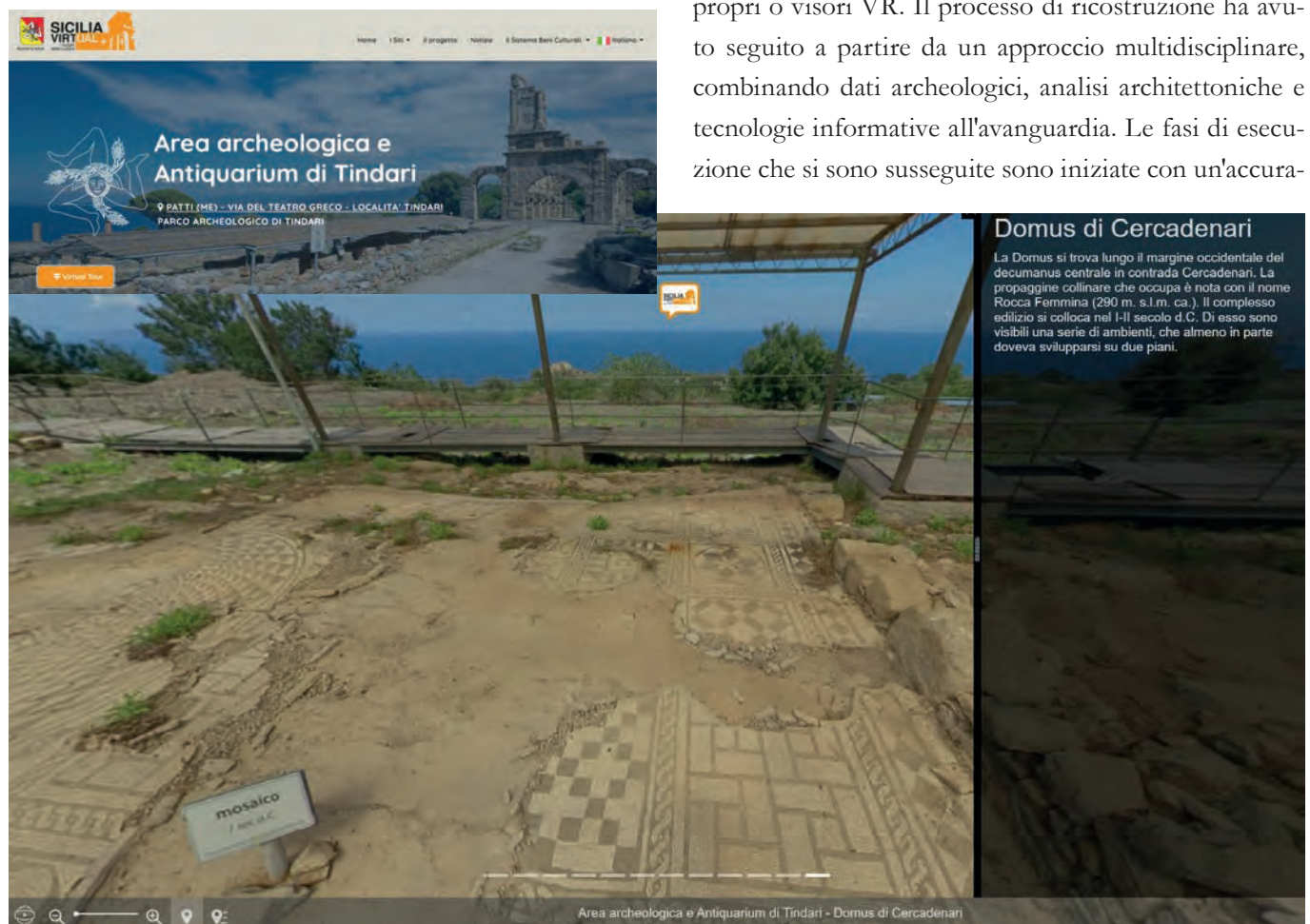


Fig. 1.9 Un esempio di Domus navigabile presente nell’Area archeologica di Tindari, prov. di Messina (© Sicilia Virtual+, agg. aprile 2025)

ta scansione laser del sito, al fine di replicare le vestigia esistenti in un modello 3D dettagliato, successivamente integrato con i dati scientifici provenienti da scavi archeologici, fonti storiche e studi comparativi di altri templi greci coevi, permettendo agli esperti di formulare ipotesi plausibili sull'aspetto originale dell'edificio che confluì nel gemello virtuale. Quest'ultimo è stato, infine, realizzato utilizzando software di modellazione 3D avanzati per ricreare non solo la struttura architettonica dell'edificio sacro, ma anche i dettagli decorativi, le *texture* dei materiali fino a spingersi all'ipotesi delle condizioni di illuminazione dell'epoca. A scala di dettaglio, si è resa fondamentale la resa delle proporzioni e dei particolari scultorei, in quanto elementi fondamentali nell'architettura greca classica e non mera decorazione. Proprio l'applicazione di tecnologie di AR e VR ha consentito a questa ricostruzione digitale di divenire una vera e propria esperienza interattiva e un'attività totalmente coinvolgente per i visitatori. Attraverso dispositivi mobili o visori VR, i turisti sono in grado di rivedere il tempio nella sua maestosità originale, sovrapposto alle rovine attuali (AR) o ricreato in un ambiente virtuale completamente immersivo fuori sito. La sovrapposizione del passato sul presente arricchisce l'esperienza di visita e insieme facilita la comprensione delle complesse strutture architettoniche conservatesi in brani non sempre leggibili e del loro significato culturale. Come sottolineato da alcuni esperti [Bonacini e Giaccone, 2021] in un loro studio successivo alla realizzazione del progetto, applicazioni tecnologiche come queste stanno ridefinendo il concetto stesso di fruizione del patrimonio culturale, proprio perché interagire con ricostruzioni virtuali accurate sta cambiando il modo in cui il pubblico si relaziona con i siti archeologici, promuovendo un apprendimento più attivo e partecipativo a vari livelli. Inoltre, la ricostruzione virtuale del Tempio di Zeus Olimpico ha aperto, undici anni fa, nuove strade per la ricerca archeologica, quando ancora la creazione di modelli 3D non era così economica e immediata. Tra i gemelli digitali, quelli altamente dettagliati in particolare hanno consentito agli studiosi interdisciplinari di testare diverse ipotesi ricostruttive, analizzare aspetti strutturali dell'edificio e, in ottica conservativa e predittiva, simulare il suo comportamento in diverse condizioni ambientali.

Il successo di questo progetto pilota ha ispirato iniziative simili in altri siti archeologici siciliani, resi all'avanguar-

dia in un processo di innovazione che sta trasformando profondamente il campo dell'archeologia e della museologia nel XXI secolo.

Un progetto innovativo ha coinvolto la ricostruzione virtuale dell'antica città greca di Siracusa, con particolare attenzione all'area del Teatro Greco e dell'Orecchio di Dionisio, inserendosi in un più ampio contesto di digitalizzazione e virtualizzazione dei beni culturali aretusei [Santagati, 2019]. In questo caso studio è stata utilizzata una combinazione di tecniche avanzate di rilevamento, tra cui fotogrammetria digitale e scansione laser 3D, per creare il modello tridimensionale accurato delle strutture esistenti, i cui dati sono stati poi integrati con le notizie di scavi archeologici storici, fonti storiche e analisi comparative per elaborare una ricostruzione plausibile dell'aspetto originale della città antica. Dagli studi eseguiti nel più grande piano di digitalizzazione del patrimonio culturale siciliano emerge prepotentemente come l'utilizzo di queste tecnologie permette non solo di preservare virtualmente lo stato attuale dei siti archeologici, ma anche di esplorare ipotesi ricostruttive strettamente basate su evidenze scientifiche.

La ricostruzione virtuale del Teatro Greco, cuore pulsante del Parco della *Neapolis* di Siracusa, in particolare, ha permesso di visualizzare questo imponente monumento nel suo splendore originale, offrendo ai visitatori un'esperienza immersiva che trascende i limiti fisici delle rovine attuali, così come l'Orecchio di Dionisio, oggetto di studi specifici per la sua peculiare acustica, ha combinato la ricostruzione visiva con simulazioni sonore, con le stesse modalità attuate per l'analisi dell'acustica degli antichi teatri [Farina e Tronchin, 2013].

La fruizione, infatti, avviene mediante l'uso di tecnologie di realtà aumentata e virtuale grazie alle quali gli avventori possono esplorare la Siracusa antica attraverso dispositivi mobili o visori VR, passando dalla visione dello stato di fatto delle architetture e la loro ricostruzione virtuale per incentivare una comprensione più profonda del contesto storico e culturale del sito. Come è stato per Agrigento, anche il progetto s Siracusa si distingue per l'approccio multidisciplinare, che ha visto la collaborazione di archeologi, storici, architetti, ingegneri informatici ed esperti di comunicazione, sinergia necessaria quanto virtuosa per affrontare le sfide tecniche e interpretative poste dalla ricostruzione virtuale di un sito così complesso e stratificato.

Anche il sito archeologico di Morgantina (presso Aidone in provincia di Enna) è stato oggetto di un progetto di realtà aumentata con l'intento di rivoluzionare l'esperienza di visita e la comprensione di questo importante insediamento greco-romano. Sviluppato da un gruppo multidisciplinare formato da archeologi, informatici ed esperti di comunicazione, il progetto ha richiesto una fase iniziale di raccolta dati estremamente accurata, eseguita combinando tecniche di fotogrammetria, scansione laser 3D e rilievi tradizionali per creare un modello digitale dettagliato del sito esistente [Stanco et al., 2017]. Infatti, la ricostruzione virtuale degli edifici si è basata su un'attenta analisi delle evidenze archeologiche, integrata con studi comparativi di altre città greche coeve e con l'interpretazione di fonti storiche per garantire la massima accuratezza storica possibile [Gabellone et al., 2016]. L'applicazione dell'AR permette ai visitatori di Morgantina di utilizzare i propri *smartphone* o *tablet* per osservare, sovrapponendole alle persistenze presenti, le ricostruzioni 3D degli edifici antichi: puntando il dispositivo verso specifiche aree del sito (*PoI*, ossia *Points of Interest*), si fruisce della visualizzazione in tempo reale delle strutture originali come l'agorà, il teatro, i santuari e le abitazioni private. L'aspetto particolarmente innovativo che si era preposto il suddetto progetto era proprio l'integrazione di contenuti informativi multimediali all'interno dell'esperienza AR. Il vantaggio di accedere a testi esplicativi, immagini di reperti, ricostruzioni di scene di vita quotidiana e persino brevi video didattici, tutto contestualizzato all'interno della visualizzazione aumentata è uno degli obiettivi che la digitalizzazione, soprattutto nei musei siciliani, sta perseguendo per allinearsi alle direttive e linee guida europee [Bonacini, 2018].

Ne è risultato che l'impatto dell'applicazione sulla fruizione del sito di Morgantina è stato positivamente significativo, rispecchiando l'analisi sulla digitalizzazione fatta e in fieri del patrimonio culturale siciliano, ossia evidenziando quanto l'introduzione della realtà aumentata abbia portato a un aumento del coinvolgimento dei visitatori e a una migliore comprensione del contesto storico e culturale verso i più giovani e i non addetti ai lavori [Gallo et al., 2019].

Infine, nell'ottica della conservazione, l'utilizzo dell'AR offre il vantaggio di restituire una ricostruzione non invasiva del sito, preservando l'autenticità delle strutture esistenti [Pescarin et al., 2020] e consentendo di effet-

tuare ipotesi su modelli virtuali non intaccando minimamente lo stato delle vestigia.

Altro caso emblematico è rappresentato dal progetto di digitalizzazione tridimensionale del sito di Selinunte, situata sulla costa sud-occidentale della Sicilia, mediante l'impiego sinergico di tecnologie di scansione laser e fotogrammetria. Si è quindi prodotto un modello 3D dettagliato dell'intero complesso archeologico, offrendo, non solo al pubblico ma pure agli studiosi e agli addetti ai lavori in campo turistico, una ulteriore prospettiva inedita su uno dei più importanti insediamenti coloniali greci del Mediterraneo occidentale. Infatti, la rappresentazione digitale ad alta risoluzione ha catturato non solo la morfologia generale del sito, ma anche i più minuti dettagli architettonici e strutturali che, messi a sistema e integrati con dati storici e geografici all'interno di sistemi GIS, ha consentito di approfondire l'evoluzione urbana di Selinunte dalla sua fondazione fino all'abbandono, offrendo una visione diacronica dello sviluppo della città [Gristina et al., 2018].

Specificatamente sul fronte della divulgazione, il progetto di Selinunte rappresenta un importante passo avanti nella democratizzazione dell'accesso al patrimonio culturale che, grazie all'esplorazione virtuale del sito anche da remoto, offre nuove opportunità educative e di fruizione, rendendo l'archeologia più accessibile a un pubblico ampio e variegato nelle competenze.

Un altro virtuoso esempio adducibile è il progetto in partenariato *3DLab-Sicilia* che ha creato la prima infrastruttura regionale sostenibile, costituita da tre poli per la realtà virtuale, aumentata e per la visualizzazione 3D, presso le città di Catania, Palermo e Troina (EN). Il progetto, finanziato nell'ambito del Programma Operativo FESR 2014-2020, ha rappresentato un'iniziativa pionieristica nel panorama della digitalizzazione e valorizzazione del patrimonio culturale siciliano, ponendo le basi per una infrastruttura tecnologica all'avanguardia, distribuita strategicamente sul territorio regionale, con l'obiettivo di promuovere l'innovazione nel settore dei beni culturali. L'aspetto più rilevante di *3DLab-Sicilia* è proprio la creazione di una rete di centri specializzati, il cui numero tenderà ad aumentare, la cui distribuzione geografica riflette una strategia di decentramento e di valorizzazione di diverse aree del territorio siciliano e la cui scelta risponde a criteri di accessibilità, presenza di istituzioni accademiche e culturali di rilievo con

spiccato potenziale di sviluppo tecnologico [Gulletta et al., 2021]. Nello specifico, le tecnologie implementate nei suddetti centri includono scanner 3D ad alta risoluzione, sistemi di fotogrammetria avanzata e dispositivi per la realtà virtuale e aumentata, così da affrontare le sfide della digitalizzazione del patrimonio culturale su più fronti, dalla documentazione e conservazione alla fruizione e divulgazione [Bonacini et al., 2022]. Anche in questo caso, la chiave del successo del progetto stato l'approccio interdisciplinare, poiché il 3DLab-Sicilia ha favorito la collaborazione tra archeologi, storici dell'arte, informatici e esperti di comunicazione, creando un ambiente spiccatamente fertile per l'innovazione, sinergia che ha portato allo sviluppo di nuove metodologie per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati 3D, nonché alla creazione di applicazioni innovative per la fruizione del patrimonio culturale [Marletta et al., 2023].

In aggiunta è stato voluto un *focus* sulla formazione e sul trasferimento tecnologico, in quanto i centri di 3DLab-Sicilia fungono anche da *hub* per la formazione di nuove figure professionali specializzate nella digitalizzazione e nella valorizzazione digitale del patrimonio culturale, aspetto cruciale per garantire la sostenibilità a lungo termine del progetto e per creare nuove opportunità occupazionali nel settore in Sicilia [Rizzo et al., 2022]. Altro elemento fondamentale del progetto è l'attenzione alla disseminazione e alla fruizione pubblica dei risultati, grazie allo sviluppo di diverse applicazioni e piattaforme digitali, che permettono al pubblico di

esplorare virtualmente il patrimonio culturale siciliano. Infatti, numerosi esempi di casi studio e prodotti 3D sono liberamente accessibili e navigabili da *browser web*, *desktop* o *mobile*, con o senza dotazione di periferiche per la realtà virtuale (occhiali o visori con manopole), oppure direttamente fruibili dai visori stessi. Tra quelli disponibili, vi sono le restituzioni navigabili di una serie di architetture (castelli, chiese e palazzi), *tour* virtuali in siti archeologici e paesaggistici (Riserva di Pantalica, Rocca Manfredonica in Fig. 1.10, insediamenti antichi) e reperti storici presenti in alcuni musei e *antiquaria* sparsi per le province del territorio siciliano, che non solo arricchiscono l'esperienza di visita, ma rendono anche accessibili siti e manufatti che altrimenti sarebbero difficili o impossibili da fruire [Scianna et al., 2021].

Infine, è da sottolineare come l'impatto di 3DLab-Sicilia travalica il solo ambito dei beni culturali, in quanto il progetto ha stimolato talmente l'innovazione tecnologica in Sicilia da favorire la creazione di *start-up* e lo sviluppo di nuove competenze digitali, posizionando così la Regione come un laboratorio d'avanguardia per l'applicazione delle tecnologie digitali al patrimonio culturale e attirando l'attenzione di ricercatori e istituzioni a livello internazionale [Vecco e Srakar, 2023]. In questo caso virtuoso quindi il 3DLab-Sicilia rappresenta un esempio significativo di come le politiche di coesione europee possano tradursi in iniziative concrete per la valorizzazione del patrimonio culturale attraverso l'innovazione tecnologica a servizio di ricerca e riscatto del territorio.

Fig. 1.10  
La Rocca Manfredonica di Mussomeli (CL) navigabile in 3D e in VR da browser desktop (© [https://www.3dlab-sicilia.it/it\\_it/vevtrina/](https://www.3dlab-sicilia.it/it_it/vevtrina/), agg. aprile 2025)



## 1.3.3 ANALISI DI ESEMPI LOCALI: MESSINA E PROVINCIA

Per concludere la seppur breve ma mirata selezione dei casi applicativi esistenti, si è voluta focalizzare l'attenzione su quel che di presente vi sia nella città di Messina e nel suo territorio provinciale.

Il primissimo esempio non può che essere la svolta tecnologica del Museo Regionale di Messina “Maria Accascina”, noto precedentemente come MuMe, che alla fine del 2023 ha aggiunto all’esperienza della visita museale tradizionalmente intesa una serie di *hotpoints* in cui la realtà virtuale è fruibile mediante il loro inquadramento con visori (occhiali e cuffie) e, a seguire nel percorso, una sala immersiva all'avanguardia (Figg. 1.11).

Due installazioni tecnologicamente differenti, che però si inseriscono nel più ampio contesto di digitalizzazione e modernizzazione dei musei siciliani, al fine di offrire ai visitatori esperienze avvolgenti e coinvolgenti [Vecco e Piazzai, 2023].

Nello specifico, il ricorso a uno *storytelling* della città ottocentesca pre-terremoto avviato mediante realtà virtuale con una voce fuoricampo che descrive le piazze – in cui il fruitore virtualmente si trova e tra le quali si sposta munito di occhialini e cuffie individuali – e i monumenti che vi prospettano, esaltandone non solo i pregi architettonici e urbani ma anche la vita quotidiana dell’epoca; a seguire, la sala immersiva che invece utilizza tecnologie di proiezione avanzate e sistemi audio multifonte per



Figg. 1.11 Due delle *Quattro Fontane* e *Via Cardines* viste dalla *Via Primo Settembre* preterremoto, ricreate per la navigazione in VR (sopra); sotto, la proiezione immersiva della *Piazza del Teatro Vittorio Emanuele* a poche ore dal sisma del 28 dicembre 1908 (© <https://gazzettadelsud.it/articoli/cultura/2023/11/28/messina-al-mume-quella-citta-virtuale-prima-e-dopo-il-terremoto-del-1908-46a1fb1f-84d0-4edd-a542-5c9f1663837/11>)

creare un ambiente envolvente che trasporta i visitatori in un viaggio virtuale attraverso le vicende del terremoto a Messina avvenuto la notte del 27-28 dicembre 1908.

Come evidenziato in letteratura l'utilizzo di queste tecnologie immersive nei musei non solo aumenta il coinvolgimento del pubblico, ma offre anche nuove possibilità di interpretazione e contestualizzazione delle opere d'arte e dei reperti storici [Bonacini, 2021].

Il senso innovativo delle sale virtuali e immersiva del MuMe è la capacità di ricreare virtualmente opere d'arte e monumenti storici andati perduti, in particolare ricreando i momenti critici del sisma e la spettralità dei successivi; funzionalità questa che permette quindi ai visitatori di visualizzare e interagire con il patrimonio culturale non più esistente, offrendo una prospettiva unica sulla storia atterrata della città e della sua evoluzione nel tempo [Marafon et al., 2022]. Nella volontà di chi l'ha ideata e realizzata, le suddette sale non dovevano a limitarsi a essere spazi di visione o proiezione passiva, ma diventare esse stesse elementi di interattività per coinvolgere i visitatori e spingerli a esplorarne attivamente i contenuti, in virtù del fatto che proprio perché l'interazione diretta con i contenuti digitali favorisce un apprendimento più profondo e memorabile per diverse fasce di pubblico [Genovese, 2023]. Non sono solo attrazioni per i visitatori occasionali, ma si pongono anche come potente strumento per programmi educativi strutturati rivolti a scuole e formazione di vario grado [Cataldo, 2022].

Tuttavia, oltre ai pregi e ai vantaggi derivanti, l'implementazione di tecnologie immersive in contesti museali pone anche problematiche non sottostimabili, sia in termini di sostenibilità economica che di conservazione; occorre sempre ricordare l'importanza di sviluppare modelli di gestione che garantiscano la manutenzione e l'aggiornamento continuo di qualsiasi installazione tecnologica da parte di figure qualificate e preposte, al fine di preservarne l'efficacia nel lungo periodo [Mangialardi et al., 2023].

Altra sala immersiva di cui si accennerà appena per mancanza di letteratura è quella dedicata alla ricostruzione della città di Messina nel XVIII secolo, presso la locale Biblioteca del Comune, rappresenta un ulteriore progetto di valorizzazione del patrimonio culturale all'interno di un prezioso contesto librario peloritano. Anche in questo caso, come per il Museo Regionale, l'installazione vuole offrire ai visitatori l'esperienza di immersione nel conte-

sto storico, culturale e sociale del Settecento messinese, periodo di grande fervore e rilevanza per la storia della città, grazie all'integrazione di tecnologie avvolgenti in spazi tradizionalmente dedicati alla conservazione e consultazione di libri. La ricostruzione virtuale è frutto dello studio avviato e finalizzato in una tesi magistrale in architettura, per cui la cura per il dettaglio architettonico sebbene si fruisca a grandi scorci urbani è certosina [Giannone e Verdiani, 2020] e riprende le modalità di visita della "gemella" del MuMe sebbene in epoche consecutive.

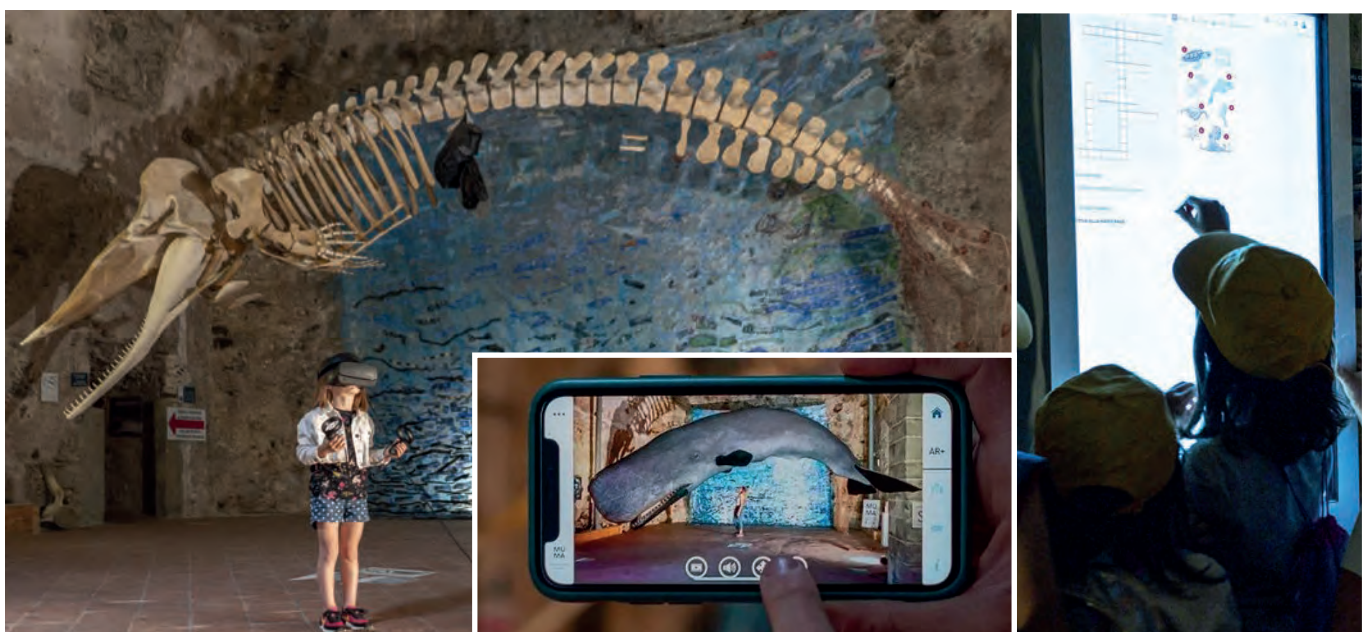
Ancora in città, ma nella zona urbana più settentrionale chiamata Capo Peloro, anche il Museo *Horynnus Orca* di Messina ha realizzato una suggestiva sala immersiva grazie a un progetto di ricerca cofinanziato dal MIUR (ambito del Bando Start Up – linea 2 – Cultura ad Impatto Aumentato) con l'obiettivo di sviluppare strumenti informatici per trasformare collezioni di filmati in archivi strutturati che fossero in grado di fornire contenuti e metadati per installazioni interattive a scopo didattico e spettacolare. Dopo la propedeutica fase di ricerca tecnologica, il progetto ha portato alla creazione del prototipo esplicito in un sistema di proiezione immersivo e multicanale all'interno di una sala dedicata: grazie all'utilizzo di modelli 3D e alla perfetta sincronizzazione delle immagini, più videoproiettori creano sulle pareti un unico ambiente avvolgente e interattivo, come se fosse un mega-schermo. Alcune sezioni delle pareti, accessibili al pubblico, sono infatti sensibili al tocco, permettendo agli utenti di attivare eventi video di grande impatto visivo e sonoro, per diverse tipologie di contenuti, come opere d'arte che integrano linguaggi e modalità di fruizione innovative, progetti di divulgazione scientifica, percorsi sensoriali per persone con disturbi dello spettro autistico e numerose iniziative educative. Il prototipo inaugurale, denominato *Salamare*, presentava 4 scenari immersivi sul tema del mare dello Stretto di Messina, realizzati attraverso un processo di ricerca, organizzazione e ottimizzazione di risorse d'archivio, per poi essere aggiunte nuove installazioni artistiche interattive, presentate a partire dall'*Horynnus Festival* 2018 fino ad oggi. Tra gli aspetti positivi, il più rilevante è la replicabilità a costi molto contenuti, grazie alle tecnologie sviluppate, cosa che permette di creare economie di scala, attivare talenti creativi locali, rinnovare gli spazi espositivi e sperimentare nuovi utilizzi per soluzioni tecnologiche sempre più innovative nel tempo.

Spostandosi di una quarantina di chilometri dalla città,

non è possibile non fare menzione del Museo del Mare (MuMa) come realtà meta-museale collocata all'interno di alcuni ambienti del Castello di Milazzo, nella provincia tirrenica di Messina, convertiti in uno spazio espositivo tradizionale e insieme multimediale. La stessa integrazione del museo all'interno di un'antica struttura architettonica crea già di per sé un contesto suggestivo che arricchisce l'esperienza dei visitatori. Infatti, oltre alle sale tradizionalmente allestite e alle postazioni didattiche con pannelli illustrativi dinamici (supporti audio e video), è presente una postazione per la realtà virtuale, che permette di immergersi nell'*habitat* del capodoglio di nome Siso (mascotte del MuMa), di cui è esposto solo l'enorme scheletro: indossando il visore 3D e usando le manopole (Fig. 1.12), i visitatori possono vivere un'esperienza coinvolgente e realistica, nuotando insieme al cetaceo mentre seguono lo *storytelling* contestuale in cuffia su temi di biologia e fauna marina [Bonacini, 2023]. Oltre a questi servizi offerti *in situ*, al fine di ampliarne l'accessibilità il museo ha rilasciato sul suo sito web ufficiale un *tour* virtuale a 360 gradi, realizzato con fotografie 3D navigabili e corredato da schede illustrative e video esplicativi; in tal modo è riuscito a permettere anche agli utenti in remoto di esplorare le collezioni e gli spazi del museo, che supera i suoi confini fisici per offrire esperienze immersive e accessibili a un pubblico più ampio. Nel dettaglio il tour virtuale è stato sviluppato in partenariato con l'Ufficio Regionale UNESCO per la Scienza e la Cultura in Europa, a sottolineare l'importan-

za strategica di questo intervento per la valorizzazione e la promozione del patrimonio culturale legato al mare, e realizzato da un'azienda altamente specializzata nella creazione di soluzioni digitali per i beni culturali. Inoltre, sotto il profilo finanziario durante lo sviluppo del tour virtuale, il MuMa ha beneficiato del supporto del Gruppo Prada, azienda leader nel settore del lusso che ha dimostrato una particolare sensibilità verso i temi della cultura e della sostenibilità ambientale. Una siffatta rete di collaborazioni istituzionali e private ha permesso di realizzare un progetto di digitalizzazione di alto livello: infatti ove l'intervento dell'Ufficio Regionale UNESCO ha garantito un approccio metodologico rigoroso, allineato agli standard internazionali per la documentazione e la valorizzazione del patrimonio culturale, il supporto del *partner* privato ha invece consentito di investire risorse finanziarie e spiccate competenze tecnologiche per realizzare un tour virtuale di qualità, in grado di offrire ai visitatori un'esperienza audiovisiva estremamente realistica e corredata da informazioni puntuali e approfondimenti scientifici. Tale modello di collaborazione o partenariato pubblico-privato rappresenta un esempio virtuoso di come le sinergie tra istituzioni culturali, organismi internazionali e aziende possano confluire nella realizzazione di progetti innovativi per la sponsorizzazione e la divulgazione del patrimonio culturale.

Questo è un esempio replicabile di come un piccolo museo possa sfruttare in modo efficace le tecnologie digitali, anche non necessariamente costose, per valorizzare le



Figg. 1.12 La dotazione tecnologica del Museo del Mare in termini realtà virtuale immersiva con visore (sin.), AR con smartphone e pannelli interattivi per la divulgazione accessibile e coinvolgente (© <https://www.pradagroup.com/it/news-media/news-section/prada-group-unesco-ioc-support-muma.html>)

proprie collezioni di reperti e contestualmente il contesto architettonico che lo ospita, offrendo ai visitatori un'esperienza multisensoriale e interattiva di pregevole interesse. Infine, spingendosi quasi fino al confine della provincia tirrenica di Messina, il Museo di Castel di Tusa ha recentemente implementato una sala sensoriale e immersiva che rappresenta un'innovativa aggiunta al contesto d'integrazione tra arte contemporanea e paesaggio naturale in seno al Consorzio dei Nebrodi. La sala è stata concepita come uno spazio multifunzionale che utilizza proiezioni a 360 gradi, sistemi *audio surround* e tecnologie interattive per immergere completamente il visitatore in ambienti virtuali legati alla storia etno-antropologica, all'arte e al paesaggio del territorio, grazie alla capacità di adattarsi a diverse tipologie di contenuti e utilizzi.

Per cui, in applicazioni tecnologiche di questo tipo la flessibilità delle installazioni diventa un punto focale poiché permette di alternare esperienze legate all'arte contemporanea, ricostruzioni storiche del territorio, e rappresentazioni immersive del paesaggio naturale circostante [Genovese e Santagati, 2023]. Questo in virtù del fatto che la sala immersiva non si limita a essere uno spazio di proiezione passiva, ma diventa protagonista insieme al visitatore che, sfruttando gli elementi di interattività, ha il potere d'influenzare e modificare l'ambiente virtuale creando esperienze personalizzate e mai uguali di accesso e di apprendimento. Anche in questo aspetto si esplica il suo potenziale educativo: la sala utilizzata per programmi didattici innovativi, che sfruttano l'immersività e l'interattività, permettono di trasmettere conoscenze sulla storia locale, l'arte contemporanea e l'ecologia del territorio in modo coinvolgente e "leggero".

In conclusione, è bene chiarire che la maggior parte dei casi studio analizzati in letteratura non fanno parte delle realtà immersive e quindi di un futuro Metaverso globale, mentre gli ambienti interamente avvolgenti hanno il limite di essere stati sviluppati soltanto a scopo estetico e sicuramente più efficaci in campo divulgativo ed educativo. In altri termini tali applicazioni, seppur innovative, spesso mancano del livello di immersione e interattività che caratterizzerebbe un vero ambiente metaversale, mentre le esperienze completamente immersive sviluppate finora tendono a focalizzarsi separatamente sull'aspetto meramente estetico oppure divulgativo ed educativo, obiettivi questi certamente validi e

importanti che, però, rappresentano solo una marginale parte del potenziale offerto dalle tecnologie immersive. Ciò significa che non è stato previsto o ancora collegato un apparato robusto e integrato, anche sinottico o didascalico che arricchisca di informazioni l'intero o le parti navigabili del gemello digitale, limitando le informazioni all'osso quando non completamente assenti, limitando l'incidenza e la profondità dell'esperienza educativa e la comprensione del contesto storico, artistico o culturale degli oggetti o degli ambienti virtualizzati. Proprio perché i gemelli digitali, in quanto repliche virtuali di oggetti o ambienti fisici, si prestano ad incarnare una enorme risorsa-contenitore per la fornitura di informazioni dettagliate e contestuali, il cui relativo potenziale rimane in gran parte non sfruttato nelle attuali implementazioni. Proprio questo aspetto della questione sottolinea la necessità di ricorrere a un approccio più olistico nello sviluppo di esperienze immersive progettate per tutti i luoghi di cultura, siano essi musei, istituzioni culturali o qualsivoglia spazio didattico.

La progettazione porta con sé la questione della modalità d'integrazione di informazioni dettagliate in un ambiente avvolgente in termini sia tecnici che di design, per cui occorre trovare e stabilire di caso in caso il migliore equilibrio tra la ricchezza informativa e la preservazione dell'immersività volta all'esperienza estetica. Per cui, se da un lato le tecnologie VR e il concetto di Metaverso offrono un enorme potenziale per l'ambito culturale e il settore turistico, c'è ancora strada da percorrere e lavoro da fare per realizzare pienamente il suddetto potenziale, poiché l'integrazione di informazioni ricche e contestuali all'interno di tali esperienze rappresenta una frontiera importante per lo sviluppo futuro in questo campo quanto un onere su più fronti, da quello tecnologico a quello squisitamente economico. A partire da queste "lacune" nella letteratura e nell'applicazione rivolta alla comunità di più larga accezione, si intende sperimentare l'arricchimento di dati spiccatamente tecnici per dialogare non solo con il pubblico di non addetti ai lavori, ma soprattutto con i professionisti del settore. In sostanza rivolgersi a tutti coloro che intendono risalire a informazioni specifiche necessarie non sono alla conoscenza globale dell'oggetto di studio o di intervento, ma che ricercano una base di necessaria documentazione multidisciplinare per le fasi seguenti del proprio lavoro (ambiti di ricerca, restauri, valutazione dei rischi, confronti tipologici, etc.)

# CAPITOLO 2



Avanzamento  
nella transizione digitale  
sul patrimonio culturale:  
tracce di metodo



## 2.1 Risorse tecnologiche per la creazione del Patrimonio Culturale Virtuale

### *Digitalizzazione: tra semantica e obiettivi*

La digitalizzazione e virtualizzazione del patrimonio culturale rappresenta una delle frontiere più promettenti e soprattutto dibattute nell'ambito della conservazione, valorizzazione e fruizione dei beni culturali, sia presenti all'interno di musei e aree protette che diffuso e, per questo, a rischio di depauperamento o addirittura perdita. Negli ultimi anni, l'avvento di tecnologie sempre più sofisticate ha aperto nuove possibilità contestuali di protezione del Patrimonio esistente e di creazione di esperienze interattive virtuali che consentono di esplorare il patrimonio culturale in modi innovativi e sicuri per gli originali [Bekele et al., 2018].

Prima di addentrarsi nella trattazione delle risorse utili alla transizione digitale in ambito di Beni Culturali e di Patrimonio storico-archeologico costruito, occorre dare alcune delucidazioni in merito ai termini usati e spesso interscambiati come sinonimi. In primis la definizione di "digitalizzazione" dell'enciclopedia Treccani online: «Nella tecnica, conversione di grandezze analogiche in informazioni digitali, effettuata mediante un dispositivo, detto digitalizzatore o convertitore analogico-digitale<sup>1</sup>» e quella di "digitalizzare" tratta dall'omonimo vocabolario: «Nella tecnica, convertire una certa grandezza fisica in cifre, cioè in un certo numero di altre grandezze (per es., impulsi elettrici), rappresentanti, secondo certe convenzioni e in un certo sistema di numerazione (per es., quello binario), il valore numerico della grandezza in questione. In informatica, e nelle telecomunicazioni, tradurre in forma digitale un segnale analogico<sup>2</sup>». Sulla stessa linea quindi, trasporre in digitale un qualsiasi supporto analogico sia esso carta, pellicola fotografica, vinile, tela o legno, pietra e altri materiali da costruzione o decorativi, etc.

Per quanto riguarda il patrimonio culturale virtuale, sebbene non ne esista una precisa definizione, il concetto si riferisca, lasciando poco spazio al fraintendimento, alla ricostruzione digitale di artefatti, monumenti e siti storici attraverso l'uso di tecnologie come la realtà virtuale, la realtà aumentata e i modelli 3D [Piccialli e Chianese, 2017.], approccio che offre tra gli altri, i vantaggi di conservazione digitale di beni a rischio, l'accessibilità remota a siti altrimenti inaccessibili e la possibilità di ricostruire virtualmente beni culturali perduti o danneggiati [Gomes et al., 2019]. A livello europeo, infatti, si parla più propriamente di Patrimonio culturale digitale che, nella comunicazione

"Verso un'Europa Digitale: Piano d'azione per la trasformazione digitale europea", la Commissione Europea definisce come: "la rappresentazione digitale di beni culturali e siti archeologici, creata utilizzando tecnologie come la scansione 3D, la modellazione e la realtà virtuale". Motivato per cui le due dizioni possono essere assimilabili.

Il programma Europa Creativa sostiene progetti che utilizzano tecnologie digitali per la conservazione, la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale. Il programma definisce il patrimonio culturale digitale come "la vasta gamma di contenuti culturali digitali, compresi i beni digitali nativi e le rappresentazioni digitali di beni culturali fisici". Infine, il progetto *Europeana* è il portale web dell'Unione Europea per il patrimonio culturale digitale, che offre accesso a milioni di risorse digitali provenienti da musei, biblioteche, archivi e altre istituzioni culturali in tutta Europa; ivi si definisce il patrimonio culturale digitale come "il patrimonio culturale accessibile attraverso tecnologie digitali".

### *Transizione digitale europea ed italiana*

Nel sito della Commissione Europea<sup>3</sup>, a proposito di transizione digitale messa in atto dallo scorso decennio, si legge che: «Le tecnologie digitali presentano un enorme potenziale di crescita per l'Europa. La Commissione europea è impegnata a realizzare un'Europa pronta per l'era digitale, dotando i cittadini, le imprese e le amministrazioni di una nuova generazione di tecnologie, in cui la trasformazione digitale andrà a vantaggio di tutti». In particolare, nel settore delle "Competenze digitali, istruzione e formazione", si dichiara che: «Per plasmare il futuro digitale dell'Europa, la Commissione europea è determinata a colmare il divario di competenze digitali e a promuovere progetti e strategie per migliorare il livello delle competenze digitali in Europa. Tutti gli europei hanno bisogno di competenze digitali per studiare, lavorare, comunicare, accedere ai servizi pubblici online e trovare informazioni affidabili. Le competenze digitali sono un fattore determinante per la competitività e la capacità di innovazione dell'UE. Sono inoltre un fattore determinante della coesione sociale e del benessere personale. Le attuali trasformazioni digitale e verde portano a una rapida ristrutturazione economica, che richiede alle persone di impegnarsi nell'apprendimento lungo tutto l'arco della vita. Inoltre, queste transizioni richiedono agli Stati membri di realizzare appieno il loro potenziale in termini di competenze e di innovazione. Ciò comprende riforme volte a migliorare la

qualità dei sistemi di istruzione e formazione. La Commissione europea sostiene gli Stati membri dell'UE fornendo competenze e scambi di buone pratiche nel settore delle competenze, dell'istruzione e della formazione».

Nello stesso ambito si elencano una serie di "esempi di sostegno" che giovano per affrontare ed entrare a far parte attivamente di questa rivoluzione copernicana immateriale in termini di: Perfezionamento dei sistemi di miglioramento del livello delle competenze e di riqualificazione nell'istruzione degli adulti; Promozione dell'istruzione in tema di competenze digitali; **Migliorare l'istruzione superiore, la ricerca e l'innovazione; Migliorare l'istruzione e la formazione professionale.**

Questi obiettivi di creazione e sviluppo di soluzioni digitali non si limitano, però, ad offrire soltanto nuove opportunità per le imprese, ma servono anche ad incoraggiare lo sviluppo di tecnologie sempre affidabili e trasparenti, così da promuovere una società aperta e democratica, diventano il volano per un'economia dinamica e sostenibile, contribuendo al contempo a mitigare e far fronte ai cambiamenti climatici e a prestare soluzioni innovative sul binario parallelo della transizione verde.

Così la Commissione europea, attraverso lo strumento di assistenza tecnica specificatamente orientata, aiuta gli Stati membri ad attuare riforme volte a liberare il potenziale di crescita digitale e ad applicare soluzioni innovative a favore non solo delle imprese ma anche dei singoli cittadini, oltreché a migliorare l'accessibilità e l'efficienza dei pubblici servizi. Questo perché la creazione del Patrimonio Culturale Virtuale o Digitale ha richiesto, fin dagli albori, il coinvolgimento di diverse discipline, dalla storia dell'arte all'informatica, passando per l'archeologia e le scienze applicate alla conservazione. Una interdisciplinarietà di tale complessità e portata pone fisiologicamente sfide non solo sotto il profilo metodologico, ma anche teorico non indifferenti, in particolare per quanto riguarda l'affidabilità, in termini di accuratezza storica e l'autenticità delle ricostruzioni, per non entrare nel merito dell'etica della rappresentazione digitale ancora oggetto di un molto vivace dibattito scientifico [Galani et al., 2020].

Infine, gli ormai recentissimi sviluppi nel campo dell'intelligenza artificiale e in generale del *machine learning* stanno aprendo nuove frontiere per lo più ancora inimmaginabili nella creazione e gestione del Patrimonio digitale, consentendo, tra i tanti aspetti positivi, analisi più sofisticate e ricostruzioni sempre più accurate [Terras et al., 2021].

### 2.1.1 LA DOTAZIONE STRUMENTALE PER LA DIGITALIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE

La digitalizzazione in generale - e del patrimonio culturale in particolare - ha conosciuto un notevole sviluppo negli ultimi anni, grazie all'avvento di tecnologie [Georgopoulos, 2018], assodate in altri campi d'applicazione ma qui del tutto innovative [Adamopoulos e Rinaudo, 2020], che permettono di acquisire dati in grandissima quantità e in modo sempre più preciso (metricamente) e dettagliato (morfologicamente), in formati n-dimensionali [Rodríguez-González et al., 2017]. Questo in conseguenza del fatto che i maggiori vantaggi derivati dalla digitalizzazione si rivelano perfettamente coincidenti con gli obiettivi di salvaguardia, di diffusione e di fruizione della Cultura in senso lato.

In termini specifici di conservazione, infatti, la digitalizzazione soprattutto del patrimonio documentale (cartaceo o presente su altri supporti deperibili come quelli naturali) [Dalkıran e Nacar, 2020]. permette di mantenere in modo sicuro e duraturo gli originali, preservando loro dal deterioramento [Kotoula et al., 2018], da furti e da disastri naturali, e la memoria dei singoli contenuti dall'oblio del tempo o dalla perdita traumatica. Lo stesso discorso può valere per il patrimonio pittorico, statuario e costruito, esso stesso testimonianza degli avvicendamenti storici che, se non ha potuto essere preservato materialmente, ha ugualmente conservato le proprie vestigia sotto altre forme<sup>4</sup> [Della Mora et al., 2020]. In quest'ottica la digitalizzazione è sempre stata supporto e fonte inestimabile di basi di partenza per la ricerca, in quanto i dati digitali multi-sorgente sono stati, fin dalla loro "invenzione", utilizzati per studiare e approfondire la conoscenza in senso generale e, in particolare, del patrimonio culturale comunque declinato [Pavlidis et al., 2017].

Per quanto riguarda poi il passo successivo, ovvero la diffusione e la disponibilità dei beni culturali, gli aspetti di valorizzazione e fruizione sono due tra le complesse sfaccettature della medesima questione [Drosou et al., 2020]. In tal senso la digitalizzazione contribuisce alla valorizzazione del patrimonio, promuovendo non solo la conoscenza locale in termini didattici e divulgativi, ma soprattutto il turismo culturale con conseguente sviluppo economico in particolare delle comunità locali.

Allo stesso modo, rendere il patrimonio culturale accessibile, oltre a una azione di valorizzazione, ne consente la restituzione a un pubblico più vasto, abbattendo per la maggior parte differenze e discriminazioni di uso sul piano fisico e intellettuale [Balletti et al., 2017], attraver-

so la condivisione in rete di numerose e variegate risorse culturali: dalle semplici e basilari informazioni, ai testi multi-fonte, alla creazione di tour virtuali, mostre online e applicazioni interattive sia didattiche che turistiche.

Nello specifico, la digitalizzazione 2D rappresenta la fase propedeutica fondamentale nella conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale, esplicito in qualsiasi forma e supporto, permettendo di crearne copie digitali [Fresa e Justrell, 2020]. Così è possibile rendere imperituri documenti storici, disegni, mappe, fotografie e altri materiali deperibili o da salvaguardare dall'uso comune oltre che dagli attacchi del tempo e degli agenti deterioranti in generale. Le relative copie digitali possono poi essere utilizzate per la ricerca, la conservazione, la fruizione e la condivisione con un pubblico sempre più ampio, interdisciplinare e interculturale [Kardas e Mehta, 2018.]. Quest'ultimo aspetto ormai largamente sdoganato grazie alle integrazioni software con sistemi neurali d'intelligenza artificiale che, oltre alle traduzioni simultanee in qualsiasi lingua conosciuta, permettono delucidazioni in merito e approfondimenti a scale molteplici di analisi e in differenti campi applicativi [Cetinic e She, 2022].

Tra le tecnologie basilari per la digitalizzazione 2D, per oggetti a loro volta non necessariamente bidimensionali, si possono enumerare gli scanner piani che permettono di acquisire immagini digitali ad alta risoluzione di disegni, mappe, documenti storici e altri materiali cartacei [Bianco et al., 2020]. Questi strumenti hardware necessitano della parte software che ne decodifica gli input e ne restituisce le immagini digitalizzate in diversi formati (*raster*, testo o immagini con testo riconosciuto incorporato) e che, al tempo stesso, può essere sfruttata per il miglioramento della qualità delle immagini digitalizzate, per la correzione di distorsioni e per la conversione da un formato decodificato ad altri di diversa codifica [Papaodysseus et al., 2019]. Infine, la tecnologia di riconoscimento automatico del testo (OCR) ha aumentato le potenzialità della digitalizzazione rispetto alla mera copia dell'originale, in quanto estrarre gli elementi presenti nelle immagini digitalizzate (testo, meta-immagini, metadati, contenuti multimediali) e convertirli in formati digitali modificabili, amplia la casistica di applicabilità e velocizza i passaggi necessari alla creazione di progetti terzi [Gatos et al., 2019; Christlein et al., 2017].

Altri strumenti di digitalizzazione 2D sono le fotocamere digitali, utilizzate non solo per digitalizzare documen-

ti di piccole e medie dimensioni, come foto, stampe e manoscritti, ma anche parti o interi oggetti bi- e tridimensionali al fine di restituirne immagini immateriali da cui desumere informazioni di differente tipo. Rispetto agli scanner piani consentono maggiore flessibilità di uso, soprattutto per acquisire immagini di materiali in contesti difficili da raggiungere con uno scanner. Oltre a ciò, le fotocamere digitali stanno alla base di strumenti più complessi e tecnologici, dei quali possono essere elementi integrati (inseparabili) o aggregati (opzionalmente annettibili), che consentono di duplicare qualsiasi oggetto della realtà circostante per restituirne copie intangibili ma consultabili e manipolabili. Infine, le telecamere ad alta risoluzione che, da sole o anch'esse integrate o montate, vengono utilizzate per digitalizzare non solo documenti di grandi dimensioni, come mappe, planimetrie e affreschi, ma anche oggetti tridimensionali di qualsiasi genere e misura; possedendo una risoluzione maggiore, si preferiscono agli scanner piani e alle fotocamere digitali standard allorquando si necessita di un livello di dettaglio elevato [Georgios et al., 2021].

Per quanto concerne le tecnologie per la digitalizzazione della terza dimensione disponibili, ma continuamente aggiornate e integrate tra loro in termini di hardware e con i nuovi software corredati della cosiddetta Intelligenza Artificiale [Pierdicca et al., 2020] possono brevemente enumerarsi diversi tipi di strumenti di scansione ed essere classificate rispetto al tipo di sensore montato e al rispettivo funzionamento. La tecnologia di *laser scanning* a sensori attivi, definita anche *range-based*, consente di creare modelli 3D precisi e ad alta risoluzione di oggetti e ambienti, restituendo dati utilizzabili per creare planimetrie, sezioni e modelli 3D per la documentazione, l'analisi e la ricostruzione virtuale [Adamopoulos e Rinaudo, 2021].

Ogni strumento suddetto garantisce particolari prestazioni a seconda della specifica applicazione e del relativo contesto, per cui gli "scanner a contatto" permettono di acquisire modelli tridimensionali ad alta risoluzione esclusivamente di piccoli oggetti e manufatti e si rivelano ideali per la digitalizzazione di sculture, reperti archeologici e pezzi di arte decorativa; gli "scanner 3D a luce strutturata", che quindi utilizzano la proiezione di *pattern* luminosi per acquisire modelli 3D di oggetti e superfici di medie dimensioni, sono largamente utilizzati per la digitalizzazione ovvero la replica virtuale di statue, affreschi, mosaici ed elementi architettonici; infine

gli scanner 3D stereoscopici che, mediante l'acquisizione d'immagini da due punti di vista differenti, permettono di ricostruire modelli 3D di oggetti e superfici di grandi dimensioni, per cui sono riservati alla digitalizzazione di edifici, monumenti e vaste porzioni di aree d'interesse o addirittura di interi siti archeologici. La maggior parte degli strumenti citati sono ad uso terrestre, ma gli ultimi avanzamenti tecnologici ormai permettono una ibridazione con i droni (aeromobili a pilotaggio remoto *UAS*) così da permettere anche le scansioni aeree. Infatti, il cosiddetto *drone imaging* consiste nella cattura, mediante sensori passivi e grazie al principio della *image-based*, di fotografie e video aerei ad alta risoluzione acquisiti per creare mappe 3D, modelli di elevazione e ortofoto di elementi architettonici di grande dimensione, aree urbane o di paesaggi a scala territoriale [Luhmann et al., 2020]. Strumenti ancora più specifici sono le fotocamere sferiche che, nell'acquisire immagini a 360° [Fangi e Nardinocchi, 2021], risultano essere particolarmente adatte per la creazione di ambienti 3D totalmente immersivi sfruttabili nelle visite o tour virtuali di luoghi temporaneamente o definitivamente interdetti a tutte o a determinate categorie di utenza oppure per arricchire di informazioni superfici altrimenti "mute" fungendo quindi da necessari/utili supporti alla visita [Fiorillo et al., 2018]. La fotogrammetria, terrestre e/o aerea così realizzata per restituire i modelli 3D mediante una serie di fotografie digitali sovrapposte, costituisce quindi un metodo relativamente economico, certamente rapido e largamente accessibile per la digitalizzazione soprattutto a grande scala (Fig. 2.1). Tra le tecniche di rilevamento più specifiche in campo archeologico le geofisiche, come il radar a penetrazione terrestre (GPR) e la magnetometria, sono utilizzate per identificare strutture e manufatti sepolti e i cui dati geofisici possono essere utilizzati per creare mappe e modelli 3D del

sottosuolo a differenti profondità [Kostyrko et al., 2021]. Infine, i dati derivati dalle metodologie di rilievo *laserscanning* e fotogrammetrico precedentemente menzionate e definite *reality-based* perché restituiscono la realtà nello stato in cui si trova al momento dell'acquisizione, possono essere ulteriormente manipolati e trasformati in creare esperienze immersive mediante le tecnologie di realtà virtuale (VR) ed aumentata (AR) che consentono agli utenti di visualizzare e interagire con i modelli 3D d'interesse [Carrozzino e Bergamasco, 2020]. Ciò è possibile mediante i visori AR o VR che, nel primo caso, sovrappongono modelli 3D e informazioni digitali alla vista del mondo reale, creando esperienze interattive, e nel secondo caso ricostruiscono intere ambientazioni<sup>5</sup> per restituirli in realtà totalmente immersive [Younes et al., 2017].

Successive alle fasi di acquisizione strumentale *in situ* e di registrazione dei dati, avvengono la "decrittazione" e il post-processamento, mediante differenti software di elaborazione, consistente in visualizzazione e analisi di dati digitali 3D, che includono pacchetti CAD 3D, software GIS e strumenti di modellazione 3D, ancora una volta preferiti sulla base delle necessità del caso e della idoneità al metodo della digitalizzazione [Ioannides e Quak, 2017]. Tra i software più diffusi e comunemente utilizzati, ve ne sono numerosi – sia proprietari sia *open source* – che mediante la fotogrammetria permettono di ricostruire i modelli 3D a partire dalle nuvole di punti (laser) e dai fotogrammi precedentemente acquisiti con i relativi strumenti. Nello specifico possono essere scelti programmi di modellazione tridimensionale che, a partire da nuvole di punti o fotogrammi, permettono la realizzazione di modelli 3D, scevri o meno di parametrizzazione e di collegamento a database interni o esterni che contengano informazioni sui singoli elementi costituen-

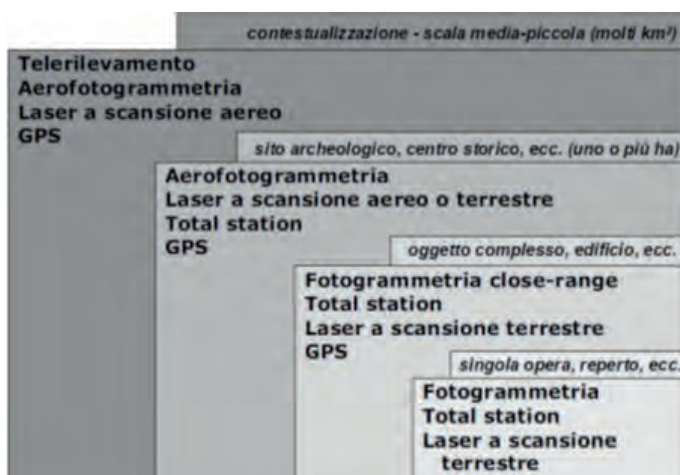


Fig. 2.1: Applicazioni delle tecniche geomatiche a diverse scale di rilievo (in Bitelli, 2002)

ti il modello. Si possono usare, anche contestualmente ai precedenti, programmi di disegno e modellazione assistita dal calcolatore (CAD/CAM) per la creazione di disegni tecnici, oltre che per la restituzione 3D, anche per spingere gli oggetti digitali all'interno di simulazioni per estrapolarne parametri di interesse. Anche i sistemi informativi geografici, prevalentemente sfruttati per l'analisi spaziale di dati georeferenziati, si sono attestati come d'ausilio all'implementazione e alla gestione di informazioni multi-fonte e sono largamente impiegati per la creazione di mappe tematiche, database geospaziali e cartografie liberamente consultabili mediante piattaforme online dedicate (*webGIS*). Infine, anche se ancora troppo spiccatamente di settore per il campo edile, i software di *Build information modeling* (BIM) ormai necessari per la gestione di tutti i dati e le informazioni relative a edifici e infrastrutture durante l'intero ciclo di vita [Dore e Murphy, 2017].

Ulteriori progressi nella tecnologia post-digitalizzazione si esprimono nei software di stampa 3D, ancora poco diffusi per i costi elevati degli hardware di stampa, che consentono la creazione di prototipi fisici e repliche a dettaglio variabile degli oggetti precedentemente digitalizzati. Infine, i sempre più largamente sperimentati a diversi livelli programmi di realtà virtuale, aumentata o mista, per la creazione di esperienze avvolgenti e interattive che permettono di esplorare virtualmente i modelli 3D, replicati e perfettamente scalabili, di siti archeologici, edifici e oggetti d'interesse storico [Zhang et al., 2023].

I vantaggi che sono emersi negli anni dall'uso della digitalizzazione, specificatamente negli ambiti architettonico e archeologico, si possono compendiare in una maggiore precisione e accuratezza rispetto ai metodi tradizionali dovuta agli strumenti automatici e compensativi degli errori umani, insieme a una registrazione dettagliata dei dati altrimenti trascurati per necessità e all'efficienza sempre migliorata nell'ambito dell'automatizzazione dei processi di documentazione e analisi, con significative economie in termini di tempo e di manodopera impiegata; ciò spinge all'indirizzamento di nuove possibilità di ricerca, di studio e di conservazione del patrimonio culturale grazie ai dati digitali impossibili da attuare sulla base di e a partire da quelli analogici o con metodologie tradizionali di documentazione. Ulteriore e fondamentale aspetto positivo è l'approdo a un'accessibilità nettamente migliorata ai dati digitali, che possono così essere prontamente condivisi e facilmente accessibili a un pubblico più ampio e variegato nelle competenze.

Oltre agli strumenti e le metodologie menzionati sopra, vale la pena di sottolineare l'importanza di sviluppare protocolli e standard per la digitalizzazione del patrimonio culturale, così come ne esistono per gli altri campi (es. disegno e rilievo, restauro e conservazione, uso del BIM, etc.). L'unificazione e la normalizzazione dei protocolli dovrebbe garantire che i dati digitali siano acquisiti, archiviati e gestiti in modo coerente e duraturo, oltre che essere leggibili e attingibili da qualsiasi *software* e postazione ovunque collocata geograficamente.

Solo l'adozione diffusa di queste procedure normalizzate può garantire che i dati digitali del patrimonio culturale siano accessibili e utilizzabili da ricercatori, studiosi e pubblica generica utenza per le generazioni future.

Tra gli esempi di applicazioni della digitalizzazione bi- e tridimensionali in campo didattico e turistico vi sono le ricostruzioni virtuali di siti archeologici scomparsi, distrutti, obliati o pluri-stratificati nel tempo, in modo tale da offrire all'utenza la possibilità di conoscere ed esplorare luoghi come se fossero ancora intatti, in un excursus che ne segua l'iter cronologico o la complessità dell'evoluzione costruttiva in modo lineare o diacronico.

Inoltre, la creazione di modelli 3D ad alta risoluzione estesa non soltanto alle aree rurali o urbane, ma pure agli oggetti d'arte o di uso ormai dismesso, possono essere utilizzati per studiare fin nei minimi dettagli le trasformazioni occorse senza intaccare lo stato di fatto degli originali. Lo stesso dicasi per la possibilità di creare repliche in scala e stamparle in 3D così da sviluppare applicazioni educative ai fini di avvicinamento e d'apprendimento del patrimonio culturale in modo interattivo, quindi maggiormente coinvolgente, e tour virtuali, come le esperienze immersive a promozione del turismo culturale, così da attrarre un maggior numero di visitatori ampliando al tempo stesso il bacino d'utenza nei siti archeologici e nei musei così da renderli luoghi democratici.

Nella vasta letteratura che ha preso corpo negli ultimi decenni, l'utilizzo sempre più diffuso e multiforme di queste tecnologie sta permettendo di creare specifici archivi digitali completi e accurati di diverse branche del Patrimonio Culturale, facilitando non soltanto la ricerca di informazioni e di confronti, ma contestualmente gli obiettivi europei volti consistenti nella conservazione, fruizione e valorizzazione di beni materiali e immateriali per le generazioni future che, superando persino i nativi digitali, saranno sempre più tecnologicamente connesse.

### 2.1.2. PIATTAFORME 2D PER LA TRASFORMAZIONE DIGITALE E LE ANALISI SPAZIALI

Le piattaforme di digitalizzazione 2D rappresentano strumenti essenziali per la conversione in formati digitali di documenti presenti su differenti supporti analogici o di intere testimonianze fisiche, con il molteplice obiettivo di smaterializzare il contenuto per preservarlo come entità a sé stante o contestualmente al “contenitore”, di semplificarne l’accesso diretto e di garantirne la più ampia fruizione incentivandola attraverso canali virtuali.

Sebbene possa sembrare pleonastico, la scelta della piattaforma più idonea per attuare la trasformazione digitale dipende da molteplici fattori profondamente incidenti sul risultato ottenibile, tra cui la tipologia di contenuto da digitalizzare, il volume di lavoro da processare e il relativo cronoprogramma da elaborare a priori, le esigenze specifiche dell’utenza committente e di quella fruitrice, ma soprattutto le risorse disponibili in termini umani, tecnologici, temporali, economici, etici, etc.

Poste queste premesse, occorre quindi esercitare una differenziazione tra i numerosi “oggetti” da sottoporre a digitalizzazione, sia essa intera o per parti, così come bisognerà di volta in volta specificarne supporto, contenuti e ambiti di applicazione.

Innanzitutto prima di poter restituire una panoramica sintetica quanto efficace delle piattaforme più comunemente utilizzate, che siano specifiche o meno del caso particolare, si può fare una prima distinzione tra software *open-source* liberamente fruibili e - con le giuste competenze - anche implementabili, software proprietari con strumenti avanzati disponibili previo acquisto di una licenza, e piattaforme basate su *cloud* con accessibilità da remoto e possibilità di collaborazione in tempo reale con piani d’uso gratuiti o a pagamento.

Ovviamente ciascuna delle suddette piattaforme presenta differenti punti di forza e limiti. Nello specifico, gli *open-source* rispetto ai programmi proprietari offrono maggiore flessibilità e personalizzazione, ma possono richiedere competenze tecniche che larga parte dell’utenza non possiede, mentre i *software* proprietari offrono funzionalità avanzate non integrabili ma solitamente già *intuitive/user friendly*, sebbene abbiano costi sovente piuttosto elevati, aspetto che scoraggia all’uso amatoriale o nelle piccole realtà professionali. Infine, le piattaforme interamente online (*cloud based*), sia gratuite che a pagamento, garantiscono costante accessibilità ai dati, cosa che rende una

connessione internet robusta e veloce un requisito tanto indispensabile quanto non sempre disponibile [Hasan e Manna, 2022].

Sulla scorta di ciò, come detto, la scelta della piattaforma ideale dipende strettamente dall’uso previsto e dal risultato atteso. Un errore che si tende a fare però è quello basato su pregiudizi di scarsa performabilità tra *open-source* e *software* proprietari, relegando a un uso occasionale e alla digitalizzazione cosiddetta di base, i primi o le piattaforme *cloud* con piani gratuiti, mentre riservando alle esigenze professionali di gestione di volumi elevati di dati, i *software* proprietari credendo che offrano strumenti più completi. Senza entrare nel merito della diatriba informatica, vi è una vastissima letteratura che sfata questo falso mito e che, in certi specifici casi, eleva a migliori i *software* liberi rispetto a quelli di marchi registrati più blasonati e di maggiore uso. Questo in virtù del fatto che è l’utilizzo consapevole di queste tecnologie, in relazione al proprio scopo finale, che permette caso per caso di ottimizzare i flussi di lavoro, migliorare l’accesso alle informazioni e preservare il patrimonio culturale in qualsiasi forma si trovi o su qualsivoglia supporto. Per quel che concerne gli scopi di questo lavoro, le piattaforme di digitalizzazione 2D non si limitano ai meri documenti cartacei, ma spaziano anche in ambiti come il disegno tecnico (CAD) e la gestione di dati geografici (GIS). Nel primo caso, la digitalizzazione di disegni comporta la conversione di cartacei fisici o di loro immagini digitali provenienti da *scanner* in formati elettronici modificabili. Le piattaforme dedicate, come la più nota *Autodesk AutoCAD*, permettono di acquisire, elaborare e archiviare disegni tecnici, preservando le loro caratteristiche geometriche e i relativi metadati associati che, oltre alle funzionalità di digitalizzazione base, offrono anche processi avanzati per l’*editing*, l’analisi e la collaborazione tra utenti da remoto.

Un passo ulteriore nella direzione dell’uso dei metadati spaziali è la digitalizzazione di dati GIS, che si esplica nella conversione di mappe cartacee o digitali in formati elettronici geo-referenziati. Le piattaforme GIS, come le più note *ArcGIS* (*software* proprietario) e *QGIS* (s. *open-source*), consentono di creare mappe digitali interattive, previa l’acquisizione e la georeferenziazione di dati geografici provenienti da diverse fonti, utili per la sola visualizzazione fino all’analisi specifica. Senza pretesa di esaustività, le piattaforme citate sono utilizzate in modi flessibili e multidisciplinari.

ri da professionisti (e non) di svariati settori, come tecnici, archeologi, geologi, antropologi, biologi (non solo marini), medici, agronomi, ambientalisti e amministrazioni pubbliche, per la gestione e il monitoraggio di risorse territoriali o zone di interesse, la pianificazione di aree specifiche, l'analisi ambientale per la predittività di eventi naturali o di catastrofi antropiche, il controllo di rotte e flussi migratori umani ed animali (via terra, mare e cielo), etc.

Tutto ciò proprio per la grande versatilità dei software GIS di convertire dati geografici provenienti da diverse fonti (immagini satellitari, mappe cartacee, dati GPS, nuvole di punti, fotogrammetrie terrestri e aeree, documenti storico-archeologici, foto e video d'archivio) in formati digitali visionabili ed analizzabili sia da remoto, con le applicazioni desktop, che online mediante web GIS (da *Google Earth* a livello mondiale, ai Geoportali Nazionali e Regionali, fino a quelli prettamente archeologici Figg. 2.2) accessibili da qualsiasi *browser* [Arribas-Bel e Reades, 2022].

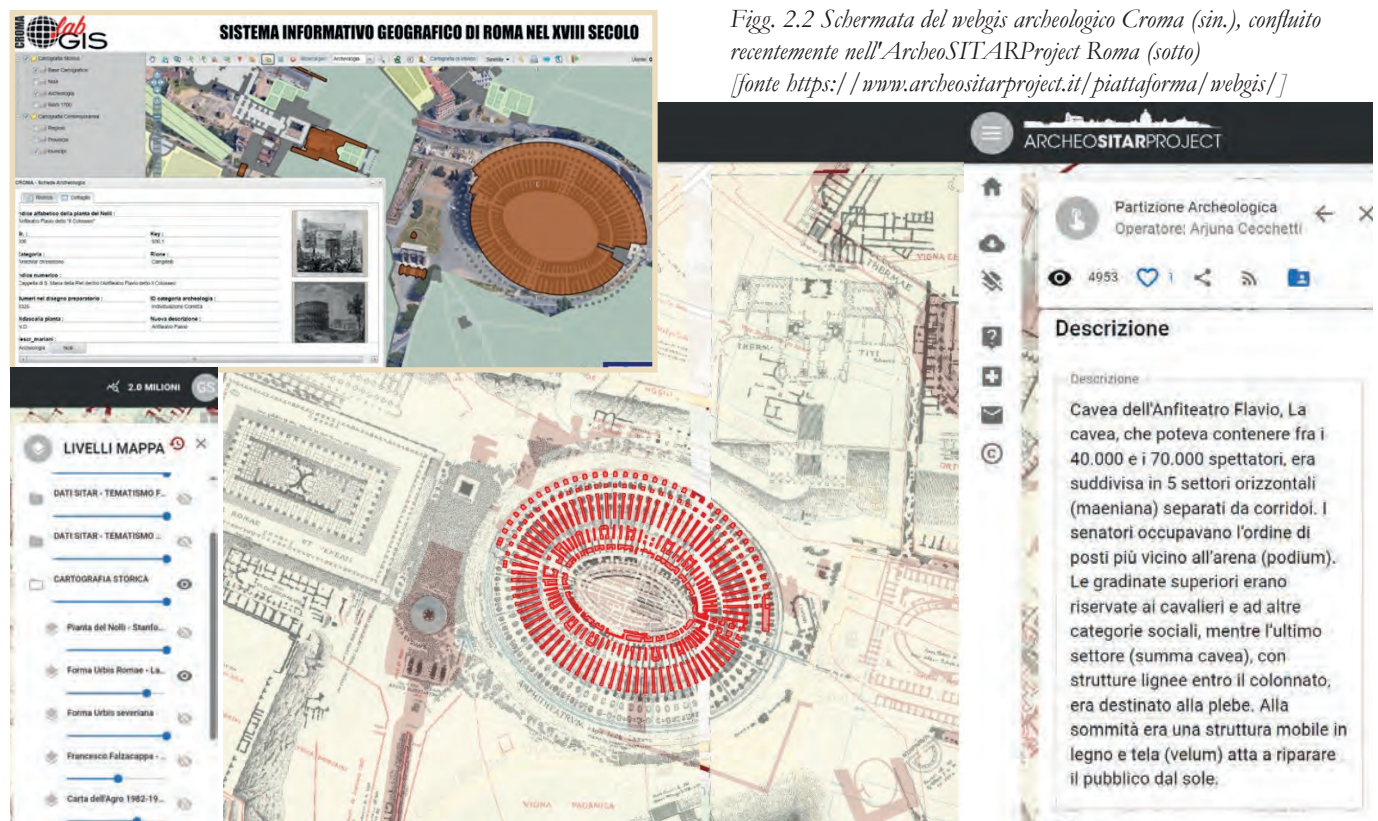
Tornando alla scelta del software “giusto”, occorre riflettere sul fatto che mentre i software CAD sono risorse potenti e precise per la creazione e la modifica di disegni anche particolarmente complessi, i GIS invece eccellono nell'analisi e gestione di dati geografici, sebbene ormai abbiano possibilità d'integrazione con i CAD o rilascino plug-in con strumenti interni di digitalizzazione grafica base e avanzata a livello dei primi. Infine, le piattaforme web GIS, anch'esse con tecnologia *cloud based*, sebbene favoriscano l'accessibilità

ai dati per la visione e la sola consultazione, precludono la possibilità d'implementazione partecipata oppure pongono profonde limitazioni alle modifiche, consentite solo a utenti autorizzati al login con credenziali [Veenendaal et al., 2022]. Sotto questo aspetto i software *standalone* offrono tutti gli strumenti di modifica, georiferimento, analisi e manipolazione di file *raster* (immagini in pixel) e vettoriali (come i CAD), oltre a un maggiore controllo e alla totale personalizzazione di stili e rappresentazioni.

I problemi che spesso sorgono e che diventano limiti difficilmente risolvibili sono relativi non tanto ai costi di implementazione e manutenzione di software e hardware che li accolgano e alla complessità tecnica nell'utilizzo di alcune piattaforme specifiche che possono essere superati, quanto ai problemi di compatibilità tra formati di registrazione o di output dei file proprietari che volutamente limitano l'interoperabilità tra piattaforme diverse.

Al di là di ciò, però, le potenzialità offerte dai programmi trattati sono conclamate e strettamente conformi agli obiettivi prefissi di preservazione del patrimonio digitale, grazie alla conversione in formati durevoli e sempre richiamabili, di accessibilità e fruizione, con la semplificazione della consultazione dei dati multi fonte e della condivisione di informazioni per quanto complesse, e di conseguente potenziamento dell'analisi di dati per trarne informazioni utili in differenti ambiti di applicazione che possono calamitare promozione e tradurla in valorizzazione.

Figg. 2.2 Schermata del webgis archeologico Croma (sin.), confluito recentemente nell'ArcheoSITARProject Roma (sotto)  
[fonte <https://www.archeositarproject.it/piattaforma/webgis/>]



### La scelta di QGIS

A valle del vaglio delle piattaforme 2D, specificamente per le analisi geospaziali, la scelta per i nostri scopi è ricaduta su QGIS, software *open source* che ha nel tempo conquistato un ruolo centrale in seno non soltanto alle professioni e alle pubbliche amministrazioni che lo preferiscono al corrispettivo proprietario, ma anche nel campo della ricerca scientifica, in virtù della capacità raggiunta di supportare una vasta gamma di applicazioni e generando di conseguenza una ricca letteratura scientifica. In particolare, le tematiche più discusse e approfondite, in relazione alla piattaforma gratuitamente fruibile e implementabile, sono riferibili al libero sviluppo di *plugin* e algoritmi da parte di ricercatori (ma anche semplici utenti della *community*) che li creano e li condividono per ampliarne funzionalità in diversi e specifici campi di studio. Proprio perché QGIS trova applicazione in svariati settori e in diverse discipline, occorre che vi sia una sempre più ampia integrazione con altri software, cosicché l'interoperabilità con software e strumenti di analisi (per esempio quella statistica) permetta di integrare dati provenienti da numerose fonti e concili, armonizzandoli, flussi di lavoro complessi, così da farli confluire in QGIS senza perdite o limitazioni [Cavallini, 2022].

Altro aspetto su cui si è focalizzato il dibattito scientifico è quello, non sempre semplice da attuare, sulla visualizzazione e comunicazione geospaziale, attraverso lo sviluppo di tecniche nuove di visualizzazione e restituzione dei dati al fine di comunicare in modo efficace informazioni spaziali complesse a un pubblico eterogeneo e non necessariamente attento tra gli addetti ai lavori [Graser e Olaya, 2023]. In linea con questo aspetto, la letteratura scientifica continua ad esplorare le potenzialità di QGIS nell'ambito delle cosiddette *web mapping* e *citizen science*, ovvero creare mappe interattive online al fine di coinvolgere il pubblico sia nella raccolta e analisi di dati geospaziali sia nella più agevole e semplificata fruizione degli stessi [Pánek, 2022]. Allo stesso modo ci si indirizza sull'insegnamento e sulla formazione a vario livello e grado, mediante lo sviluppo di materiali didattici, tutorial e attività pratiche integrate ai corsi per facilitare l'apprendimento non solo del programma in sé quanto di questo come ausilio alla didattica e all'istruzione coinvolgente in campi diversi della scienza e della tecnica [Çöltekin et al., 2023]. L'utilizzo del GIS nell'apprendimento, infatti, riporta numerosi vantaggi volti a stimolare e rendere partecipa-

tivo lo studio, migliorando la comprensione di concetti complessi attraverso modelli e visualizzazioni che aiutano gli studenti a "visualizzare" problemi e accadimenti dovuti a parecchie concause (es. cambiamento climatico, globalizzazione, migrazione, epidemie, ricostruzioni territoriali paleostoriche e archeologiche, etc), sviluppando ed esercitando le abilità di pensiero critico e decisionale, promuovendo l'apprendimento collaborativo e la comunicazione, rendendo al contempo l'apprendimento più piacevole con la creazione di mappe interattive e spaccati 3D [Kerski, 2021; Schulze et al., 2023].

Numerosi altri studi si focalizzano sull'acquisizione metodologica ormai assodata di QGIS in archeologia, sia per la gestione delle operazioni di scavo (didattico e accademico, ma anche a supporto della libera professione), della documentazione digitale (schedatura) che di rilievo e restituzione grafica, per la mappatura di reperti e infine per la ricostruzione di siti archeologici anche molto vasti, che spaziano dal settore archeologico puro a quello della gestione del territorio in seno agli uffici pubblici di tutela (Parchi e aree, Soprintendenze, etc.) [Calaon et al., 2023].

Allo stesso modo QGIS risulta sempre più largamente impiegato anche nel campo della pianificazione urbana e territoriale, per applicazioni che vanno dalla creazione di modelli 2D e 3D di città, alla predittività basata sull'analisi del traffico, fino alla simulazione realistica di scenari urbanistici futuri. Grazie alla sua flessibilità, si è rivelato uno strumento prezioso in ambito gestionale delle infrastrutture, nel monitoraggio e nella pianificazione di trasporti pubblici, così come per la valutazione dell'impatto ambientale sia per lo stato di fatto che per i prossimi progetti di sviluppo.

Alla fine di questa disamina, si vagliano insieme alle sfide anche le prospettive future, ossia la modellazione spaziale con il passaggio alla cartografia 3D, la sempre più impegnativa gestione di grandi volumi di dati ancora più poderosi (es. *big data*) degli attualmente sostenibili e continuamente incamerati, che richiedono quindi l'interoperabilità con le reti neurali di intelligenza artificiale (AI) e le tecnologie *cloud* integrabili o integrate, mantenendo le interfacce utente sempre il più intuitive possibili [Ullah et al., 2023]. Sebbene, al momento, QGIS non vanti un'integrazione diretta con l'intelligenza artificiale (AI) o le reti neurali all'interno del suo nucleo principale "di fabbrica", tuttavia la sua natura *open source* e la sua ampia comunità di utenti in veste

di sviluppatori permettono la creazione di *plugin* e strumenti esterni che sfruttano ogni nuovo avanzamento tecnologico per ampliarne le funzionalità. Dai *forum* ufficiali della *community* QGIS si evince che sono in corso diverse sperimentazioni, sia accademiche che individuali e private, che esplorano l'integrazione di AI e reti neurali in QGIS, molte delle quali finalizzate alla creazione di *plugin* che, sfruttando le reti neurali profonde (*deep learning*), riescano a classificare immagini satellitari e a riconoscere gli oggetti al loro interno, a estrarre determinate caratteristiche da dati *Lidar* o a eseguire l'analisi di *pattern* nei dati geospaziali scelti dall'utente. Altri *plugin* sperimentali basati su AI potrebbero in futuro automatizzare compiti ripetitivi, come la creazione di mappe tematiche, l'aggiornamento di dati geospaziali o la compilazione di campi predefiniti delle tabelle attributi nel database interno. Infine, le reti neurali potranno essere integrate per la creazione di modelli predittivi in ambiti di pianificazione, monitoraggio del territorio o di pericolosità, come la gestione dei rischi ambientali [Jiang et al., 2023].

La smisurata letteratura scientifica prodotta su QGIS concorda sulla sua crescente popolarità evidenziandone la versatilità, il rapido sviluppo, nonostante non vi sia un gruppo di programmatori (ossia dipendenti regolarmente assunti per questo lavoro) che vi si dedichi esclusivamente, e il suo impatto significativo nelle discipline tanto più disparate quanto distanti tra loro. Anche la continua crescita della comunità volontaria di ricerca e sviluppo sembra promettere, come ha già più volte realizzato in passato, un futuro ricco di ulteriori innovazioni e nuove applicazioni.

#### *Metodologie adottate per le elaborazioni 2D*

Seguendo la falsariga del primigenio progetto GIS<sup>6</sup> sviluppato in seno al Laboratorio di Studi docMe1908<sup>7</sup>, si è realizzata primariamente una profonda evoluzione possibile con ulteriori ampliamenti cronologici e soprattutto tematici, al fine di creare una base in cui far confluire gli studi e le elaborazioni possibili col proseguimento dello studio urbanistico-documentale riguardante, nel caso specifico, non solo la Messina pre- e post sismica dell'ultimo secolo, ma soprattutto le configurazioni che essa ha avuto nei periodo di massimi splendori, in epoche che, seppure studiate e approfondite in campi accademici, non sono mai messe a sistema in un unico bacino non solo contenitivo ma anche strumentale al confronto e al "racconto" diacronico multidisciplinare. Da questa base di partenza, la possibilità di creare un database storico-documentale interno

alla stessa piattaforma geografica 2D GIS, richiamabile a mezzo di schede multi-campo collegate ai singoli oggetti digitalizzati, consente di corollarli di una serie di metadati altrimenti difficilmente associabili da parte di programmi esterni e contestualmente consultabili. In questo senso, una previsione, in questa sede anteriore ma plausibile e anzi auspicabile, di interazione da parte delle Pubbliche Amministrazioni, delle scuole e anche dei singoli privati, nella compilazione di altri campi con informazioni differenti e originali e nell'arricchimento dell'archivio virtuale rientrerebbe in uno dei numerosi obiettivi 2030 di valore aggiunto e impatto socioeconomico, oltre che di promozione della ricerca, quanto più inclusiva possibile.

Per finire, lo sviluppo del progetto su piattaforma GIS, contenete "oggetti" provenienti da ambiti di ricerca multidisciplinare, può garantire la diffusione agevole della conoscenza, la reperibilità di diversi tipi di informazioni, non più prerogative degli addetti ai lavori ma flessibili per ogni utenza, e la possibilità di archiviare dati di diversa natura (testuali, audio, video, grafica bidimensionale e ricostruzioni 3D, multimediali, etc.) per garantirne la salvaguardia e insieme la divulgazione.

#### 2.1.3 PIATTAFORME 3D PER LA TRANSIZIONE DIGITALE E LA RESTITUZIONE IMMERSIVA

Le piattaforme 3D stanno assumendo un ruolo sempre più cruciale nel complesso quanto spedito processo di transizione digitale nell'ambito dei più svariati settori, offrendo nuove possibilità per la restituzione immersiva di dati, ambienti ed esperienze a tal punto da stare rivoluzionando il modo in cui si interagisce con l'informazione digitale, dal momento che produce rappresentazioni più intuitive e coinvolgenti della realtà tangibile.

Volendo entrare nel merito della loro evoluzione, in generale le piattaforme 3D hanno subito una fulminea evoluzione negli ultimi anni, passando da semplici visualizzazioni statiche alla restituzione di ambienti interattivi e sempre più verosimili da essere chiamati "immersivi" proprio per la resa realistica del loro originale – nel caso di gemelli digitali - o dell'idea nativa – se immaginari [Bekele et al., 2018]. Si è passati, cioè, dalle visualizzazioni statiche, proprie delle primissime piattaforme 3D, che permettevano essenzialmente soltanto rotazioni e visualizzazioni/ingrandimenti (zoom) limitati, a modelli completamente interattivi [Remondino, 2011]. Altro aggiornamento non indifferente è stato attuato relativamente all'aumento della complessità e del realismo

nei modelli 3D, grazie a tecniche sempre più avanzate di *rendering* e *texturing* ed a macchine dotate di hardware adeguatamente performanti per spingersi a livelli di realismo impensabili fino a un decennio fa [Pintore, 2014]. Inoltre, le piattaforme moderne non si limitano alla rappresentazione visiva ma, in virtù dell'integrazione di dati multidimensionali, consentono analisi ancora più approfondite [Scopigno et al., 2017]. Infine, con l'avvento della realtà virtuale e aumentata, è stato possibile ricostruire scenari completamente immersivi, all'interno dei quali l'utente interagisce con l'ambiente 3D in modo naturale e, una volta presa dimestichezza con i comandi e abitudine alla visione, sempre più disinvolto [Esmaili et al., 2017].

Tra i risvolti positivi di queste tecnologie, non bisogna dimenticare né sottostimare la conquista di una nuova e totale accessibilità, non solo in termini di piattaforme 3D disponibili su dispositivi mobili e browser web, senza necessità di software specializzati o competenze eccezionali, ma pure di facilità di ingresso ai dati, della loro acquisizione, consultazione o modifica per scopi diversi e in differenti ambiti di innovativa applicabilità e assodata applicazione [Di Benedetto et al., 2014]. Uno dei motivi di questa “rivoluzione” è dovuta al supporto della collaborazione in tempo reale, ossia permettendo a più utenti di interagire simultaneamente nello stesso ambiente virtuale e lavorando sullo stesso oggetto digitale o su differenti con il vantaggio di rilevare contemporaneamente e in tempo reale le modifiche attuate come se si fosse tutti riuniti in un medesimo ambiente reale, ascoltando e vedendo le stesse cose oltre che potendovi entrare in contatto come con oggetti tangibili [Churchill e Snowdon, 1998]. Ma è solo grazie ai progressi nei motori grafici, come *Unity* e *Unreal Engine*, e i paralleli avanzamenti tecnologici nel settore degli *hardware* che è stato possibile conferire un radicale miglioramento in termini di qualità visiva e, per proprietà transitiva, delle prestazioni all'interno delle piattaforme 3D [Christopoulou et al., 2017].

Al fine di superare i limiti di “dialogo” e interazione tra prodotti derivati da differenti piattaforme e case madri, si sta lavorando sempre più attivamente allo sviluppo di standard e normalizzazioni non solo per migliorarne l'interoperabilità, ma soprattutto per facilitare la condivisione e il riutilizzo dei modelli 3D senza alcuna perdita di dati o metadati nella trasmigrazione e nella decodifica, aspetto che si è rivelato più che spinoso e difficile da sanare [Schilling et al., 2016]. Infine, dal momento che in questo contesto storico l'Intelligenza Artificiale sta giocando un ruolo sempre

più importante nei più disparati piani della vita e degli ambiti applicativi, la sua integrazione in seno alle piattaforme 3D si sta rivelando un passo profondamente migliorativo sia nell'interazione diretta con l'utente che con la facilitazione dei processi derivati da comandi iterativi o, spingendo ancora di più sulle avanguardie, con l'esplorazione di analisi predittive basate sui dati 3D presenti nei database sia propri che consultabili online [Huang et al., 2021]. Lo stesso dicasi per il processo d'integrazione con l'Internet delle Cose (*IoT*), grazie a cui le piattaforme permettono la visualizzazione dei *Big Data* provenienti da sensori posti nel mondo fisico e vi accedono interagendo in tempo reale sia attraverso comandi umani manuali che in automatico servendosi di reti neurali preinstallate che possono anche perpetrare una prima scrematura e facilitare il lavoro all'utente finale [Grieves e Vickers, 2017].

Tutti questi aspetti evolutivi, da soli e poi messi a sistema, hanno trasformato le piattaforme 3D da meri strumenti di visualizzazione statica - e quindi passiva - a potenti ambienti immersivi e interattivi, aprendo nuove possibilità applicative e di sviluppo ulteriore in campi come l'educazione, la ricerca scientifica, l'ingegneria, la conservazione del patrimonio culturale, il monitoraggio e la gestione dei rischi, etc. Entrando nel merito delle applicazioni nell'ambito conservativo del patrimonio culturale, ove ormai le piattaforme 3D sono ampiamente impiegate per la digitalizzazione e la restituzione immersiva del patrimonio culturale, con metodologie sempre più ambiziose e sperimentazioni avanguardistiche, così da permettere la conservazione digitale di duplicati con dettagli che li rendono ormai quasi indistinguibili dagli originali e l'accesso globale a siti e artefatti esistenti, perduti o ipotizzati specialmente nelle ricostruzioni virtuali su base scientifica [Statham, 2019]. Infatti, è grazie alla creazione di copie digitali metricamente e simil-metricamente precise di oggetti e strutture storiche che se ne preserva l'interesse/la globalità e i dettagli per le generazioni future [Remondino e Rizzi, 2010], così come con la ricostruzione virtuale di siti archeologici e monumenti, si può sperimentare visivamente come apparivano in diverse epoche storiche e, in particolari casi, interagire con gli ambienti restituiti [Guidi et al., 2014]. Nell'ambito della conservazione preventiva, poi, i modelli 3D particolarmente accurati ammettono il monitoraggio, la gestione e la valutazione dello stato di conservazione di interi siti e singoli oggetti nel tempo, facilitando pertanto la programmazione manutentiva, l'elaborazione di crono-programmi o l'attua-

zione di interventi preventivi sulla scorta del grado di avanzamento dei degradi o di classe di rischio [Barazzetti et al., 2015]. Su questa scia, la possibilità che si affaccia è anche quella di sfruttare i modelli 3D per avviare analisi dettagliate ma totalmente non invasive, come per esempio lo studio delle tecniche costruttive antiche o l'analisi dei materiali [Luhmann, 2013]. A partire da questi studi e verifiche, si aprono un ventaglio di diverse possibilità come il vaglio delle ipotesi di restauro, da testare all'interno dell'ambiente virtuale prima di agire fisicamente e in modo irreversibile sull'oggetto reale, col duplice fine di verificare e/o confrontare visivamente le supposizioni e programmare la sequenza di azioni come in un tutorial preventivo e propedeutico all'intervento [Scopigno, 2017]. A latere di queste opportunità operative, vi è quella di creare e d'implementare archivi digitali collegati e consultabili per permettere la conservazione a lungo termine di informazioni dettagliate su artefatti e siti culturali su cui si è intervenuti o si sta procedendo e insieme una serie di suggerimenti o *best practice* collegati ai singoli esempi che fungano da "precedenti" o da tutoraggio a discenti o a professionisti di settore [Pavlidis et al., 2007]. Ancora più evidente negli ultimi anni è come in tal modo si facilitino le collaborazioni a diverso titolo tra scienziati ed esperti di tutto il mondo, mediante lo studio congiunto di siti e artefatti a distanza [Forte e Siliotti, 1997]. Proprio grazie all'opportunità di accesso virtuale, specificatamente per i siti culturali remoti, fragili o versanti in stati critici di pericolo per la fruizione in loco (pericoli di crolli, cantieri in corso, manutenzione ordinaria o straordinaria, attività scientifica che creerebbe interferenze invalicabili, etc.), si va a ridurre contemporaneamente l'impatto del turismo fisico e se ne aumenta l'accessibilità globale per questioni sia di abbattimento delle barriere fisiche e cognitive che per scopi di autopromozione al passo con le generazioni digitali [Gonizzi et al., 2015]. Sono questi, infatti, i nuovi modi interattivi per insegnare e diffondere la cultura, rendendo l'apprendimento sempre più coinvolgente e accessibile a tutte le categorie di utenza [Ott e Pozzi, 2011]: l'integrazione di modelli 3D con la realtà aumentata, che si esplica nella sovrapposizione di informazioni digitali sui siti reali, migliorando l'esperienza dei fruitori (da remoto) e dei visitatori (dal vivo); la riproduzione fisica, a partire dai modelli 3D, di artefatti estremamente accurati e realizzati tramite stampa 3D si rivelano particolarmente utili come supporti di conoscenza per scopi educativi ed espositivi ma soprattutto come supporti per l'inclusività di soggetti con limita-

zioni visive (parziali o totali) oppure cognitive. Proprio in tal modo le piattaforme 3D non solo aiutano a conservare il passato e diffonderne la conoscenza, ma lo rendono anche più accessibile e comprensibile per un pubblico globale.

Approfondendo ulteriormente gli orizzonti di apprendimento basato sulla simulazione [Makransky et al., 2021], è immediato pensare a come gli ambienti 3D permettano di creare simulazioni molto realistiche, ma forse non è così immediato immaginare in quanti differenti modi esse possano essere declinate in quasi tutti i campi applicativi del sapere umano e della tecnica. Senza voler esulare dai confini del presente studio, le applicazioni in campo didattico vanno dalla progettazione, test e visualizzazione di modelli complessi a vari gradi di istruzione, dalle scuole primarie alle facoltà universitarie [Abulrub et al., 2011], all'esplorazione di ecosistemi, strutture molecolari e fenomeni naturali [Merchant et al., 2014] passando per la formazione nell'ambito di procedure, *soft skills* e gestione di situazioni critiche [Lau e Lee, 2015], per l'apprendimento delle lingue mediante immersione glottologica e culturale. Inoltre, si incentiva l'apprendimento inclusivo grazie alle nuove opportunità per studenti con disabilità ed esigenze speciali offerte dagli ambienti virtuali [Freina e Ott, 2015] così come si possono vagliare le prestazioni di apprendimento in ambienti simulati [Dawley e Dede, 2014] e s'incentiva la collaborazione tra studenti geograficamente e/o culturalmente distanti [Bailenson et al., 2008]. In questo modo, permanendo in ambito didattico ossia in un ambiente totalmente sicuro e controllato, si sperimentano scenari del mondo reale, incoraggiando l'apprendimento esperienziale e lo sviluppo di competenze pratiche. Tuttavia, la cauta integrazione di queste tecnologie nell'istruzione richiede una attenzione peculiare nella programmazione pedagogica e riflessioni ponderate sulle differenze individuali dei discenti. A valle di tutto ciò e nonostante i progressi, le piattaforme 3D affrontano ancora sfide in termini di prestazioni, accessibilità e facilità d'uso, specialmente per la fetta di utenza non esperta o addirittura non tecnologica, sebbene i risultati dell'impatto sulla percezione e l'appetibilità (il cosiddetto *engagement*) hanno dimostrato di aumentare significativamente la curiosità e la comprensione degli utenti nei confronti delle tecnologie 3D rispetto ai metodi tradizionali di presentazione [Ferdani et al., 2020].

Altri aspetti fondamentali riguardano ancora più specificatamente la divulgazione e l'incentivo al turismo fisico e virtuale, per tale ragione la digitalizzazione del patrimonio

culturale in generale - e dei beni archeologici in particolare - è nel tempo divenuta un aspetto sempre più cruciale per preservare la memoria collettiva e diffondere le testimonianze persistenti del passato. Grazie ai progressi delle tecnologie digitali tridimensionali, come la ricostruzione e la visualizzazione 3D, le istituzioni culturali in stretta sinergia con enti di tutela, laboratori di ricerca, strutture accademiche ed erogatori privati di servizi per il patrimonio culturale, stanno sempre più sfruttando questi strumenti per migliorare l'esperienza dei visitatori, promuovere iniziative educative e, più ampiamente, favorire il turismo. [Aliprantis e Caridakis, 2019]. In tale ottica, l'importanza della documentazione digitale del patrimonio culturale e naturale è riconosciuta e fortemente sentita a livello globale, innescando una crescente spinta per documentare e preservare tutte le diverse tipologie di beni, inestimabili perché irripetibili, in formati digitali [Remondino e Rizzi, 2010].

In tal senso, lo sviluppo continuo di nuovi sensori integrati alla strumentazione esistente, diverse e commiste metodologie di acquisizione dei dati spaziali e rappresentazioni multi-risoluzione, nonché il miglioramento di quelle esistenti, sta contribuendo in modo incisivo sulla crescente qualità e speditezza della documentazione 3D, finalizzata alla conservazione e alla presentazione digitale non solo dei singoli oggetti ma di siti e aggregati storici nella loro interezza (contenuti e contenitore).

In particolare, il processo di digitalizzazione di edifici storici e complesso di elementi del patrimonio culturale è una tecnologia chiave ormai avanzata ma che richiede ulteriori sviluppi, già a partire dalle tecniche di *reverse engineering* con l'utilizzo di scanner laser 3D per recuperare dati espressi in nuvole di punti e costruire modelli 3D. Tecnologie che, non solo forniscono una riproduzione geometrica precisa di oggetti tridimensionali, possono anche incorporare informazioni sul colore tramite l'uso di fotocamere calibrate [López et al., 2018], aspetto sempre in fase di miglioramento tecnologico e metodologico integrato.

Questo perché la digitalizzazione 3D del patrimonio culturale ha, tra le diverse motivazioni, quella fondamentale di garantire quanto più fedelmente possibile la conservazione delle informazioni sulla forma e l'aspetto di un oggetto, che sia perfettamente conservato e protetto oppure minacciato dal tempo e da agenti esterni. In questa ottica, si rivela vitale cercare di diffondere le "raccolte" di media digitali a un pubblico più ampio attraverso differenti canali, al di fuori delle sale dei musei fisici creandone di virtuali, rea-

lizzare repliche di ogni opera possibile per perpetuarne la memoria e la conservazione, oltre che allo scopo di riuscire a identificare opere d'arte contraffatte [Brovelli et al., 2022].

#### *Strumentazione impiegata*

Tra tutta la dotazione tecnologica di cui si è fatta una rapida trattazione, il Laboratorio 6R<sup>8</sup> del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli studi di Messina è in possesso di alcuni strumenti per il rilievo e la restituzione digitale di architetture storiche. A partire dalla scansione laser con *Leica BLK360* a tempo di volo (*Time-of-Flight: ToF*), ossia effettuando il rilevamento attraverso la misura del tempo impiegato dal raggio laser per raggiungere l'oggetto e ritornare al sensore di partenza, per arrivare alla integrazione con fotogrammetria terrestre (*Reflex Nikon D3200* e obiettivo *Nikkor 18-185mm*) e da drone *Dji Mavic 3T* (con termocamera e modulo RTK integrati), che invece ricava informazioni 3D da una serie di immagini 2D acquisite da differenti angolazioni. Grazie agli algoritmi di *Structure from Motion (SfM)* e *Multi-View Stereo (MVS)* è possibile la restituzione della geometria ricostruita e della *texture* fotografica dell'oggetto rilevato.

Come accennato, i *software* di elaborazione dati 3D, siano essi provenienti da laserscanner o da fotogrammetria terrestre e/o aerea, sono strumenti essenziali nel *workflow* di digitalizzazione 3D, la cui scelta dipende sempre caso per caso dalle specifiche esigenze del progetto, dal tipo di dati di input e dai risultati attesi proprio perché i dati acquisiti richiedono un'elaborazione complessa perché il modello 3D restituito sia efficacemente accurato.

Per quanto riguarda procedura *standard*, la digitalizzazione deve passare dalle fasi di registrazione, filtraggio o pulizia, creazione dei *meshes* e delle *textures*. Il primo passaggio imprescindibile è infatti quello di registrazione, ovvero di allineamento delle diverse scansioni o immagini all'interno di un unico sistema di riferimento, con o senza necessariamente un ulteriore passaggio – sebbene solitamente imprescindibile – con rimozione del rumore e correzione di eventuali artefatti presenti. Tutto ciò in quanto è difficile effettuare un rilievo senza interferenze di alcun genere (umane, riflessi da oggetti lucidi o altre anomalie dovute a condizioni ambientali incostanti). Si prosegue con la generazione di una superficie poligonale (*mesh*) continua a partire dalla nuvola di punti e, infine per rendere il modello più realistico, con l'applicazione di informazioni di colore e materiale (*texture* fotografica) al modello geometrico.

Nel caso in questione, le registrazioni sono state sperimen-

tate in modi diversi per testare i *software* a disposizione: per le nuvole provenienti dal *laserscanner* è stato necessario il programma della casa madre dello strumento *Cyclone Register 360*, che oltre a “decriptare” le stazioni di rilievo dal proprio formato nuvola in altri comuni ed esportabili (*las*, *.e57*, etc) ha effettuato spesso in automatico il riconoscimento e l'allineamento immediato in fase di lavoro (app su *tablet* e *smartphone*); per l'apparato fotogrammetrico soprattutto derivato da voli con ausilio di drone, invece, è stato usato *Agisoft Metashape 19* per tutto l'iter di registrazione, pulizia e creazione delle superfici 3D, poiché gli *open source Meshlab v2023.12* e *Cloudcompare v2.14alpha* (e precedenti) durante i test non hanno retto la pesantezza delle nuvole di partenza, andando in *crash* già alle prime elaborazioni.

Infine, per la scelta del programma utile alla creazione di esperienze immersive e interattive, che consentono di esplorare virtualmente i modelli 3D così creati ed esportati in formati leggibili e interscambiabili, si è eseguita una prova comparativa tra i motori più comuni in uso: *Unity* e *Unreal Engine*, cercando in un primo tempo una piattaforma che accogliesse anche formati di *output* BIM cosiddetti di interscambio (*.ifc*) e da cui potesse partire per la virtualizzazione in un'ottica di futura metaversione. Quel che è emerso è stato che nessuno dei due, a meno di un *plugin* a pagamento nel solo caso di *Unity*, supportasse questa possibilità, motivo per il quale si dovuta attuare la scelta di abbandonare tale via e di creare i due modelli 3D che operassero indipendentemente, così da viaggiare sul doppio binario dell'uso per gli addetti ai lavori (BIM) e per la divulgazione a scopo didattico o turistico.

#### Risultati attesi

Come detto precedentemente in modo generico, a scopi di documentazione e conservazione in ambito storico-archeologico, la digitalizzazione 3D consente di creare registri schedati estremamente accurati e dettagliati di siti archeologici, dei reperti e dei manufatti rinvenuti, preservandoli soprattutto in ottica di salvaguardia di quegli specifici luoghi e delle strutture che presentano fragilità strutturale o sono a rischio di deterioramento nel tempo a causa di fattori ambientali o antropici. Nell'ottica della ricerca, i dati digitali ricavati possono essere sfruttati per condurre analisi approfondite sui siti archeologici, rivelando dettagli significativi che normalmente resterebbero invisibili all'occhio umano procedendo con i metodi di studio tradizionale. L'approccio analitico siffatto non solo offre la possibilità di scoprire nuove informazioni, ma fa-

vorisce anche una comprensione più esaustiva e sfumata delle testimonianze sopravvissute del passato, permettendo anche di evolvere le conoscenze e di approfondire l'interpretazione dei dati reperiti. Al contempo, le ricostruzioni virtuali di siti archeologici scomparsi o danneggiati restituiscono al pubblico la possibilità di esplorare luoghi e manufatti come se fossero ancora incorrotti e intatti.

Nell'ambito della divulgazione archeologica a scopi didattico e turistico, ricostruire in 3D facilita agli studenti e fruitori l'apprendimento del patrimonio culturale in modo immersivo e interattivo, esplorando virtualmente in prima persona siti archeologici, musei e monumenti. Grazie a questo approccio, oltre a sperimentare un'esperienza formativa unica, immergendosi nelle storie e nelle ambientazioni di diverse epoche attraverso una narrazione visiva e coinvolgente, gli studenti - ma anche un pubblico di uditori generico - raggiungono una comprensione più profonda e personale dei contesti storici e culturali che più agevolmente si fissano in mente per immagini.

Infine, il supporto offerto dai gemelli digitali di oggetti archeologici e manufatti, che a partire dai rilievi possono essere stampati in 3D, permettendo a tutti (studenti, turisti, utenza con necessità specifiche) di interagire con essi in modo diretto e di approfondirne così la conoscenza, mediante l'esperienza tattile a resa spaziale. Oltre a osservare i dettagli di ciascun oggetto da diverse angolazioni, si offre anche l'opportunità di toccare e manipolare i modelli realizzati in scala, favorendo un apprendimento esperienziale che stimola la curiosità e il desiderio di esplorare ulteriormente il passato. Vale lo stesso se i modelli o le ambientazioni sono sviluppate nell'ambito della cosiddetta *Gamification*, ovvero per realizzare giochi educativi (*serious games*) che coinvolgono l'utenza in un processo di apprendimento ludico, cosicché le informazioni e i concetti possano essere presentati in formati accattivanti e interattivi, trasformando soprattutto l'istruzione in un'attività dinamica che incoraggi e fortifichi le predisposizioni al *problem-solving* e alla collaborazione. Parallelamente, i turisti che così hanno l'opportunità di esplorare virtualmente musei, siti archeologici e monumenti da ogni angolo del pianeta, anche nel caso in cui non possano recarsi fisicamente in questi luoghi, creano una forma innovativa di turismo digitale che consenta di superare le barriere geografiche e temporali, sperimentando un'esperienza culturale diversificata e specifica per chi desidera approfondire la propria conoscenza del patrimonio mondiale comodamente da remoto.

Ormai i musei 4.0 dispongono sempre più spesso di guide multimediali generalmente interattive, arricchite con contenuti 3D che, in virtù dell'interattività e della presenza di elementi visuali tridimensionali, immergono completamente il visitatore nell'ambiente culturale, fornendo al contempo informazioni dettagliate altrimenti non facilmente accessibili. Tali obiettivi sono perfettamente in linea con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza che, all'interno della Missione 1 (Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo), riconosce come volano per il rilancio dell'economia nazionale il turismo (12% del Pil) unitamente alla cultura mediante la fruibilità e accessibilità implementate con investimenti digitali per la rimozione di barriere fisiche e cognitive al patrimonio (Fig. 2.3).

Lo stesso dicasi per quanto esposto nella Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) che, al punto inerente le Tecnologie per il Patrimonio Culturale (5.1.13), si esprime in questi termini: «L'area Tecnologie per il Patrimonio Culturale fa riferimento a un set ampio di domini di conoscenza, riconducibili ad ambiti industriali differenti: [...] gestione del patrimonio storico-artistico-architettonico: attività aventi a che fare con la conservazione, la fruizione e la messa a valore del patrimonio culturale, tanto nelle sue dimensioni tangibili (musei, biblioteche, archivi, ecc.) che in quelle intangibili (gestione di luoghi storici, edifici o monumenti) [...]».

Per tutti i motivi suddetti la digitalizzazione 3D rappresenta uno strumento imprescindibile per raggiungere una valorizzazione del patrimonio culturale efficace e democratica, tale da renderlo non solo più accessibile, ma anche particolarmente attraente per un pubblico di dimensioni più ampie e di natura diversificata al fine di promuoverne la conservazione e incoraggiare la fruizione più attiva da parte di un numero crescente di persone, stimolandone l'interesse verso la storia degli uomini e dei luoghi.

#### Metodologie adottate per le restituzioni 3D

In concomitanza con la compilazione del database interno al GIS del laboratorio docMe1908 e allo scopo di inserirvi i prodotti 2D, si è intrapreso il lavoro di modellazione tridimensionale sia in termini puramente tipologici che, soprattutto, nell'ottica dello sviluppo di metodologie d'ibridazione, quali *scan to H-Bim* predisposto per il Metaverso, così che anche la fetta più tecnica di utenti possa usufruire di informazioni fondamentali (contenute nativamente o sviluppate *ad hoc* nei database BIM) ai fini della conservazione, del restauro ma anche di qualsiasi inter-



Fig. 2.3 Obiettivi del P.N.R.R. dello Stato italiano per l'ambito M1C3 Turismo e Cultura. (fonte web, aprile 2023)

vento programmabile sull'edilizia esistente, soprattutto se storica, vincolata o meno (Fig. 2.4). D'altro canto, le restituzioni virtuali e ancora di più quelle trasposte in realtà aumentata oppure stampate in 3D (anche come supporti sensoriali) sono necessarie a favorire maggiormente la comprensione oltre che la curiosità, in un'ottica di utilizzo sia a scopi ampiamente didattico-divulgativi che puramente turistici con spiccata inclusività.

In ultimo, predisporre quanto in questa sede prodotto all'apertura e alla diffusione massiva che potrebbero avvenire mediante la pubblicazione di parti tematiche in uno o più spazi web (siti di musei e organizzazioni turistiche, università e scuole, etc.) in veste di *web-HGIS* e *cloudH-BIM* piuttosto semplificato, così da fungere da "demo" per la richiesta di pacchetti mirati da parte di enti o categorie di utenza specifiche.

Per quanto riguarda l'ambito didattico e turistico, si è scelto di sviluppare e mettere a disposizione diversi supporti di comprensione che affianchino sia le possibili visite *in situ* delle sopravvivenze del patrimonio storico-architettonico messinese, che, in modo complementare, da remoto.

La doppia via che si biforca segue quindi il tema centrale dell'accessibilità, non solo dei luoghi o dei siti in sé, ma anche del loro circondario (es. zone precluse, di limitato richiamo o degradate) e pone lo spinoso problema pri-

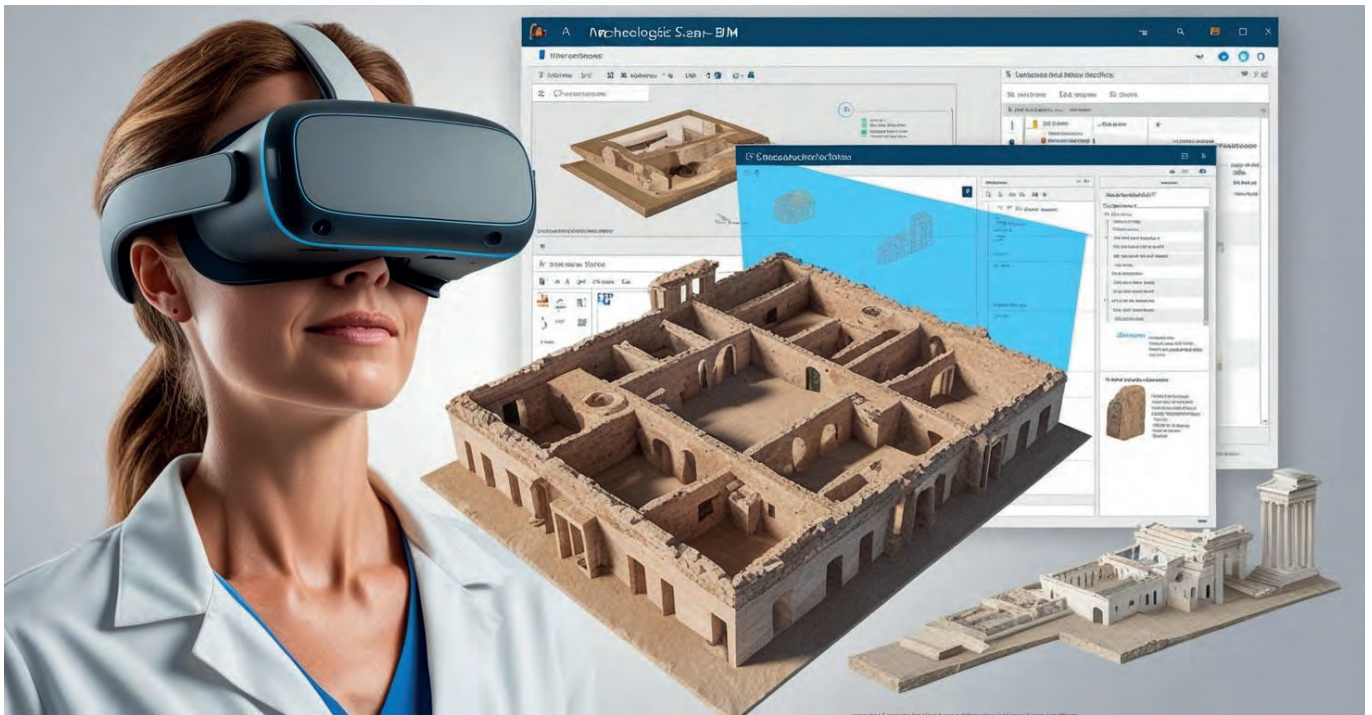


Fig. 2.4 Processo di virtualizzazione, da scan-to-BIM a realtà immersiva [elab. Autrice con ausilio di AI generativa Dream Lab di Canva, agosto 2024]

mario della raggiungibilità (che diventa anche funzione dell'appetibilità) infrastrutturale e della mobilità pubblica, aspetti che però rimandano ad ambiti e competenze qui ovviamente non coinvolgibili. Per questo motivo occorre fare in modo che un luogo fisico, spesso svantaggiato primariamente dalla propria localizzazione, si “sposti” virtualmente in un altro (o meglio ancora, se in più d'uno) o che luoghi tra loro lontani siano virtualmente avvicinati, così da avviare analisi altrimenti se non impossibili quantomeno complicate.

In un progetto di conservazione e valorizzazione del tangibile, che non diventi statico, è necessario realizzare una fruibilità altra, delocalizzata, e immersiva, puntando alle potenzialità offerte dalle realtà alternative, miste: esempi ne sono la realtà aumentata, sensoriale, virtuale in app che coinvolgono - in modi diversi - tutte le fasce d'età.

Così, dalle nuvole di punti dei rilievi eseguiti con laser scanner o con l'ausilio di un drone, è possibile riprodurre modelli tridimensionali di edifici, che siano sopravvissuti o meno al tempo e alle vicende storiche, o di vestigia archeologiche che purtroppo poco spesso si prestano alla comprensione immediata, mediante supporti adeguati alle

specifiche esigenze da collocare in luoghi “strategici”, garantendo così la migliore fruibilità della conoscenza di luoghi o di specifici elementi urbani, al doppio scopo di avere un supporto integrativo alla comprensione che uno tattile. Un ulteriore obiettivo della ricerca si articola a partire dall'osservazione che la creazione di modelli tridimensionali, oltre alla possibilità di fungere da database per le attività di manutenzione programmata ed eventuali interventi di consolidamento, restauro conservativo e musealizzazione del patrimonio storico o archeologico, servirebbero anche alle soluzioni di realtà aumentata (*app* eseguibili *in situ*) o ricostruzione virtuale visiva in stanze immersive (*caves*) per quel che riguarda sia il patrimonio ricostruito grazie a dati documentari e quindi nella realtà non più esistenti, che per i luoghi negati o poco facilmente accessibili (Figg. 2.5). In particolare, il database includerebbe oltre alle informazioni grafiche, fotografiche, storiche, tecniche, anche tutte le valutazioni di rischio e le possibili soluzioni, tarate sulla previsione di intervento e che devono sempre essere preliminari agli studi di fattibilità di interventi sull'esistente, soprattutto su edilizia vincolata o interi siti d'interesse storico, archeologico e paesaggistico.



Figg. 2.5 Esempi di ricostruzioni presenti all'interno del Museo Archeologico Virtuale (MAV) presso Ercolano (Na). In alto la cosiddetta Domus del Poeta Tragico di Pompei, in basso la Villa dei Papiri di Ercolano. [fonte <https://www.museomav.it/museo/> luglio 2022]

## 2.2 Indirizzi metodologici comprovati da test applicativi

In questa fase di avanzamento della ricerca, ci si è proposti di esaminare le principali problematiche metodologiche emerse durante una serie di test applicativi di digitalizzazione 2D e 3D, condotti su un campione diversificato di casi studio che i Laboratori doCme1908 (per la parte documentale 2D) e 6R (per i rilievi digitali 3D) del Dipartimento di Ingegneria UniMe hanno fornito a chi scrive l'occasione di eseguire e vagliare. Particolare attenzione è stata dedicata, per quel che riguarda la digitalizzazione 3D, a questioni focali che influenzano la qualità e la versatilità dei modelli prodotti quali la resa geometrica e quindi l'accuratezza metrica restituita dai diversi strumenti e dal loro uso contestuale, la fedeltà cromatica e la resa "fotografica", la gestione dei dati

in uscita, l'eventuale interoperabilità dei formati e infine l'integrazione con altre metodologie di documentazione. Saranno, quindi, fatte emergere le implicazioni che tali problematiche riflettono sull'affidabilità scientifica dei modelli 3D prodotti e gli aspetti o le prescrizioni per il loro utilizzo in ambiti diversi, come quello rigorosamente didattico o accademico, divulgativo, turistico e museale. Andando per ordine, in primo luogo si è concentrata l'attenzione sulla resa geometrica e l'accuratezza metrica, aspetti fondamentali per garantire che i modelli 3D reproducano quanto più fedelmente possibile le dimensioni e le proporzioni sia degli oggetti di dettaglio sia degli ambienti reali. Per far ciò, sono stati analizzati e messi a confronto alcuni strumenti di scansione e fotogram-

metria a disposizione del laboratorio 6R, valutandone le prestazioni in termini di precisione metrica e risoluzione grafica. Inoltre, è stato osservato/studiato l'impatto dell'uso contestuale dei suddetti strumenti, in termini di combinazione tra diverse tecniche e come questa possa influenzare la qualità complessiva del risultato. *A latere* si è sperimentalmente testato come ottenere la migliore riproduzione possibile dei colori e delle *texture* superficiali, elementi essenziali per una rappresentazione realistica e dettagliata, con la variazione di parametri fotografici (risoluzione in pixel, luci a seconda degli orari di esposizione durante i rilievi, saturazione, etc.) e ambientali (orientamento geografico, problemi termini, luminosi, igroscopici, etc.) in differenti contesti di ripresa e con il supporto di diversi software in post-produzione. In altri termini sono state esplorate varie tecniche di acquisizione e di elaborazione del colore, nonché metodi per integrare informazioni fotografiche ad alta risoluzione nei modelli 3D. In questa ottica rilevante importanza è stata conferita alla gestione dei dati in uscita, ossia procedendo all'ottimizzazione dei file 3D per bilanciare la qualità con le considerevoli dimensioni dei dati grezzi, garantendo che i modelli finali possano essere utilizzabili su diverse macchine non necessariamente performanti e su varie piattaforme senza che l'alleggerimento comporti una perdita di dettagli essenziali. Si è anche rilevata e affrontata la questione della conservazione a lungo termine di questi dati digitali, che per caratteristiche native e vetustà della strumentazione spesso sono quasi inutilizzabili col passare del tempo e dei formati di decodifica, proprio perché l'interoperabilità dei formati si rivela un tallone d'Achille non trascurabile. Si è cercato di identificare e virare sull'uso di formati di interscambio, che in tal modo permettano la massima compatibilità tra diversi *software* e piattaforme e facilitino lo scambio e l'utilizzo dei modelli 3D in vari contesti, mirando alla longevità dei dati e del loro utilizzo anche a grande distanza di tempo (cfr. rilievi nel sito di Philosophiana). Infine, è stata esplorata la possibilità e i procedimenti d'integrazione della digitalizzazione 3D con altre metodologie di documentazione sia tradizionali che innovative, approccio che mira a creare un allegato più completo e multidimensionale mediante la combinazione dei vantaggi propri dei modelli 3D con altre forme di registrazione e analisi. Tutti questi aspetti e problematiche, riferibili alla medesima questione, hanno implicazioni dirette sull'affidabilità

scientifica dei modelli 3D prodotti, per cui si è cercato di seguire criteri e standard esistenti - o stabilirne di validi per il caso specifico - per valutare e garantire questa attendibilità, considerando i diversi contesti di utilizzo. Tra l'esistente, per quanto riguarda l'uso in ambito didattico o accademico, sono state suggerite e sviluppate nel tempo linee guida di buona pratica per assicurare che i modelli 3D soddisfino i rigorosi requisiti di precisione e completezza necessari per gli ambiti di studio e ricerca. Tra queste *best practices*, la più rilevante che è stata anche da noi sempre adottata è la prassi d'includere la documentazione dettagliata dei processi di acquisizione ed elaborazione (*report* che spesso producono i *software* stessi di post-produzione), contenenti – tra le altre informazioni - la trasparenza riguardo a eventuali limitazioni o incertezze nei dati. Mentre nel contesto esclusivamente divulgativo e turistico, si è sempre focalizzata l'attenzione sulla creazione di modelli 3D accessibili e coinvolgenti per un pubblico più ampio, pur mantenendo un discreto livello di accuratezza. Infine, in ambito museale, sono state considerate le specifiche esigenze di conservazione e presentazione, per cui si è valutata l'integrazione dei modelli 3D in esposizioni interattive, l'uso per la documentazione dello stato di conservazione degli artefatti e il potenziale per la creazione di repliche digitali ad alta fedeltà a scopi di studio o di preservazione e tutela del patrimonio culturale.

Attraverso l'analisi di casi di studio specifici confrontati con la letteratura nel vaglio di altri esempi applicativi, si è posto l'accento sulla identificazione di pratiche, assodate o prototipali, e linee guida metodologiche per ottimizzare i processi di digitalizzazione 3D nel campo dei beni culturali, puntando alla futura standardizzazione del processo di acquisizione dei dati, dal 2D al 3D e verso la "metaversione".

### 2.2.1 L'ACCESSIBILITÀ TOTALE AI LUOGHI E AI CONTENUTI: IL MUSEO REGIONALE DI MESSINA

Il primo studio teorico effettuato su un luogo prestigioso quanto "intoccabile", è stato successivo alle necessità del Museo Regionale di Messina di dotarsi - per la fruizione pubblica - di un piano fattivo di abbattimento o annullamento delle barriere non solo architettoniche ma anche cognitive, per facilitare la fruizione dell'utenza garantendo l'assenza di discriminazione fisica o intellettuale. In generale, nei contesti museali l'accessibilità si presenta come un concetto multidimensionale che abbraccia

aspetti non solo fisici, ma anche cognitivi e sociali. Una tale complessità richiede un approccio olistico per garantire che l'arte e la cultura siano fruibili da tutti i visitatori, indipendentemente dalle loro capacità individuali. Nonostante negli ultimi due decenni, il quadro normativo prima europeo e poi nazionale abbia posto l'accento sull'eliminazione fisica delle barriere architettoniche, non si è dedicata la stessa attenzione alle esigenze di coloro che presentano difficoltà di apprendimento, ritardi nello sviluppo psicomotorio o altre limitazioni.

È certamente vero che l'implementazione di tecnologie all'avanguardia, con interfacce adeguate e contenuti appropriati, in linea con i principi del design universale, rappresenta una strategia promettente per migliorare l'accessibilità museale; tuttavia, l'eliminazione delle barriere fisiche non garantisce automaticamente l'accessibilità di tipo cognitivo. Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) italiano ha introdotto nuove possibilità di accessibilità digitale, principalmente nell'ambito dei servizi governativi e in altri aspetti pubblici, eccetto fornire linee guida specifiche per garantire il diritto alla comprensione per favorire un'inclusione totale e continua degli utenti così come dei visitatori nei luoghi di cultura. L'accesso ad archivi, biblioteche, cinema, teatri, musei, gallerie, parchi archeologici, siti storici, orti botanici e beni paesaggistici è riconosciuto come un diritto costituzionale fondamentale che si estende a tutti gli individui, indipendentemente dalle loro capacità motorie, sensoriali, cognitive ed emotive, siano esse permanenti o temporanee. Nonostante il quadro legislativo (Tab. 1), le Convenzioni ONU, gli studi accademici e la letteratura specialistica multidisciplinare affrontino costantemente il tema dell'accessibilità, l'approccio adottato non sempre riflette una visione autenticamente universale, inclusiva ed egualitaria, anzi frequentemente le soluzioni proposte, gli interventi pianificati e le azioni intraprese tendono a enfatizzare, per lo più involontariamente, le differenze individuali, perpetuando così quelle barriere non visibili che si propongono di eliminare.

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, con il suo principio cardine del "non lasciare nessuno indietro" (*leave no one behind*), si pone come monito contro le disuguaglianze e le disparità sociali; in particolare gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) evidenziano chiaramente come le persone con disabilità siano ancora svantaggiate in numerosi ambiti della vita quotidiana.

Disparità questa che si manifesta in un accesso limitato al benessere fisico e psicologico, all'istruzione di qualità, a opportunità lavorative adeguate, a tecnologie di facile comprensione e utilizzo e ad ambienti costruiti privi di barriere. Vi è troppo spesso una profonda discrepanza tra l'accessibilità fisica e quella cognitiva, proprio quando le misure implementate per garantire la fruizione dei beni culturali spesso non contemplano adeguatamente, o in alcuni casi ignorano completamente, l'aspetto dell'accessibilità cognitiva. Il fenomeno si manifesta in modo particolarmente evidente nell'ambito dei supporti interpretativi e esplicativi associati ai beni e agli "oggetti" culturali: anche quando essi sono presenti, non sempre si riscontra una corrispondenza effettiva con le esigenze di comprensione intellettuale di tutte le categorie di utenza, creando una barriera significativa per una fruizione veramente inclusiva del patrimonio culturale.

La mancanza di adeguata considerazione per l'accessibilità cognitiva può essere interpretata come una forma di discriminazione indiretta, in quanto esclude de facto una parte considerevole del pubblico potenziale inficiando la reale inclusività delle nostre istituzioni culturali e sulla loro capacità di adempiere pienamente alla loro missione educativa e sociale. Occorre quindi adottare un approccio bilanciato mirato a sviluppare soluzioni che facilitino non solo l'accesso fisico, ma anche la comprensione e l'apprezzamento dei contenuti culturali da parte di un pubblico diversificato, con varie capacità cognitive e *background* culturali.

| Tema e ambito                                               | Normativa Mondiale e ONU                                                                                                                                                                                                                        | Normativa Europea                                                                                                                                                                                                                                       | Normativa Italiana                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Patrimonio culturale                                        |                                                                                                                                                                                                                                                 | • Convenzione per la Tutela del Patrimonio Culturale e Naturale (Parigi 1972)                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                       |
| Disabilità                                                  | • Convenzione controstele no/Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura (UNESCO 1948);<br>• Convenzione sui Diritti dell'infanzia e dell'adolescenza (1989);<br>• Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (ONU2030) | • Risoluzione del Consiglio d'Europa (6 maggio 2003)                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                       |
| Accessibilità e inclusione sociale                          | • Convenzione ONU sui Diritti delle Persone con Disabilità CRPD (2006)                                                                                                                                                                          | • Regolamento 1107/2006/CE;<br>• Carta di Verona (2007);<br>• Regolamento 1371/2007/CE;<br>• Regolamento 1177/2010/UE;<br>• Regolamento 181/2011/UE;<br>• Pathway II, Inclusión Europa (2011);                                                          | • Decreto Ministeriale n. 256 (14 giugno 1989);<br>• DPR n. 503 (24 luglio 1996);<br>• Legge n. 104 (5 febbraio 1992);<br>• Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza missione 5 (PNRR 2022)            |
| Accessibilità al Patrimonio Culturale                       |                                                                                                                                                                                                                                                 | • Agenda Europea per la Cultura (2007);<br>• Strategia Europea sulla Disabilità (2010-2020);<br>• Risoluzione del Parlamento Europeo (25 ottobre 2011);<br>• Agenda Europea per la Cultura (2015-2018);<br>• Agenda Europea per la Cultura (2018-2025); | • Piano Strategico per lo sviluppo del Turismo (2017-2022);<br>• Decreti del Ministero dei Beni Culturali (28 marzo 2008 e 21 febbraio 2018);<br>• Circolare Ministero Beni Culturali (6 luglio 2016) |
| Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (I.C.T.) | • Raccomandazione UNESCO 20 (21 maggio 2003);<br>• UNESCO Strategia di medio termine (2014-2021)                                                                                                                                                | • Direttiva 2016/2102/UE;<br>• EEA European Accessibility Act, (2018);                                                                                                                                                                                  | • Legge n. 4 (9 gennaio 2004);<br>• DPR n. 75 (1 marzo 2005);<br>• Decreto L. n. 106 (10 agosto 2018)                                                                                                 |

Tab. 1 Il panorama normativo, pregresso e in vigore, ricognito in riferimento al Patrimonio Culturale Mondiale, Europeo e Nazionale (in Minutoli e Salvo, 2022)

Per questo un caso di studio significativo è rappresentato dal Museo Regionale Interdisciplinare di Messina, oggi Accascina che, durante lo sviluppo del contributo scientifico infine prodotto [Minutoli e Salvo, 2022], presentava rilevanti carenze in termini di accessibilità cognitiva e inclusività per persone con diverse abilità, alcune sanate, altre parzialmente superate e talaltre ancora presenti.

Nel corso dell'esame approfondito della letteratura scientifica e del corpus normativo, si è adottato un approccio metodologico multidisciplinare mirato a considerare, per quanto possibile, le molteplici sfaccettature della tematica in oggetto, evitando una focalizzazione esclusiva sull'accessibilità nel contesto architettonico. Aspetto quest'ultimo, peraltro, ampiamente esplorato sia in ambito legislativo<sup>9</sup> [D.M. n. 236/89] che progettuale<sup>10</sup> [Prestinenza Puglisi 1996], sebbene l'analisi si sia prevalentemente concentrata sulle diverse abilità e disabilità circoscritte alla sfera fisica o sensoriale.

Financo le linee guida per la redazione del Piano di Eliminazione delle Barriere Architettoniche [P.E.B.A., 1986] nei contesti museali, nei complessi espositivi e nelle aree archeologiche, pur promuovendo un approccio interdisciplinare nella pianificazione, progettazione, implementazione e manutenzione degli interventi, presentano ancora delle lacune significative. La maggior parte di queste si manifestano in una focalizzazione preponderante sulle barriere architettoniche tradizionali, quali segnaletica inadeguata, percorsi di accesso problematici, pavimentazioni irregolari, scale e dislivelli. Tuttavia, tale approccio unidirezionale tende a sottovalutare gli ostacoli di natura senso-percettiva, culturale e cognitiva, che possono compromettere pesantemente l'esperienza di fruizione per una vasta gamma di utenti, in particolare per coloro che presentano difficoltà di apprendimento o ritardi nello sviluppo psicomotorio. Infatti, sono gli ostacoli meno tangibili quelli che possono influenzare negativamente aspetti cruciali dell'esperienza culturale, come l'orientamento nello spazio, la riconoscibilità dei luoghi, la comprensione dei contenuti espositivi e la partecipazione attiva alle attività proposte, elementi che costituiscono la *raison d'être* di qualsiasi istituzione culturale e, pertanto, non possono e non devono essere trascurati o ignorati.

La stessa progettazione ispirata ai principi dell'*Universal Design* non può prescindere dall'inclusione delle persone con disabilità cognitive e sensoriali, la cui incidenza è in notevole aumento nella società contemporanea soprattutto

to grazie a una maggiore consapevolezza e alle diagnosi più estese conseguenti a un progressivo abbandono dello stigma a tali condizioni riferito. È quindi imperativo creare ambienti in cui la fruizione del patrimonio culturale avvenga in condizioni di sicurezza e autonomia, preservando al contempo il valore estetico e favorendo il coinvolgimento emotivo dell'utente. Un approccio olistico di tale fattispecie è particolarmente rilevante nel contesto dei beni culturali, ove l'esperienza multisensoriale e cognitiva riveste un'importanza fondamentale.

Al fine di evitare ridondanze nell'analisi e di promuovere un approccio innovativo, si è proceduto a un'analisi comparativa delle definizioni di disabilità, attingendo sia al dominio giuridico che a quello medico, che ha permesso di delineare una tassonomia differenziale, categorizzandole in fisiche, sensoriali, cognitive e intellettive, e stabilendo una scala di gravità e caratterizzazione per ciascuna tipologia. Definizioni e classificazioni hanno costituito il fondamento teorico per un'indagine più approfondita, focalizzata sulle esigenze specifiche associate a ciascuna categoria di disabilità.

L'analisi si è concentrata in particolare su due aspetti cruciali già citati quali l'autonomia individuale e l'accessibilità proprio dell'ambiente circostante. Successivamente, l'indagine si è estesa al contesto dell'accessibilità negli spazi pubblici, con particolare attenzione ai luoghi di interesse culturale. In questo ambito, un *focus* specifico è stato dedicato alle istituzioni museali, considerate come caso di studio paradigmatico per l'applicazione dei principi di accessibilità universale.

Tralasciando di approfondire le seppur rilevanti disabilità motorie e sensoriali, si è esaminata la sfera delle funzioni cognitive per comprendere su quali parametri impostare e indirizzare maggiormente le riflessioni e le soluzioni proposte. Ci si è concentrati su quelle che consentano alle persone con disabilità intellettive, pregresse o innescate da fattori ambientali, una gestione autonoma e semplificata della vita pubblica in generale (per la mobilità urbana, la raggiungibilità dei luoghi di cultura, etc.) e dei relativi servizi corollari (biglietterie, *info point*, supporti logistici e agevolazioni specifiche, etc.). In tal senso, le principali funzioni cognitive coinvolte nell'esercizio delle quotidiane attività, che vengono intaccate o inficiate dalla presenza della disabilità, sono l'attenzione, la memoria, la percezione spaziale, le funzioni esecutive

e il linguaggio, secondo modalità e gravità variabili di caso in caso [Bergamasco et al., 2007].

Nel vasto panorama delle minorazioni e di tutte le sfumature possibili [Bertelli et al., 2018], si è posta l'attenzione su quattro aspetti che devono essere considerati prima di proporre soluzioni migliorative generiche e spesso, per questo, non sempre efficaci o adatte: 1. ritardi nell'apprendimento in età prescolare e scolare (compreso tutto lo spettro autistico), che si manifestano in bambini e ragazzi; 2. disabilità intellettive conseguenti a traumi con differente possibilità di recupero (disabilità temporanea, a breve o lungo termine, permanente), riscontrabili in soggetti di qualsiasi età; 3. disabilità intellettiva come corollario di disabilità motorie, di malattie "fisiche" o neurodegenerative neonatali, prescolari e scolari, relative quindi a infanti, bambini, ragazzi e giovani adulti; 4. disabilità intellettiva come conseguenza o corollario di malattie neurodegenerative, che insorgono e si sviluppano in adulti e anziani.

Il tema della fruizione ampliata si ricollega, inoltre, al Sistema Museale Nazionale<sup>11</sup> (S.M.N.) il cui fine è il miglioramento della cultura di gestione dei musei e dell'intero patrimonio culturale italiano, attraverso il superamento della logica di separazione fra Stato, Enti locali e Regioni in una proposta che li chiama, insieme agli Enti privati, a dar vita a un processo condiviso.

#### *Metodologia e proposte per il Museo Regionale di Messina*

La storia del Museo di Messina affonda le radici ai primi dell'Ottocento, quando viene fondato dall'illustre accademico messinese Carmelo La Farina, padre del più noto Giuseppe. Alla fine dello stesso secolo, il già ricco patrimonio artistico - continuamente addizionato di opere provenienti per lo più da chiese e conventi urbani e periurbani - viene ricollocato nelle sale, appositamente "adeguate" alla musealizzazione, del monastero adiacente la chiesa di San Gregorio. Il patrimonio esposto rimarrà custodito in questo luogo, deputato a Museo Civico e situato in pieno centro cittadino, fino al terremoto del 1908 che distrusse le suddette architetture religiose insieme a una buona parte delle opere contenute, così come tutta la città peloritana.

Attualmente occupa sia i locali dell'ex filanda *Ba-*

*bera-Mellinghoff*, che, nel 1914, era stata riconosciuta come Museo Nazionale con apposito Regio Decreto per essere statalizzato due anni dopo, sia gli ampi spazi ricavati dal totale crollo dell'adiacente complesso monastico basiliano cinquecentesco del San Salvatore dei Greci.

Una lunga serie di vicende, tra cui le numerose proposte progettuali per la costruzione della sede situata in differenti zone del centro urbano, si sono succedute già a partire dagli anni della ricostruzione di Messina (1909 in poi), sino ad arrivare agli interventi adeguativi della struttura che hanno definito l'attuale distribuzione dei locali e degli spazi esterni nell'organizzazione del percorso espositivo per divenire il nuovo polo.

Il Museo Interdisciplinare Regionale<sup>12</sup> di Messina è stato infine allestito e inaugurato nel 2006 nelle sedi odierne, che vantano moderne sale espositive interne e una vasta area esterna che custodisce reperti archeologici ed elementi architettonici (colonne di templi e di chiese, fontane marmoree e altri arredi urbani, portali ricostruiti di chiese e palazzi) sopravvissuti alle varie epoche e infine al catastrofico terremoto del 1908. Un evidente svantaggio è la sua posizione decentrata, trovandosi in una zona che, pur possedendo grandi potenzialità e sia facilmente raggiungibile con i mezzi pubblici, è piuttosto distante dal centro storico cittadino restando spesso fuori dai circuiti turistici strettamente urbani.

Nella configurazione attuale, l'itinerario museale interno segue l'ordine cronologico replicato, nella planimetria disponibile (Fig. 2.6) con legenda, in policromia per rappresentare le differenti epoche artistiche e i relativi protagonisti presenti nelle sale.

Il processo di inclusione e coesione sociale, realizzabile attraverso un'armonizzazione sistematica degli elementi costitutivi dell'istituzione museale, si configura come una risposta alle esigenze emergenti delle società contemporanee, approccio che pone le basi per una riflessione critica e approfondita sul superamento delle funzioni tradizionalmente attribuite ai musei - quali l'esposizione, la ricerca, la comunicazione, l'educazione e la promozione culturale. La rivisitazione concettuale propone un'espansione significativa del ruolo museale, orientandolo verso finalità più ampie e diversificate; in particolare, si delinea un nuovo paradigma in cui il museo si afferma come catalizzatore di scambi interculturali e intergenerazionali, facilitando il dialogo e la comprensione reciproca tra diverse fasce della popolazione; come spazio dedicato alla promozione della salute psicofisica, contribuendo al



Fig. 2.6 Planimetria del Museo Regionale di Messina Accascina (ex. Mu.Me) con l'indicazione dei settori suddivisi per cronologia d'esposizione [https://aditusculture.com/biglietti/sicilia/messina/museo-interdisciplinare-regionale-di-messina, febbraio 2022]

benessere complessivo dei visitatori, e come un ambiente volto a stimolare il godimento estetico e intellettuale, arricchendo l'esperienza culturale sia personale che collettiva. Questa evoluzione teorica suggerisce una trasformazione del museo da mero contenitore di artefatti e conoscenze a organismo dinamico e multifunzionale, capace di rispondere in modo proattivo alle mutevoli esigenze socio-culturali della comunità di riferimento.

Al fine di chiarire e isolare le problematiche da superare e le finalità a cui occorre mirare per farlo, si è preso come riferimento il documento programmatico in cui il Direttore del Museo, nel 2020, ha esposto personali pareri, sia sulla base della conoscenza della propria Istituzione che della personale formazione tecnica.

Il primo aspetto affrontato è proprio il problema dell'accessibilità fisica rispetto allo stato di fatto, ossia la questione dell'ingresso unico che serve due strutture separate e indipendenti<sup>13</sup> e che rappresentano, quindi, esse stesse le principali barriere architettoniche del Museo.

Tuttavia, è già stato avviato un progetto di risistemazione e sdoppiamento degli accessi per garantire una migliore organizzazione dei percorsi, che prevede l'arricchimento degli spazi esterni con arredi (panchine e slarghi di sosta) ora mancanti, un più efficiente utilizzo dei servizi ristoro e l'istituzione del *bookshop*. Quel che però rimane fuori

dalla valorizzazione, conferita dalla sistemazione fisica di locali e servizi, è ancora l'accessibilità, tanto motoria o sensoriale<sup>14</sup> quanto intellettuale, didattica e culturale. Oltre ai collegamenti pubblici e alla necessaria segnaletica di orientamento, a livello urbano, e promozionale dell'edificio espositivo, al suo interno si lamentano la mancanza dei corredi didascalici, dei pannelli descrittivi di approfondimento, di qualsiasi tipo di guida (cartacea, audio, multimediale o interattiva) e quindi dei supporti minimi alla visita e alla comprensione.

Infine, non si fa nessun cenno alla fruizione agevolata, all'accessibilità e all'inclusione sociale, che devono invece essere considerati come ulteriori leve centrali per allinearsi alla nuova definizione di Museo.

Alla luce di quanto esposto, gli obiettivi che sono stati riconosciuti come focali per una totale e semplice accessibilità generale al Museo sono riassumibili nei seguenti aspetti: abbattimento simultaneo delle barriere architettoniche e cognitive, miglioramento dell'accessibilità intellettuale dell'intero Museo, implementare il coinvolgimento con soluzioni ibride reali-virtuali.

In merito all'obiettivo di migliorare l'accessibilità in termini di soluzioni per l'abbattimento delle barriere architettoniche integrate con strategie mirate al superamento degli ostacoli cognitivi, è attuabile abbracciando mol-

teplici aspetti dell'esperienza museale. Ovvero, si deve adottare la concezione di percorsi espositivi che siano al contempo privi di ostacoli fisici e concettualmente accessibili, con informazioni presentate in formati diversificati per soddisfare diverse modalità di apprendimento. L'implementazione di tecnologie assistive dovrebbe essere concepita non solo per superare limiti fisici, ma anche per supportare la comprensione e l'elaborazione delle informazioni in autonomia. Parallelamente, il personale museale dovrebbe essere formato per assistere i visitatori sia nelle questioni di accessibilità fisica che in quelle di natura cognitiva, sviluppando competenze trasversali per supportare un'esperienza museale inclusiva a tutto tondo. Inoltre, la progettazione e l'integrazione nella visita di esperienze multisensoriali può agevolare sia la mobilità che la comprensione, per cui elementi tattili, uditivi e olfattivi possono fungere da supporto all'orientamento spaziale e contemporaneamente arricchire l'esperienza cognitiva, rendendo i contenuti più accessibili a visitatori con diverse capacità. In questa ottica, l'allestimento dovrebbe prevedere una flessibilità tale da consentire adattamenti veloci e frequenti nel tempo sia per tutte le esigenze. Contestualmente l'amplificazione del coinvolgimento a livello emotivo, percettivo e sensoriale nel contesto museale rappresenta un obiettivo fondamentale per la creazione di esperienze culturali immersive e significative, così da stabilire una sinergica interconnessione tra diversi elementi chiave (le collezioni reali, i contenuti digitali, lo *storytelling* e l'audience) mediante una rete di scenari espositivi dinamici e coinvolgenti.

Se le collezioni reali, con la loro tangibilità e autenticità, costituiscono il nucleo dell'esperienza museale, purtuttavia la loro presentazione può essere notevolmente arricchita attraverso l'integrazione strategica di contenuti digitali espliciti in forme diverse. Si può spaziare dai supporti multimediali interattivi alle ricostruzioni virtuali, offrendo nuove prospettive e livelli di approfondimento che ampliano la comprensione e l'apprezzamento degli artefatti fisici, in modo tale che la fusione tra il reale e il digitale in un ambiente ibrido atto a stimolare molteplici canali sensoriali, permettendo ai visitatori di esplorare i locali museali e le collezioni contenute in modi innovativi e personalizzati. In questo contesto lo *storytelling* emerge come elemento cruciale, fungendo da connettivo tra gli oggetti esposti, i contenuti digitali e il pubblico [come *ixitravel* del MuMe realizzato dagli alunni di scuole cittadine; in Bonacini, 2020].

Infatti, attraverso narrazioni coinvolgenti e stratificate, è possibile contestualizzare gli artefatti, evidenziarne il significato culturale e storico e sollecitare reazioni emotive nei visitatori. Storie che possono essere presentate optando per la narrazione tradizionale fino ad arrivare alle esperienze immersive basate sulla realtà aumentata o virtuale, così da adattarsi alle preferenze e alle capacità di apprendimento di diversi segmenti di pubblico. In tal modo l'audience, lungi dall'essere un ricettore passivo, diventa parte integrante di questa interconnessione per cui l'esperienza museale si trasforma in un dialogo bidirezionale, nel quale i visitatori sono invitati a interagire, riflettere e contribuire attivamente alla costruzione del significato. Fisicamente possono essere realizzate installazioni interattive, piattaforme di condivisione di contenuti (anche generati dagli utenti) o esperienze partecipative che incoraggiano l'esplorazione e la scoperta personale. Infine, in linea con le necessità di reperimento delle opinioni circa la soddisfazione dell'utenza, l'implementazione di un sistema di valutazione continua, che includa il *feedback* diretto degli utenti con diverse disabilità, permetterebbe un miglioramento iterativo delle soluzioni adottate affinché siano costantemente ottimizzate. Promuovere un ambiente museale accogliente e all'altezza delle necessità di tutti è l'obiettivo ultimo al fine di creare un'esperienza culturale pienamente inclusiva e arricchente per tutti i visitatori, indipendentemente dalle loro specifiche abilità o limitazioni.

#### *Soluzioni proposte per garantire l'accessibilità cognitiva nel MuME*

Facendo riferimento a quanto detto, il primo obiettivo può concretizzarsi anche senza l'impiego di ingenti risorse finanziarie o materiali, in una più chiara ed esplicita informazione, pubblicabile sul sito ufficiale (che attualmente indica soltanto una icona con carrozzina) dei mezzi e delle soluzioni stabili, temporanee o automatizzate a disposizione per il superamento delle barriere architettoniche. Quindi la semplice realizzazione di una planimetria o meglio l'arricchimento di quella già esistente con i simboli chiari (accessibilità intellettuale) che localizzino rampe, piattaforme elevatrici o ascensori, scale, cancelli e porte automatizzate e tutti gli altri dispositivi e supporti presenti nell'intero plesso museale e il loro facile raggiungimento. La medesima soluzione deve poi essere replicata internamente, con la progettazione e la realizzazione di un itinerario (es. frecce e simboli adesivi semi-permanenti) che guidi tutti ai servizi presenti negli

ambienti e in tutti gli spazi del Museo aperti al pubblico, che informi ove gli spazi sono condivisi con i dipendenti e ove riservati esclusivamente a questi, soprattutto nelle zone filtro o di collegamento tra i due edifici che costituiscono l'allestimento espositivo e tra questi e gli spazi esterni che custodiscono altre opere d'arte che devono essere rese fruibili a tutte le categorie di utenza. Sarebbe auspicabile, secondo le linee progettuali per i luoghi fruibili pubblicamente, che i dislivelli presenti siano segnalati anche con differenti cromature, con colori a contrasto<sup>15</sup>, per avvisare qualunque tipo di utente di un cambio di quota, anche se di minima entità (ma comunque superiore ai 2 cm). Inoltre, l'integrazione degli indicatori di pavimentazione tattili, situati in maniera coerente dall'ingresso alle varie installazioni (tradizionali o multimediali), si rivela essere un valido aiuto per i non vedenti. All'ingresso del Museo potrebbe essere rivolto ai visitatori con disabilità un catalogo comprensivo di una guida tattile verso tutte quelle installazioni accessibili presenti.

Per quanto concerne l'interno delle sale espositive, l'obiettivo è di migliorare o creare accessibilità intellettuale con supporti statici, come la pannellonistica didascalica, o dinamici, come i video esplicativi idoneamente pensati e semplificati. Questo aspetto necessita dell'affiancamento collaborativo e della supervisione dei prodotti da parte di specialisti, come pedagogisti e figure formate in tema di disabilità e accessibilità cognitiva di ogni età (anche quelle più avanzate). In tal modo si avranno soluzioni accattivanti per i più giovani senza risultare poco interessanti per gli adulti, oltre che efficacemente chiare per tutti.

Altri supporti all'accessibilità intellettuale, alla comprensione e ai processi cognitivi di tutti i fruitori, che però richiedono un certo sviluppo in termini sia di tempo che di strategie e metodologie, oltre che investimenti economici più congrui, potrebbero essere delle ricostruzioni 3D con metodi interattivi, non solo per creare il maggiore coinvolgimento possibile, ma soprattutto per evitare d'innescare o rischiare di attuare discriminazioni ed emarginazioni cognitive. La comunicazione multimediale<sup>16</sup> rappresentata dalle Interfacce Utente Tangibili (TUI)<sup>17</sup> è probabilmente il modo più efficace per affrontare questa sfida: la trasposizione di un oggetto culturale fisico in uno virtuale non deve essere considerata semplicemente la creazione di una replica digitale, ma piuttosto la creazione di uno spazio dinamico arricchito da narrazioni, relazioni e interazioni [Bateson, 1972].

Il conseguente feedback ottenuto dal contesto virtuale modifica il comportamento e il senso critico di chi interagisce, oltre a stimolare la comprensione e il processo di attribuzione del significato. Il processo di conoscenza viene così costruito e consolidato [Forte, 2000.]. In termini di funzionamento, l'utente che si avvicina al TUI dovrà comprendere immediatamente come interagire con gli elementi tangibili; le istruzioni verranno dapprima emesse su un pannello A0 posto accanto alla postazione, su cui verranno indicate solo le informazioni per far partire il sistema. Non appena viene selezionata la lingua sulla tabella (es. ITA/EN), inizierà una spiegazione semplificata in infografica con: (a) benvenuto sulla postazione, (b) introduzione all'argomento, (c) cosa fare e come accedere ai contenuti multimediali (inizio/fine/riavvio) e (d) tempistiche (utilizzo/attesa/*timeout*). L'infografica è standardizzata, ovvero simile nello stile su tutte le *workstation* ma diversa nel contenuto in base a ciascuna TUI, ferma restando che l'attivazione e l'interazione con il contenuto narrativo avverranno attraverso la manipolazione di oggetti reali 3D (interfaccia tangibile). Laddove – come negli ambienti museali – non sarà possibile utilizzare gli oggetti originali, verranno realizzate repliche, in stampa 3D o fatte a mano, che evidenzino particolari, motivi decorativi e varietà cromatiche peculiari dei singoli reperti o integrati nell'insieme di appartenenza (es. pezzi o interi modelli architettonici e/o urbanistici in scala). Raggiungere gli oggetti tangibili consentirà la visualizzazione, sullo schermo posto in alto, della relativa narrazione in forma audiovisiva (solitamente non eccedente la durata di 1 minuto, per non affaticare l'utente), supportata da sottotitoli scritti nella lingua scelta o nella Lingua dei Segni (LIS). Infine, l'ultimo aspetto s'incentra sull'ideazione e lo sviluppo di nuove modalità di coinvolgimento da parte dell'utenza. Questo può esplicarsi sia nell'ambito proprio della visita, ovvero nel senso di partecipazione attiva e di stimolo della curiosità verso ciò che la circonda, che in termini sensoriali ricollegabili a supporti visivi, tattili e, forse, olfattivi mirati soprattutto a innescare e incentivare le connessioni dei visitatori con disabilità intellettive a esperienze conosciute e riconoscibili nel quotidiano. Un approccio multisensoriale favorisce l'esperienza e il contatto con l'oggetto culturale, in quanto capace di veicolare informazioni, percezioni e sensazioni che possono stimolare i processi cognitivi ed emotivi, facendo sentire gli utenti parte di quel mondo. È inoltre di fondamentale

importanza che le informazioni comunicate dall'oggetto siano fornite non soltanto per mezzo di un'unica sollecitazione mediatica o sensoriale, ma attraverso più d'una. I visitatori allo stesso tempo possono toccare, leggere, ascoltare e guardare lo stesso contenuto e, anche se deficitari di uno o più sensi, accedere a quelle informazioni utilizzando un approccio sensoriale alternativo. In particolare, per rendere accessibili gli interessanti manufatti lapidei presenti negli spazi esterni del Museo si è pensato di realizzare, in un'apposita sala interna, una vetrina olografica. Qui potranno essere esposti un certo numero di oggetti originali, i cui contenuti virtuali saranno visibili a volte all'interno della vetrina, sotto forma di ologramma, e a volte all'esterno della vetrina, espandendosi come proiezioni sulle pareti della sala, così da creare una perfetta integrazione tra dimensione reale e virtuale.

Se si include l'oggetto reale all'interno della vetrina olografica, l'attenzione dell'utente rimane comunque concentrata sul manufatto reale, e non sulla replica virtuale, che contribuisce a coinvolgere l'utente trasportandolo nello stesso o in un differente luogo ma in un'epoca diversa. Infine, la letteratura di settore testimonia che l'interazione con un'applicazione di realtà alternativa (AR, VR o MR) attraverso la gestualità del corpo, al centro di uno spazio dedicato, genera immediatamente nel visitatore l'impressione di essere coinvolto in una situazione ludica, atipica all'interno di un museo, e favorisce la socializzazione anche per le persone che hanno difficoltà cognitive. Per questo traslare quanti più oggetti nei propri gemelli digitali sta diventando una consuetudine largamente diffusa non solo per la tutela degli originali stessi, ma anche per ampliarne la fruizione e la promozione. In conclusione, come test di metodo e peculiare caso di studio, ci si è concentrati su un oggetto meta-museale: la cripta e le murature superstiti della Chiesa del S. Salvatore dei Greci inglobate nella struttura museale, che le tutela e le espone come originali pezzi unici ancora *in situ* (cfr. Cap.3).

## 2.2.2 PROCEDURE MULTI-STRUMENTALI AVVIATE NEL TERRITORIO DELLE MASSE (ME)

In riferimento al caso studio scelto, sia per ragioni di conservazione e accessibilità ai resti che per opportunità di integrazione con il contesto museale che di per sé consente interessanti declinazioni di metodo, la ricerca di fonti eterogenee e testimonianze ancora presenti in tracce

del monachesimo basiliano nel territorio di Messina si è esplicitata, affiancandosi e intrecciandosi, alle attività del Laboratorio 6R<sup>18</sup> del Dipartimento di Ingegneria UniMe. La ricerca si è per lo più svolta nel comprensorio a nord della città, tra le fumare del Lavina, del Corsari e del Tono che abbracciano i casali delle quattro Masse<sup>19</sup>, [Massa, 1977] attestate per la prima volta nell'XI secolo [Amico, 1859] ma la cui denominazione rimanda alle *massae fundorum* (estesi fondi rustici) documentate già al tempo di Gregorio Magno [Vera, 1999]. Nello specifico, la prassi di suddividere il territorio in unità denominate "masse" si era già affermata da almeno un secolo<sup>20</sup> come efficace meccanismo di organizzazione fondiaria all'alba del IV secolo d.C., persistendo nella toponomastica fino al Medioevo [Migliario, 2000].

L'importanza territoriale e urbanistica dei suddetti centri storici nell'ambito di questa ricerca è riconducibile, oltre all'arco cronologico di competenza, alla presenza ingente di *laure*<sup>21</sup> bizantine e - in generale - di grotte eremitiche<sup>22</sup> direttamente connesse con i vicini cenobi e coi più grandi monasteri basiliani ricadenti nei confini delle Masse e dipendenti, dopo il 1131<sup>23</sup>, dall'Archimandritato del SS. Salvatore di Messina (Fig. 2.7), fondato dal Re Ruggero nel 1133 circa all'estremità della falce di San Raineri<sup>24</sup> (*in lingua phari*) e poi ricostruito come complesso monastico del S. Salvatore dei Greci nel 1543 da Re Carlo V presso l'attuale ubicazione (oggi località Annunziata).

Proprio per la tradizionale conformazione morfologica dei luoghi e l'organizzazione socio-economica di questi insediamenti rurali, sorsero e proliferarono attorno ai monasteri normanni o alle chiese medievali una serie di architetture produttive miste a edilizia residenziale minuta - felice connubio tra l'abitato e il contado fino alla metà del XX secolo - che nel tempo hanno reso le Masse dei centri pluristratificati, la permanenza delle cui esili tracce che caratterizzano i luoghi e ne conservano la memoria identitaria dev'essere rilevata e tutelata.

La presenza, sotto il profilo fisico geografico, di corsi d'acqua a carattere torrentizio ha permesso oltre alla florida coltivazione utile allo stanziamento in età antica, anche una viabilità agevolata costituendo una fonte basilare d'energia d'ausilio alla produzione. Così anche la morfologia collinare si caratterizza, come detto, da un gran numero di ingrottamenti, adeguati nel tempo alle necessità insediative sia di tipo eremitico sia aggregativo e infine utilizzati per la pastorizia stanziale o stagionale.



Fig. 2.7 Particolare del fondale della Crocifissione (detta di Sibiu), realizzata tra il 1463-'65 da Antonello da Messina, con la rappresentazione del SS. Salvatore in lingua phari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antonello\_da\_Messina\_026.jpg?uselang=en#Licensing, luglio 2023]

Le ricognizioni avviate nel biennio 2022-2024 hanno seguito la conformazione territoriale per rintracciare quante più Unità Topografiche (U.T.) fosse possibile rilevare con metodo topografico e geomatico<sup>25</sup>, prima di concentrarsi sui centri abitati più o meno popolati<sup>26</sup>.

Si è quindi intrapresa una fase preliminare di catalogazione e georeferenziazione delle evidenze archeologiche e architettoniche, quali elementi nodali per l'interpretazione del contesto territoriale in esame, per poi passare alla catalogazione e schedatura e infine lo studio di tecniche costruttive e materiali impiegati che orientassero a una datazione anche approssimativa e servissero per un database permanente per successivi interventi sull'esistente. Infatti, le indagini sul campo hanno portato all'identificazione di diverse strutture ascrivibili all'architettura religiosa e funzionale, tra cui strutture ipogee e semi-ipogee (Fig. 2.8), mulini e palmenti, oltre a sistemi idraulici in terracotta e ai bacini di raccolta necessari per il loro funzionamento.

La georeferenziazione dei manufatti è stata effettuata mediante l'impiego di un dispositivo GPS dotato di modulo RTK (*Real Time Kinematic*) per precisione millimetrica, consentendo così l'acquisizione delle coordinate nel sistema di riferimento WGS84/UTM 33N in sito, l'elaborazione e l'integrazione in ambiente QGIS per l'analisi spaziale e la mappatura territoriale nella fase di post-produzione in Laboratorio. Per ciascun bene oggetto di georeferenziazione, si è proceduto alla compilazione di schede catalografiche conformi agli standard definiti dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) per i beni Architettonici e Paesaggistici (A) e per i Siti Archeologici (RA). In esse è registrata una serie esaustiva di dati, funzionali all'analisi e all'approfondimento di ogni singolo

elemento esaminato, strutturati secondo tre macroaree tematiche. La sezione iniziale contiene le informazioni inerenti alla natura dell'oggetto e i relativi codici identificativi; la seconda indica la localizzazione geografico-amministrativa, i dati catastali e la georeferenziazione puntuale del bene; infine, l'ultima documenta lo stato di conservazione del bene e include la documentazione di supporto specifica per ciascuna scheda.

Un tale approccio metodologico consente una catalogazione al contempo sistematica e standardizzata, facilitando gli oneri di gestione da parte degli enti competenti o dei privati, l'analisi e la comparazione dei dati relativi ai beni culturali a scopi diversi ma volti alla conservazione della memoria e a interventi rispettosi della storia stratificata nelle singole testimonianze.

Peraltro, l'adozione di questo sistema di catalogazione come presupposto di metodo replicabile garantisce non solo l'uniformità nella raccolta dei dati, ma anche la loro interoperabilità e accessibilità, aspetti cruciali per la ricerca scientifica nel campo dei beni culturali di largo respiro e per la loro valorizzazione. Come si ponga poi il GIS come ausilio alla ricerca, nella creazione di carte tematiche per la conoscenza, la tutela e la programmazione di strategie di valorizzazione, è in letteratura largamente discusso e testato. Nel contesto dell'analisi territoriale finalizzata alla comprensione delle persistenze storiche nel tessuto paesaggistico, oggetto anch'esso di tutela, le piattaforme geografiche si sono affermate come strumento preminente sia per la catalogazione che per l'archiviazione di dati multifonte geolocalizzati, nonché per il loro studio approfondito.

La piattaforma geografica si rivela di cruciale importanza per le analisi territoriali orientate, nel caso specifico



Fig. 2.8 Un ambiente semi-ipogeo (sin.) in precario stato di conservazione, ma con evidenti segni di culto basiliano (croce greca, a ds. sopra); sugli ampi lacerti di intonaco colorato, ancora adesi alle pareti interne, si rilevano graffiti e parti di iscrizioni (ds. sotto) difficilmente decifrabili e databili [foto autrice, marzo 2025]

dell'ambito di ricerca del Lab6R, al patrimonio paesaggistico e agli insediamenti caratterizzati da una spiccata vocazione rurale e produttiva, che hanno subito nel corso del tempo un progressivo spopolamento fino al loro definitivo abbandono.

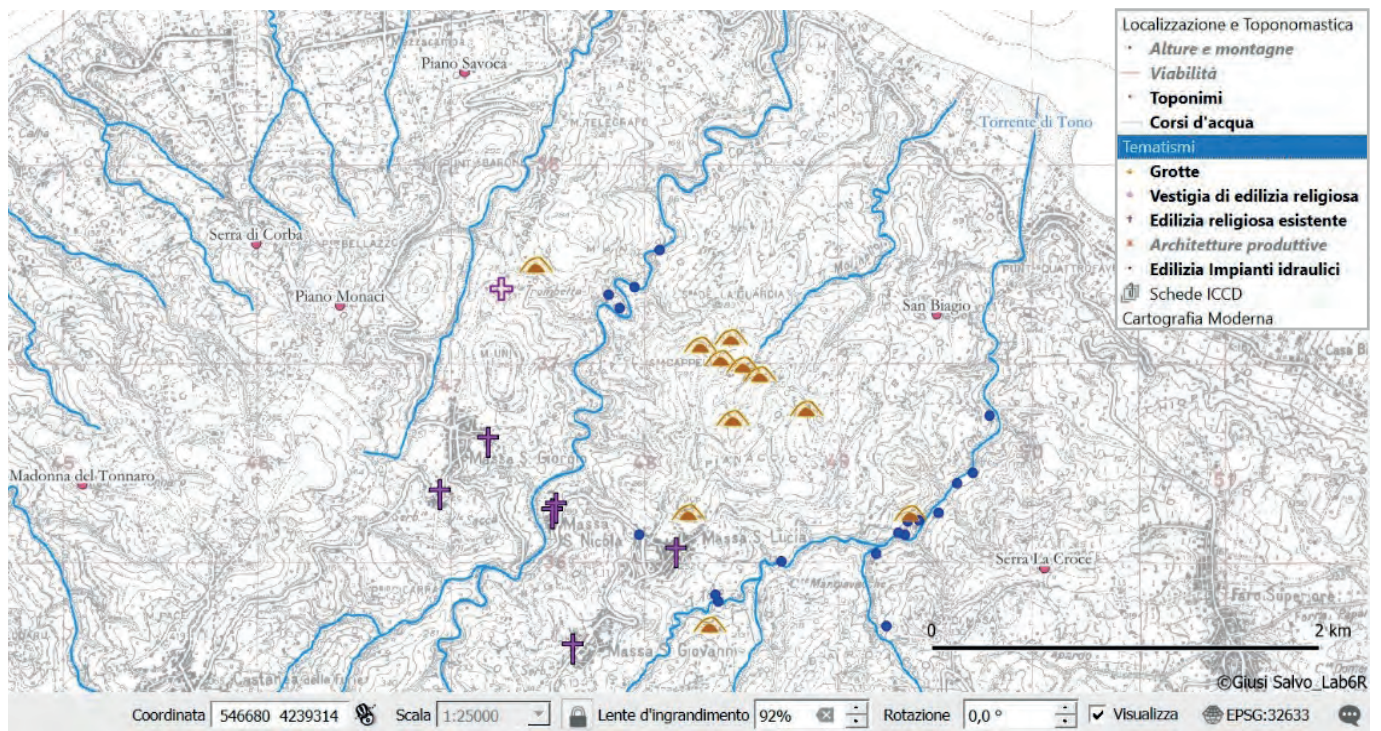
L'integrazione di informazioni geospaziali, quali mappe e cartografie storiche, con dati demografici, di utilizzo del suolo e le persistenze storico-archeologiche ed etnografiche, ha consentito l'identificazione dei centri rurali - sia quelli ancora produttivi che dei centri storici delle Masse - popolati o in fase di abbandono, permettendo una valutazione del loro potenziale in termini di risemantizzazione [Altadonna et al., 2024a].

Anche questo ulteriore approccio metodologico, basato sull'utilizzo di tecnologie GIS, ha facilitato una lettura diacronica del territorio, evidenziando le dinamiche di trasformazione del paesaggio e degli insediamenti rurali, in quanto la sovrapposizione di strati informativi eterogenei ha permesso di delineare un quadro complesso delle interazioni tra fattori antropici e naturali nel modellamento del territorio, offrendo una base solida per una eventuale e futura elaborazione di strategie di valorizzazione turistica e recupero del patrimonio rurale per tutti. In particolare, la capacità del GIS di gestire e analizzare dati multidimensionali ha inoltre permesso di elaborare modelli predittivi e scenari di intervento, fornendo un supporto scientifico alle decisioni in materia di pianificazione territoriale e conservazione del patrimonio culturale e paesaggistico.

A seguito dell'inserimento dei dati nel sistema informativo geografico, si è proceduto all'analisi approfondita dei tematismi e alla successiva elaborazione delle relative carte tematiche. Tra queste, si include l'inquadramento territoriale con una rappresentazione contestuale della distribuzione spaziale e della classificazione tipologica degli elementi di interesse archeologico geolocalizzati in situ corredati di relativo database interno consultabile (Figg. 2.9). In seconda battuta sono state create le schede standardizzate (ICCD) e collegate alle geometrie georiferite in QGIS così da essere richiamabili direttamente dalla tabella attributi [Altadonna et al., 2024b].

L'indagine territoriale ha evidenziato una predominanza di dati relativi agli ambienti ipogei e semi-ipogei, correlati alla viabilità storica e all'intervisibilità con i nuclei abitativi. Le chiese di questi ultimi, pur essendo state ricostruite, mantengono la loro posizione originaria. Sebbene l'ipotesi iniziale considerasse il Monastero di Santa Maria della Massa o dell'Austro (*de austro*), in Contrada Badia presso Monte Uni a M. San Giorgio, come fulcro dello sviluppo degli insediamenti circostanti, la presente analisi propone una nuova interpretazione dei dati, focalizzandosi sulle singole chiese delle quattro Masse.

Questa prospettiva, basata su un'attenta valutazione delle evidenze archeologiche e topografiche, suggerisce l'ipotesi interpretativa della presenza di numerose laure basiliane sparse su tutto il territorio peloritano e armonicamente inglobate nel paesaggio naturale da tutelare.



Edilizia religiosa esistente — Elementi Totali: 6, Filtrati: 6, Selezionati: 0

|   | pkuid | coord.x | coord.y | codice identificativo | Denominazione attuale           | Localizzazione geo-amm | Datazione presunta             | Altitudine l.m. |
|---|-------|---------|---------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1 | 1     | NULL    | NULL    | A006                  | Chiesa di San Giovanni Battista | Massa San Giovanni     | 1574                           | 325             |
| 2 | 2     | NULL    | NULL    | A007                  | Chiesa Santa Lucia              | Massa Santa Lucia      | 1933                           | 266             |
| 3 | 3     | NULL    | NULL    | A008                  | Chiesa di Sant'Antonio          | Massa San Giorgio      | n.r.                           | 249             |
| 4 | 4     | NULL    | NULL    | A009                  | Chiesa di San Giorgio           | Massa San Giorgio      | XVI sec. ricostruita dopo 1908 | 276             |
| 5 | 5     | NULL    | NULL    | A010                  | Chiesa di San Nicola            | Massa San Nicola       | fine XVI sec.                  | 195             |
| 6 | 6     | NULL    | NULL    | A011                  | Chiesa Santa Maria de Scalas    | Massa San Nicola       | circa XV sec.                  | 190             |

Grotte — Elementi Totali: 11, Filtrati: 11, Selezionati: 0

|    | pkuid | Nome          | Codice identificativo | coord.x           | coord.y            | Localizzazione territoriale | Definizione tipologica | Qualificazione | Scheda ICCD |
|----|-------|---------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|-------------|
| 1  | 1     | Grotta 10 MSG | RA010                 | 547429,269238583  | 4237265,244314014  | MSG ME                      | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 2  | 2     | Grotta 9 MSL  | RA009                 | 548286,3749884586 | 4235501,134136483  | Torrente Tono MSL ME        | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 3  | 3     | Grotta 1 MSL  | RA001                 | 548781,9381432125 | 4236591,908171242  | c.da Soffa MSL ME           | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 4  | 4     | Grotta 2 MSL  | RA002                 | 548543,1466558257 | 4236760,397274121  | cda Soffa MSL ME            | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 5  | 5     | Grotta 3 MSL  | RA003                 | 548407,2017086983 | 4236540,6434431225 | Pianaccio MSL ME            | Ambienti ipogei        | NULL           | NULL        |
| 6  | 6     | Grotta 4 MSL  | RA004                 | 548456,8031738715 | 4236810,454334689  | Serra Cappello MSL ME       | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 7  | 7     | Grotta 5 MSL  | RA005                 | 548340,8688064006 | 4236844,839414131  | Serra Cappello MSL ME       | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 8  | 8     | Grotta 6 MSL  | RA006                 | 548398,1772721388 | 4236949,114473055  | Serra Cappello MSL ME       | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 9  | 9     | Grotta 7 MSL  | RA007                 | 548236,0009012787 | 4236908,47157264   | Serra Cappello MSL ME       | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |
| 10 | 10    | Grotta 8 MSL  | RA008                 | 548177,3749995466 | 4236065,31253649   | Loc. Cimitero MSL ME        | Ambienti ipogei        | NULL           | NULL        |
| 11 | 11    | Grotta 1 TT   | RA022                 | NULL              | NULL               | Loc. F.ra del Tono          | Ambiente ipogeo        | NULL           | NULL        |

Figg. 2.9 (sopra) Il comprensorio delle Masse nel comune di Messina: la localizzazione e tematizzazione delle presenze storico-architettoniche e archeologiche di stampo religioso sulla piattaforma QGIS (cartogr. di base: IGM 1:25.000), corredate dal geodatabase interno consultabile tramite le tabelle attributi. In particolare le schede dei tematismi relative all'edilizia religiosa storica ancora esistente nel territorio e, sotto, gli ambienti ipogei censiti durante le campagne ricognitive del LAB6R (elab. grafica G. Salvo, 2024).

### 2.2.3 PREDISPOSIZIONE ALLA METAVERSIONE DELLE TERME ROMANE DI PHILOSOPHIANA (CL)

Con il vaglio di un ulteriore caso studio ci si è proposti di esaminare criticamente l'efficacia dell'apparato metodologico proposto e sviluppato, mediante la sua applicazione in ambiti di indagine distinti ma complementari: da un lato il patrimonio architettonico cosiddetto "minore" o vernacolare appena esposto, dall'altro i contesti archeologici propriamente detti, come il sito di Philosophiana. Questa duplice verifica empirica consente di valutare la flessibilità e la robustezza del *framework* analitico, confrontandone l'adeguatezza epistemologica in relazione a manufatti caratterizzati da diversa cronologia, stato di conservazione e documentazione pregressa. L'approccio interdisciplinare adottato si pone come obiettivo il superamento delle tradizionali compartimentazioni disciplinari, favorendo un'integrazione sinergica tra metodi di indagine storico-architettonica e protocolli di ricerca archeologica, con particolare attenzione alle potenzialità offerte dalle tecnologie digitali per la documentazione 2D e 3D, l'analisi e l'interpretazione del patrimonio costruito storico o storicizzato.

Nei frequenti casi, poi, in cui l'accessibilità a determinati luoghi di cultura rappresenta una sfida significativa nel campo della conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale, la virtualizzazione si affaccia come una soluzione al contempo innovativa e sostenibile per ripristinarne l'accessibilità. Nello specifico, molte aree archeologiche, a causa della loro natura fragile o della loro ubicazione remota, presentano notevoli difficoltà in termini di fruibilità per il pubblico, per cui, in risposta a queste difficoltà delle volte insormontabili, avviarne una copia digitale si propone come la via più adatta. In particolare, quando le difficoltà di rendere un'area archeologica fruibile a vari livelli ne limitano l'accessibilità fisica (in modo preponderante su quella intellettuale, non secondaria), la smaterializzazione del sito risulta un'alternativa valida ed efficace supportata dalla larga letteratura scientifica edita. Il processo, che implica la creazione di un contenitore virtuale che racchiude tutte le informazioni essenziali per una conoscenza approfondita del sito nelle sue diverse fasi storiche, presuppone un approccio che non solo supera le barriere fisiche dell'accessibilità, ma offre anche nuove opportunità di esplorazione e apprendimento. Per dimostrare il potenziale trasformativo di una pianificazione lungimirante nell'ambito della valorizzazione

dei Beni Culturali, è stato condotto, durante il secondo anno del percorso di Dottorato, un ulteriore *step* nello studio già avviato sull'area archeologica di Philosophiana<sup>27</sup> nell'entroterra rurale siciliano; sito che rappresenta un esempio emblematico di patrimonio culturale "marginale", la cui fruizione tradizionale è limitata da vari fattori naturali e antropici (pertinenza e gestione amministrativa). L'applicazione di tecnologie di virtualizzazione a Philosophiana ha perseguito obiettivi ambiziosi e multiformi. Innanzitutto, mira a superare le limitazioni di accessibilità fisica del sito, rendendo possibile l'esplorazione virtuale da qualsiasi parte del mondo; in secondo luogo, si propone di offrire una visione completa e dettagliata delle diverse fasi storiche dell'area, consentendo ai visitatori virtuali di viaggiare nel tempo e osservarne l'evoluzione attraverso i secoli. Infine, si prefigge di fornire un'esperienza immersiva ed educativa accessibile a un pubblico globale, democratizzando l'accesso al patrimonio culturale e ampliando significativamente le possibilità di studio e ricerca. Non da ultimo, la virtualizzazione viene declinata come strumento di preservazione digitale, creando un archivio dettagliato e interattivo del sito archeologico per le future generazioni. Alla luce di ciò e nel contesto della valorizzazione del patrimonio culturale, emerge con forza la convinzione che qualsiasi sopravvivenza di interesse culturale debba godere di una "vita oltre lo scavo", nell'ottica in cui il valore di un sito archeologico non si esaurisce con la sua scoperta e la successiva documentazione, ma si debba estendere alla sua fruizione continua e significativa da parte del pubblico. Partendo proprio da questo presupposto, si è resa indispensabile un'analisi approfondita degli interventi, sia tangibili che intangibili, capaci di garantire un'accessibilità comoda e sicura non solo agli spazi fisici del sito per preservare l'integrità strutturale dei resti archeologici, spesso fragili e soggetti a deterioramento, ma anche alle informazioni ad esse correlate. In risposta alle già citate restrizioni, la virtualizzazione del caso pilota per adesso limitato alle sole Terme Romane pluristratificate, con la disponibilità dei dati in *open access*, emerge come la soluzione più efficace ed economicamente sostenibile per la fruibilità alternativa, delocalizzata e immersiva del patrimonio archeologico. Sfruttando le potenzialità offerte dalle tecnologie di realtà aumentata, mista e virtuale, si mira a garantire un'accessibilità totale al sito, superando barriere geografiche e temporali.

Per realizzare questi obiettivi, si è sperimentata l'applicazione dell'HBIM (*Heritage/Historical Building Information Modeling*) sulle Terme presenti nell'area archeologica con una duplice finalità: da un lato, per scopi puramente scientifici, fornendo agli studiosi strumenti dettagliati per l'analisi e la ricerca; dall'altro, per obiettivi divulgativi e culturali, rendendo il sito accessibile e comprensibile a qualsiasi categoria di pubblico. L'HBIM, infatti, si è rivelato particolarmente prezioso in questo contesto, poiché ha consentito una rappresentazione digitale dettagliata e multidimensionale delle vestigia archeologiche, non solo per documentare lo stato attuale delle Terme, ma per ricostruirne virtualmente le diverse fasi storiche del complesso balneare, arricchendo notevolmente l'esperienza di visita immateriale.

A partire dal lavoro di taglio ingegneristico che ha interessato le Terme (Fig. 2.10) articolatosi, dal 2016 al 2020, negli aggiornamenti dei rilievi geometrici con supporto strumentale, integrando le quote altimetriche, misurate con un livello ottico (Leica NA332) durante il cantiere archeologico, con quelle battute in un secondo tempo con la stazione totale integrata di laser scanner 3D (Leica MS50) e con il repertorio fotografico di dettaglio per le tecniche murarie. Da queste operazioni sono state prodotte una serie di nuvole (3 grandi panoramiche e 2 di dettaglio) ricollegate *cloud-to-cloud* in un'unica che ha coperto l'intero complesso termale con margine di errore complessivo inferiore a 5 mm [Tesi LM Salvo, 2021].

Sulla base di tali premesse, si è proceduto a una duplice analisi: in primis, una revisione degli aspetti distributivo-funzionali, comprendente uno studio tipologico degli ambienti termali e delle connesse dotazioni impiantistiche che caratterizzano le tipologie termali romano-imperiali. Di conseguenza si è effettuata l'analisi tecnico-costruttiva delle Unità Stratigrafiche Murarie (USM) e di Rivestimento (USR) che costituiscono le fasi edilizie del complesso balneare stratificato. Quest'ultima fase è stata ulteriormente corroborata da indagini diagnostiche sui materiali di base impiegati nella costruzione: pietra, laterizio, malte e *caementa*.

In seguito alla trasposizione del rilievo "analogico" del sito in un elaborato digitale CAD bidimensionale - il quale, depurato degli elementi non originali, ha rappresentato la base per la catalogazione delle succitate Unità Stratigrafiche (US) - si è proceduto alla sua restituzione tridimensionale. Il modello tipologico iniziale, prodotto nel 2018 mediante il *software Archicad 16* (Fig. 2.11), presentava limitazioni in termini di accuratezza geometrica e carenza di dettagli relativi a tessiture e caratterizzazioni superficiali. Pertanto, si è resa necessaria una fase intermedia di revisione e perfezionamento volta a conseguire una rappresentazione più fedele dell'eterogeneità delle tecniche costruttive e dei materiali impiegati.

L'implementazione della nuvola di punti generata mediante scansione *laser* ha consentito un significativo incremento dell'accuratezza plano-geometrica del modello

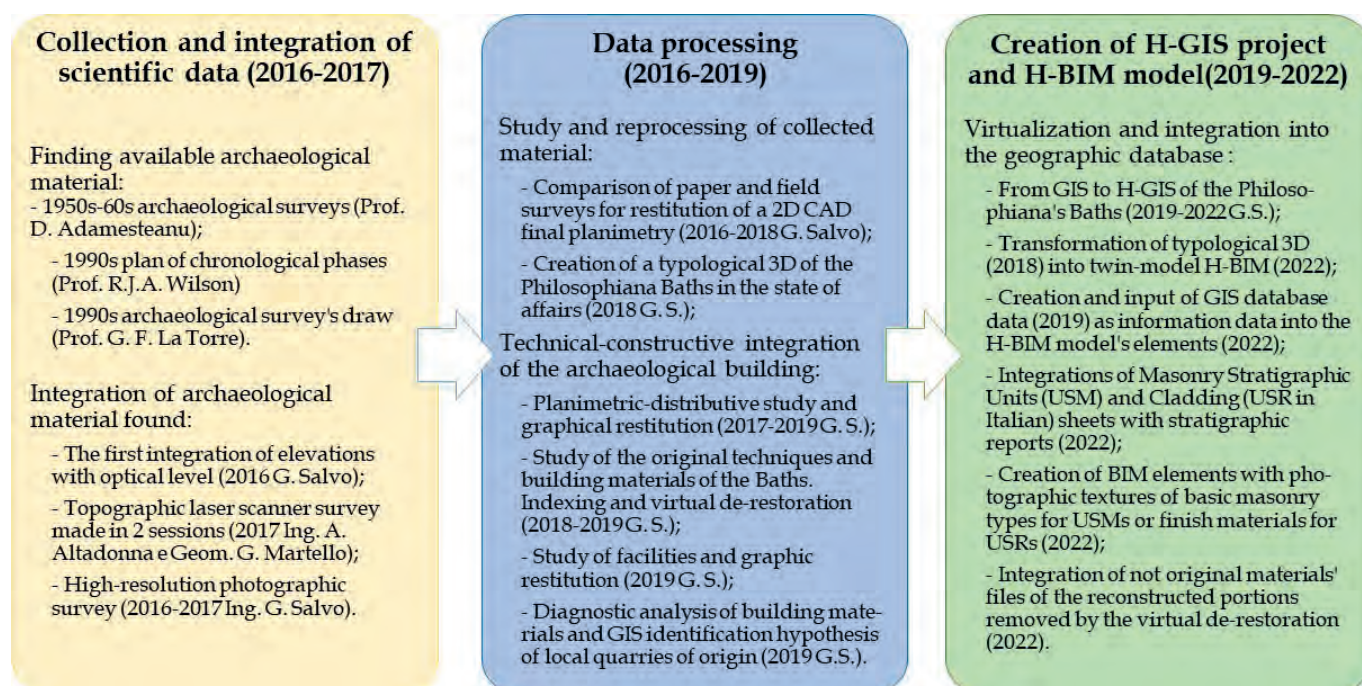


Fig. 2.10 Il workflow eseguito sulle Terme durante la collaborazione con il Philosophiana Project (2016- '19) e le nuove elaborazioni virtuali (2019- '23). [in Altadonna e Salvo, 2023]

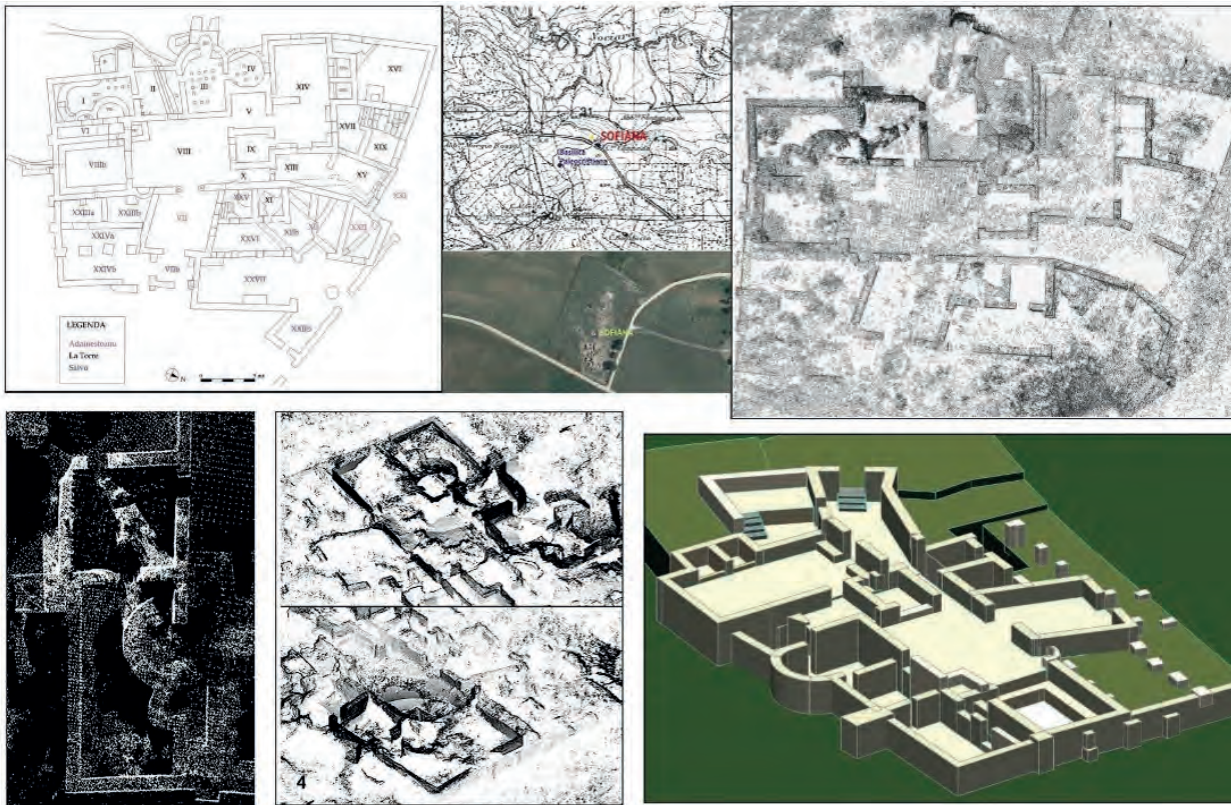


Fig. 2.11 Dalla pianta 2D in CAD, alla nuvola di punti da laserscanner, fino alla prima ricostruzione tridimensionale del modello tipologico delle Terme di Philosophiana [elab. Autrice, in *Tesi Magistrale "L'impianto termale di Philosophiana. Analisi tecnico-costruttive: un contributo ingegneristico allo studio di evidenze archeologiche"*, marzo 2021]

parametrico, includendo anche la morfologia del terreno circostante: un'analisi approfondita delle pendenze e dei profili altimetrici (grazie al DTM in QGIS) ha permesso di ricostruire l'originario sistema di canalizzazioni a servizio del complesso termale. Per quanto concerne gli alzati e le superfici degli elementi architettonici, è stata eseguita l'integrazione delle nuvole di punti all'interno dell'ambiente BIM (*Graphisoft Archicad 26*, versione *Educational*), al fine d'ottimizzare la precisione del modello tridimensionale e, contestualmente, a riprodurre con maggiore fedeltà le caratteristiche materiche e le tecniche costruttive impiegate.

In ultima istanza, il modello H-BIM, di natura eminentemente tecnica, ma fruibile esclusivamente attraverso *software* proprietari specifici, è stato convertito in un modello 3D esplorabile in realtà virtuale, iterazione orientata a scopi divulgativi, con particolare attenzione agli ambiti didattici e turistici [Altadonna e Salvo, 2023].

In merito alla metodologia adottata, il *digital twin* delle Terme di Philosophiana è stato sviluppato e perfezionato, basandosi su una sintesi di dati provenienti dalle planimetrie esistenti, dal modello tridimensionale tipologico e dalla nuvola di punti acquisita. La fase iniziale del processo ha comportato la creazione degli "elementi"

costitutivi (quali strutture murarie in pietra o laterizio, componenti verticali e orizzontali) in conformità con gli studi condotti in passato. Gli elementi "muro", precedentemente caratterizzati mediante l'applicazione di *texture* derivate da fotografie ad alta definizione, sono stati successivamente arricchiti attraverso l'integrazione delle nuvole di punti, al fine di ottenere una rappresentazione più accurata e dettagliata della loro morfologia. La procedura di testurizzazione ha incontrato limiti comuni al processo di raddrizzamento digitale delle immagini fotografiche: nello specifico, si sono riscontrati errori distorsivi, seppur contenuti, attribuibili alla distanza focale dell'apparecchiatura utilizzata (*Nikon D3200* con obiettivo 18-105 mm) e a un'insufficiente percentuale di sovrapposizione tra scatti adiacenti eseguiti originariamente solo a scopo di implementazione del database fotografico. Al fine di superare tali criticità, è stato condotto un tentativo di testurizzazione realistica mediante l'impiego delle nuvole di punti già in possesso. Tuttavia, questo approccio non ha prodotto i risultati auspicati a causa di una densità di punti inadeguata nella scansione laser. Tale carenza è stata determinata da molteplici fattori avversi, tra cui le condizioni ambientali sfavorevoli del sito e l'impossibilità di ricaricare le batterie del dispo-

sitivo di scansione laser, oltre che dalle potenzialità dello strumento (all'epoca avanguardista) utilizzato quasi un decennio addietro. In particolare, la presenza massiccia di vegetazione infestante ha generato “rumore” e interferenze nei dati acquisiti, per cui la successiva rimozione di questi elementi spuri ha lasciato lacune significative nella distribuzione dei punti, compromettendo l'integrità generale e la completezza del modello risultante.

Per il superamento di tale problema si era ventilata la possibilità di una nuova campagna di acquisizione di nuvole da integrare alle esistenti con l'uso di un laser scanner di ultima generazione (Leica BLK360) e di un drone (DJI Phantom RTK 4 Combo) in dotazione del Lab6R, che si è programmata per la prossima primavera 2025, in vista della pubblicazione monografica che vedrà la luce entro lo stesso anno per volere della missione archeologica.

Infine, nel processo di modellazione, gli elementi murari sono stati arricchiti con dati provenienti dalle schede USM (Fig. 2.12).

Inizialmente, sono state incorporate le informazioni derivanti dalle schede ministeriali dell'ICCD, che sono state successivamente integrate con dati di maggiore dettaglio, fino a includere specifiche caratteristiche materiche. Per ciascuna US è stato elaborato un «fascicolo» comprensivo, che analizza gli elementi secondo un approccio che procede dal generale al particolare. Tale analisi parte dall'identificazione degli ambienti e delle loro funzioni, prosegue con la numerazione e il riconoscimento delle US, approfondisce l'esame stratigrafico e giunge all'individuazione dei materiali costruttivi di base. Infine il processo culmina con l'inclusione dei risultati delle analisi di laboratorio (XRF, IR e SEM per le sezioni sottili) condotte sui materiali originali. Quest'ultimo set di dati, confrontato con la cartografia geologica, ha consentito di formulare interpretazioni sulla provenienza dei materiali e ipotesi di datazione degli elementi costruttivi, contribuendo alla definizione di una cronologia di fase (Fig. 2.13).

La fase conclusiva del processo ha comportato l'esportazione del modello H-BIM in formato di interscambio (.ifc) e la sua successiva integrazione all'interno del motore di virtualizzazione *Unreal Engine 5.2* (Fig. 2.14) per testare una prima sperimentazione di navigabilità degli elementi interrogabili in realtà virtuale da desktop, con visualizzazione su monitor e interazione mediante mouse e tastiera. L'approccio si inserisce in una prospettiva futura di estensione e ottimizzazione del sistema per l'utilizzo con visori e comandi indossabili ed eventuale traslazione su Metaverso dedicato [Parrinello et al., 2016; Di Gregorio, 2023].

A questo punto d'avanzamento scientifico è importante sottolineare che si è deliberatamente esclusa l'elaborazione di un'ipotesi ricostruttiva tridimensionale delle Terme nella loro interezza, comprendente anastilosi parziale, ricostruzione volumetrica, ripristino delle coperture, delle finiture e degli impianti. Questa decisione metodologica deriva dalla constatazione che gli elementi superstiti non forniscano basi sufficientemente solide per scongiurare il rischio di produrre un artefatto idealizzato, virtualmente foriero di falsi storici.

Nonostante il potenziale scenografico di tali ricostruzioni, esse si pongono in netto contrasto con il principio conservativo del “minimo intervento” e con l'obiettivo di una divulgazione qualitativa basata esclusivamente su evidenze scientifiche estremamente rigorose.



Fig. 2.12 Scheda 1/14 del fascicolo: analisi delle USM [elab. Autrice, fig. 43c in Salvo 2022, pag. 73]

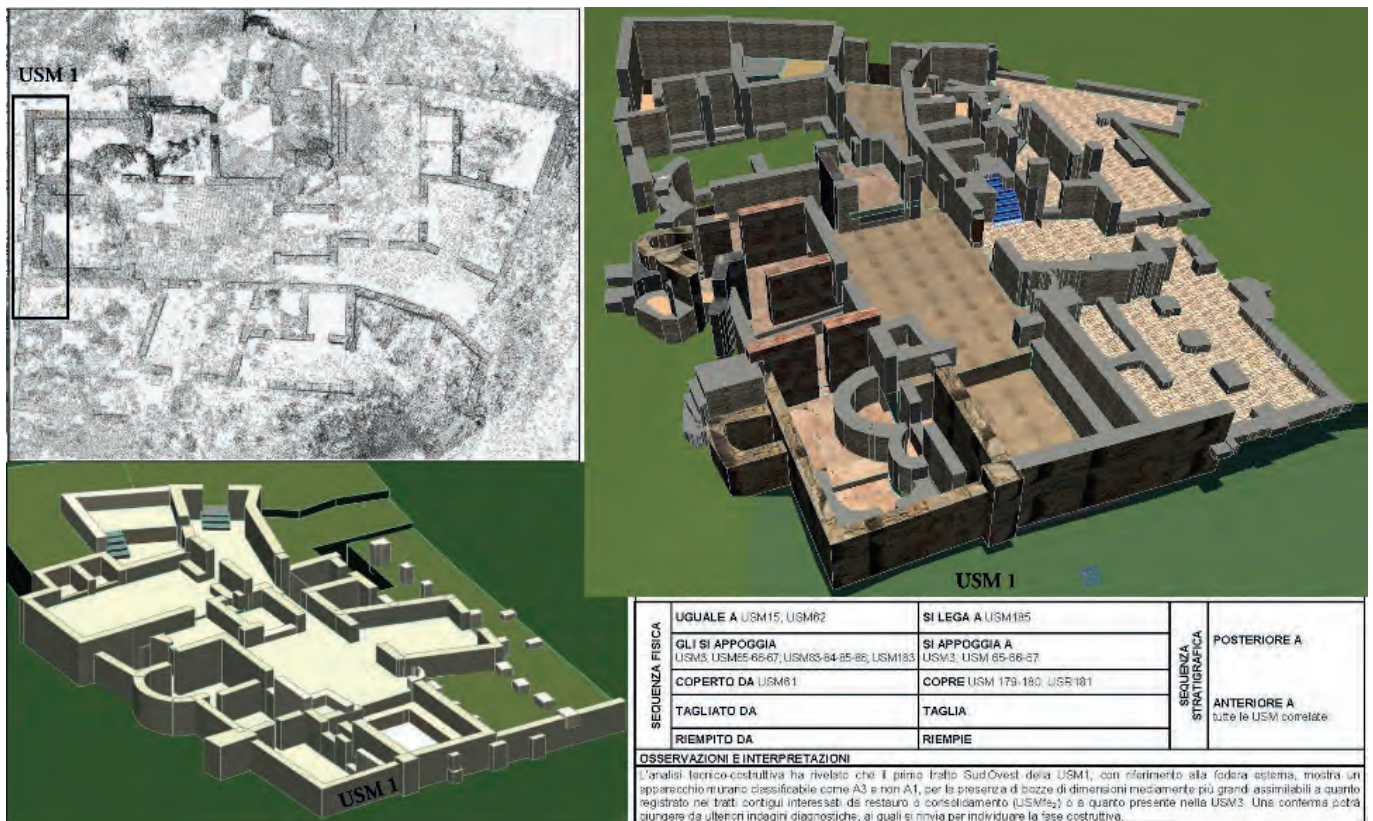


Fig. 2.13 L'evoluzione dei modelli tridimensionali delle Terme al modello BIM corredato delle schede informative (esempio dell'USM1) [elab. Aurtice]

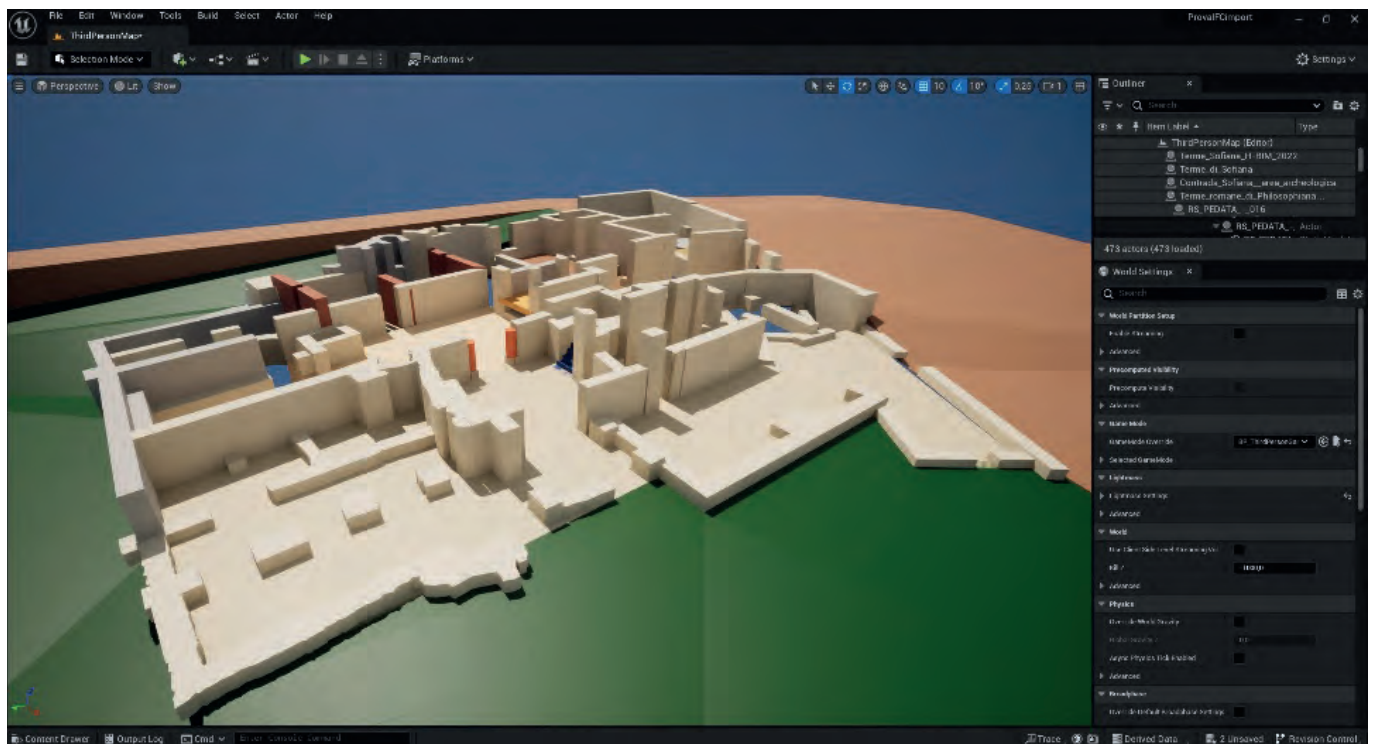


Fig. 2.14 Modello 3D navigabile in Unreal Engine 5.2, come prototipo alla creazione di un Metaverso dedicato alla città di Messina [elab. Aurtice]

## 2.3 Limiti e potenzialità metodologiche ed esecutive

Nell'ambito della ricerca accademica e dell'implementazione pratica, l'analisi dei limiti e delle potenzialità metodologiche ed esecutive rappresenta un aspetto fondamentale per comprendere la validità e l'applicabilità scientifica di qualsiasi studio. In quanto processo di valutazione critica, esso consente di identificare non solo le aree di forza, ma anche quelle di debolezza, fornendo una base solida per il miglioramento continuo e l'innovazione. Dal punto di vista metodologico in particolare, uno dei principali limiti è spesso rappresentato dalla difficoltà di garantire la generalizzabilità dei risultati, poiché le metodologie, per quanto rigorose, possono essere influenzate da variabili contestuali che ne limitano l'applicabilità in contesti diversi da quelli originari, aspetto che però può trasformarsi in una potenzialità se vista come stimolo per lo sviluppo di approcci più flessibili e adattabili, capaci di tenere conto della complessità dei fenomeni vagliati.

Sul fronte esecutivo, uno dei principali ostacoli è rappresentato dalla difficoltà di tradurre le conoscenze teoriche in pratiche efficaci: per quanto il divario tra teoria e pratica può essere significativo, soprattutto in campi caratterizzati da rapidi cambiamenti, nondimeno può stimolare lo sviluppo di approcci interdisciplinari e collaborativi, favorendo l'integrazione di prospettive diverse e la creazione di soluzioni innovative.

Le risorse limitate, nel tempo o nella quantità, rappresentano un altro vincolo significativo esecutivo, che può a sua volta stimolare la ricerca di metodologie più snelle ed economiche, come per esempio la predilezione non tanto per strumenti meno tecnologici quanto per *software open source* paragonabili a quelli proprietari. In termini umani, infine, una certa riottosità o una netta resistenza al cambiamento, sia a livello individuale che organizzativo in seno ad ambienti accademici, può ostacolare l'implementazione di nuove metodologie o di pratiche eterodosse se non pionieristiche, anche quando queste innovazioni sono supportate da solide evidenze. Una ipotetica impermeabilità iniziale può essere superata con il coinvolgimento di differenti professionalità specialistiche e l'affiancamento di nuove leve per il ricambio di idee, nell'ottica di un'opportunità di apprendimento e crescita collettiva senza prevaricazioni.

In altri termini, a valle delle esperienze esposte nel precedente paragrafo e maturate in termini sia esecutivi che di restituzione di prodotti finali, si vogliono analizzare sinte-

ticamente quali e quanti limiti e potenzialità siano emersi, quando e come si sia potuta trovare soluzioni efficaci oppure se e perché siano rimasti degli ostacoli insormontabili a circoscrivere applicabilità o replicabilità scientifica.

### 2.3.1 LIMITI E POTENZIALITÀ DI METODO: IL MUSEO REGIONALE DI MESSINA

Nello studio eseguito sulla composizione dell'utenza museale, con particolare attenzione alle persone con disabilità, i risultati hanno evidenziato una significativa sottorappresentazione di visitatori con esigenze specifiche legate a capacità fisiche, cognitive ed emotive; una disparità che sottolinea come, ancora oggi, le barriere di varia natura ostacolano l'accesso ai luoghi della cultura per molti individui. L'ipotesi di partenza si esplica nella convinzione che l'integrazione tecnologica, supportata da un'attenta progettazione degli spazi e dei percorsi, possa rivoluzionare l'interazione tra le persone e gli ambienti museali. L'obiettivo è stato quindi tradurre il concetto astratto di accessibilità in soluzioni tangibili, trasformando gli spazi espositivi in ambienti *smart* e interattivi, mirando a superare le barriere tradizionali attraverso la creazione di esperienze museali inclusive e coinvolgenti per un pubblico più ampio e diversificato. Nel contesto della crescente digitalizzazione del patrimonio culturale, emergono tuttavia diverse sfide e limitazioni che meritano un'attenta considerazione, soprattutto nel caso specifico in cui ci si è occupati di un problema più teorico che applicativo, per cui i principali ostacoli che si frappongono all'implementazione diffusa di soluzioni digitali avanzate nel settore dei beni culturali, con particolare attenzione alle repliche 3D e alle tecnologie immersive, sono molto legate alla letteratura scientifica edita di settore.

Innanzitutto, il principale problema attuativo deriverebbe da vincoli economici e quindi legato alla sostenibilità finanziaria, dal momento che l'adozione di tecnologie all'avanguardia per la digitalizzazione e la replica del patrimonio culturale comporta investimenti significativi: i costi non si limiterebbero all'acquisto iniziale di *hardware* e *software* specializzati, ma si estenderebbero alla manutenzione continua, agli aggiornamenti periodici e alla eventuale formazione del personale operante. Per molte istituzioni culturali, soprattutto quelle di dimensioni ridotte o con risorse limitate, oneri finanziari

di tale portata possono risultare proibitivi, limitando di fatto l'accesso ad alcune o a tutte le innovazioni tecnologiche. Superati gli ostacoli economici, altro aspetto fondamentale consiste nelle tempistiche di esecuzione e nel carico di lavoro, che comporta precise programmazioni a monte e un gruppo di lavoro adeguato: la realizzazione di repliche 3D e contenuti digitali di alta qualità richiede un notevole investimento in termini di tempo e risorse umane. Il processo, che va dalla scansione iniziale alla post-produzione, passando o meno per la creazione di narrazioni interattive (*storytelling* digitale), implica fasi particolarmente laboriose e mirate che necessitano sempre di competenze specifiche. Per tale ragione la formazione del personale esistente o l'assunzione di nuovi professionisti specializzati rappresenta un ulteriore aggravio sia in termini di tempo che, nuovamente, di risorse economiche. Spesso è proprio questo aspetto, insieme al problema dei fondi di investimento, che può rallentare significativamente l'implementazione di progetti di digitalizzazione, specialmente se da avviare su larga scala, come avvenuto per il Museo Regionale di Messina<sup>28</sup>.

Ancora, l'implementazione di soluzioni digitali avanzate necessita di infrastrutture tecnologiche dedicate, che possono variare da postazioni fisse a dispositivi mobili, a seconda delle specifiche esigenze progettuali; dotazioni che non solo rappresentano un costo iniziale considerevole, ma comportano anche difficoltà logistiche in termini di spazio, gestione e manutenzione. La necessità di interventi tecnici regolari, occasionali riparazioni e aggiornamenti periodici aggiunge un ulteriore livello di complessità e, come sempre, costi operativi continui, che possono intaccare pesantemente le troppo spesso risicate risorse delle istituzioni culturali.

Altro aspetto non indifferente sta nella complessità nella creazione di *digital twins*, in quanto la creazione di repliche digitali fedeli degli artefatti culturali di qualsiasi dimensione, peso e ingombro, presenta sfide tecniche e operative significative, visto che il processo richiede non solo tecnologie di scansione specialistiche per oggetti diversi, ma anche competenze qualificate per la manipolazione e l'ottimizzazione dei dati 3D. La fase di post-produzione, in particolare, può rivelarsi estremamente lunga e complessa, richiedendo un equilibrio delicato tra fedeltà alla replica e ottimizzazione per la fruizione digitale. Inoltre, la necessità di supporti adeguati alla visualizzazione e l'interazione con questi modelli digitali (come disposi-

tivi VR/AR o display ad alta risoluzione) aggiunge un ulteriore strato di complessità e relativi costi. Per questo sebbene le soluzioni digitali offrano indubbiamente opportunità straordinarie per la valorizzazione e la conservazione del patrimonio culturale, nondimeno le limitazioni discusse evidenziano la necessità di un approccio ponderato e strategico nell'adozione delle tecnologie specifiche e mirate. È fondamentale che le singole istituzioni culturali come il MuMe valutino attentamente i rapporti costi-benefici, considerando non solo i vantaggi immediati, ma anche le ricadute a lungo termine in termini di sostenibilità economica e operativa.

Per quel che riguarda lo stato attuale dell'accessibilità museale in generale, come purtroppo è testimonianza il Museo Peloritano, nonostante l'esistenza di linee guida europee e normative nazionali sull'accessibilità dei prodotti ICT, l'applicazione estensiva dei principi dell'Universal Design nei contesti museali rimane un obiettivo largamente irrealizzato. Gli interventi volti a migliorare l'accessibilità si caratterizzano nella loro sporadicità e frammentarietà, mancando insomma di un approccio unitario e sistematico, limitandosi troppo spesso a progetti specifici, come musei dedicati esclusivamente a utenti non vedenti, visite guidate in lingua dei segni o percorsi tattili avulsi da quelli classici quasi a creare una ghettizzazione. Questi ultimi, in particolare, sono frequentemente circoscritti alla manipolazione di repliche, offrendo scarse opportunità di approfondimento. Situazione questa che reclama un approccio più integrato e inclusivo nella progettazione degli spazi museali e delle esperienze offerte ai visitatori.

In questo contesto, un modello virtuoso è il *DHILab* (*Digital Heritage Innovation Lab*) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze del Patrimonio (CNR-ISPC)<sup>29</sup>, che si pone all'avanguardia nell'innovazione museale. Il laboratorio è stato coinvolto in progetti pionieristici focalizzati sulla definizione di nuovi paradigmi per ambienti museali virtuali, sullo sviluppo di installazioni tecnologiche avanzate e sull'implementazione di strategie comunicative mirate. Su questa linea sono stati orientati gli interventi suggeriti per il MuME, verso una visione innovativa dell'accessibilità museale. Il progetto si propone di creare installazioni interattive e dinamiche, sviluppando postazioni fruibili sia individualmente che in modalità *multiplayer*, con l'obiettivo di offrire esperienze contemplative arricchite che valorizzino non solo le ope-

re esposte, ma anche quelle conservate nei depositi museali. Attraverso l'uso innovativo della tecnologia e una progettazione attenta alle diverse esigenze dei visitatori, il progetto MuME si propone di superare le tradizionali barriere fisiche e cognitive che hanno storicamente limitato l'accesso ai contenuti culturali. Inoltre, l'integrazione di elementi interattivi e la possibilità di esplorare virtualmente anche le opere non direttamente esposte aprono nuove prospettive per la fruizione del patrimonio culturale musealizzato, rendendo l'esperienza di visita più ricca e significativa per tutti gli utenti, indipendentemente dalle loro capacità o limitazioni.

Questa nuova concezione di museo non solo risponde alle esigenze di accessibilità, ma ridefinisce il ruolo stesso dell'istituzione museale/espositiva nella società contemporanea, trasformandola in un luogo di apprendimento attivo, tra scoperta e condivisione culturale, per un pubblico sempre più ampio e naturalmente diversificato.

### 2.3.2 LIMITI E POTENZIALITÀ DI METODO: IL CASO DELLE MASSE (ME)

Nell'esecuzione dei rilievi sul territorio delle Masse e relative pertinenze rurali, sono state riscontrate difficoltà oggettive e quindi indipendenti dall'azione antropica e alcune altre direttamente legate agli usi durante i test metodologici per comprendere e delineare, al di là delle numerose potenzialità, i limiti dell'interlocazione di strumenti diversi tra loro e della restituzione di dati multifonte che non è sempre possibile rendere disponibili se non attraverso determinati *software*.

Sebbene sia ormai chiaro quanto l'impiego di tecnologie strumentali avanzate nel rilievo architettonico e paesaggistico abbia indubbiamente rivoluzionato le metodologie di acquisizione e analisi dei dati, tuttavia l'applicazione di tali strumenti, particolarmente in contesti di aperta campagna, presenta una serie di limitazioni e sfide che meritano un'attenta considerazione, oltre che particolari cautele che devono necessariamente essere messe in atto per preservare la scientificità delle operazioni e non inficiare quella dei prodotti finali e dei risultati ottenuti. In primis, la competenza e soprattutto l'esperienza degli operatori, sia in ambito esecutivo strumentale che poi nelle fasi di restituzione digitale, emerge come fattore cruciale. L'utilizzo efficace di strumentazioni quali laser scanner terrestri, sistemi fotogrammetrici e droni richiede una formazione specialistica che va oltre la mera conoscenza tecnica dei principi di rilevamento e che si esplica

nella capacità di progettare adeguatamente a monte le operazioni di rilievo e a valle d'interpretare criticamente i dati acquisiti. Per cui, come detto, la carenza di personale adeguatamente qualificato può compromettere significativamente l'accuratezza e l'affidabilità dei rilievi, introducendo errori sistematici difficilmente individuabili negli stadi successivi d'elaborazione e output. Nel caso specifico, però, lavorando in seno a un Laboratorio specialistico, non sono sorte le suddette problematiche se non nelle occasioni didattiche di apertura ai neofiti e soltanto nelle prime esperienze applicative.

Sebbene agli occhi del mondo appaia il contrario, le tecnologie stesse, per quanto sofisticate, presentano limitazioni intrinseche. I laser scanner, ad esempio, possono incontrare elevate difficoltà nella rilevazione di superfici riflettenti o altamente assorbenti, così come restituire grosse lacune per carenza di punti causate dalla vegetazione infestante o da ostacoli fissi, tutti fattori comuni in ambienti naturali. La fotogrammetria, d'altro canto, è fortemente influenzata dalle condizioni di illuminazione, temperatura e igroscopia, che in contesti aperti possono variare rapidamente, compromettendo la coerenza dei dataset e inficiare irrimediabilmente le operazioni. A loro volta i sistemi UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*: droni), pur offrendo prospettive uniche per la completezza spaziale dei rilievi terrestri, sono soggetti non tanto a restrizioni normative facilmente superabili<sup>30</sup> quanto a condizioni meteorologiche, spesso volubili nell'arco delle ore di missione, che ne limitano parecchio l'operatività. Infine, il fattore temporale rappresenta un'ulteriore criticità da tenere in conto, poiché l'acquisizione dei dati *in situ*, specialmente in aree vaste e/o poco accessibili, può richiedere tempistiche considerevoli per lo svolgimento delle operazioni. Aspetto che incide non solo sui costi operativi (in questo caso inesistenti, se non si tiene conto dell'usura di batterie e di pezzi meccanici e ottici), ma può anche introdurre discrepanze nei dati dovute alle suddette variazioni ambientali durante il periodo di rilevamento.

Passando poi alla successiva fase, ossia quella di elaborazione dei dati, caratterizzata dalla gestione di volumi informativi estremamente consistenti, richiede tempi altrettanto significativi e risorse computazionali adeguate ed ingenti, riferibili a macchine potenti totalmente dedicate a tal uopo. Se si fa riferimento al contesto specifico dell'aperta campagna, emergono ulteriori complessità, come la variabilità morfologica del terreno, che può ostacolare il posi-

zionamento ottimale degli strumenti o la intervisibilità tra stazioni fisse e punti mobili, influenzando così la completezza e l'accuratezza dei rilievi. Ancora una volta la presenza di vegetazione può occludere elementi di interesse, interferire con i segnali GPS e compromettere la qualità dei dati acquisiti tramite il telerilevamento. Inoltre, l'eventuale assenza di riferimenti antropici chiaramente definiti, tipica degli ambienti rurali, può complicare la fase di georeferenziazione dei dati, che è invece fondamentale per l'integrazione di rilievi effettuati con strumentazioni diverse o in momenti successivi.

Per quel che riguarda le potenzialità, l'impiego delle succitate tecnologie strumentali avanzate nel campo del rilievo architettonico e paesaggistico del Laboratorio 6R ha aperto nuovi orizzonti per testare declinazioni metodologiche diverse, soprattutto nelle pratiche congiunte di mappatura e schedatura, offrendo potenzialità senza precedenti per la restituzione della documentazione, l'analisi e la gestione del patrimonio culturale e ambientale oggetto di studio. Nel contesto della mappatura eseguita e tutt'oggi in fase di implementamento, l'integrazione dei sistemi di posizionamento globale (GPS o GNSS) ad alta precisione con tecnologie di telerilevamento come LiDAR (*Light Detection and Ranging*) e fotogrammetria digitale, ha aggiornato la capacità per il gruppo di lavoro di acquisire dati geospaziali accurati e dettagliati. Si sono spinti gli strumenti in dotazione al Lab6R per consentire la creazione di modelli digitali del terreno (DTM) e modelli digitali di superficie (DSM) delle porzioni territoriali direttamente rilevate con una risoluzione e precisione migliorata rispetto all'uso di un solo strumento per volta. Poiché la possibilità di generare ortofoto ad alta e altissima risoluzione e nuvole di punti tridimensionali ha permesso, nei casi più fortunati<sup>31</sup>, una rappresentazione fedele e completa del territorio, facilitando l'identificazione e la localizzazione precisa di elementi di interesse storico-archeologico o paesaggistico.

Il passo successivo sarà la mappatura tridimensionale, per testare nuove prospettive per l'analisi del paesaggio culturale, in quanto poter visualizzare e manipolare modelli 3D consente di studiare relazioni spaziali complesse, come l'intervisibilità tra siti archeologici o l'impatto visivo di strutture antropiche sul paesaggio naturale.

Da qui è intuibile quanto tali strumenti si rivelino particolarmente preziosi nell'ambito della pianificazione territoriale e nella valutazione dell'impatto ambientale

di interventi antropici. Per quanto concerne poi la schedatura che si è effettuata prima in campagna e poi approfonditamente in laboratorio, ci è stata possibile grazie all'evoluzione delle tecnologie digitali che ha portato a un significativo miglioramento nella raccolta, organizzazione e accessibilità dei dati.

In particolare, in virtù dell'affermazione dei sistemi di informazione geografica (GIS) come strumenti indispensabili per l'integrazione di dati spaziali e alfanumerici, è stata sfruttata la possibilità di associare informazioni dettagliate a specifiche coordinate geografiche per la creazione di database geospaziali complessi, in grado di supportare analisi multidimensionali e interdisciplinari. La precisione nei dati geospaziali collezionati è stata validata grazie all'utilizzo di dispositivi mobili dotati di GPS e connettività di rete, disponibili tra la nostra dotazione strumentale, che ha rivoluzionato le pratiche di schedatura sul campo. Applicazioni dedicate, come *QField* da noi usata in mobilità su *tablet Android*, consentono la compilazione di geometrie georiferite con allegate le prime schede digitali compilate velocemente in situ, con la possibilità di allegare fotografie, registrazioni audio, video e annotazioni geolocalizzate.

L'approccio non solo ci ha permesso d'aumentare l'efficienza del processo di documentazione, ma riduce - oltre al carico di lavoro in studio - anche il rischio di errori di trascrizione e permette, se in condizioni favorevoli di precisione, un aggiornamento in tempo reale dei database centrali.

Quel che non si è ancora testato, ma che sarà oggetto di una delle prossime prove di implementazione ulteriore in 3D, è l'ibridazione con tecnologie di AR, che stanno emergendo come strumenti promettenti per la visualizzazione e l'interazione con i dati di schedatura direttamente sul campo, permettendo di sovrapporre informazioni digitali alla vista del mondo reale e facilitando, quindi, la contestualizzazione dei dati e supportando processi decisionali *in situ*.

Pure l'integrazione di tecniche di intelligenza artificiale e *machine learning* nei processi di schedatura apre nuove frontiere nell'analisi automatizzata dei dati: sfruttando algoritmi di riconoscimento delle immagini si può essere supportati nell'identificazione e nella classificazione di elementi architettonici, tipologie costruttive, materiali o specie vegetali<sup>32</sup>, accelerando notevolmente il processo di catalogazione e riducendo il margine di errore umano. Per quel che riguarda i formati di scheda, nel caso spe-

cifico allineati alle norme di catalogazione dell'ICCD, la standardizzazione dei formati di dati e l'adozione di protocolli di interoperabilità stanno facilitando la condivisione e l'integrazione di *dataset* provenienti da fonti diverse, al fine di favorire la creazione di archivi digitali complessi e stratificati, essenziali per una comprensione olistica del patrimonio culturale e naturale.

Alla luce dei risultati ottenuti, è pleonastico sottolineare come le tecnologie strumentali avanzate hanno notevolmente potenziato le capacità di mappatura e schedatura eseguite dal nostro laboratorio anche e soprattutto grazie ad approcci interdisciplinari, garantendo precisione, completezza e accessibilità dei dati, tuttavia è fondamentale sottolineare che l'efficacia di questi strumenti dipende dalla loro integrazione in un quadro metodologico rigoroso e dalla competenza degli operatori nel loro utilizzo e nell'interpretazione dei risultati.

Allo stesso modo, l'integrazione di metodologie investigative avanzate e l'impiego di tecnologie informatiche all'avanguardia possano consentire l'elaborazione di strategie future, caratterizzate da un approccio informato e multidisciplinare, finalizzate alla conservazione, alla mitigazione dei rischi e alla fruizione sostenibile del patrimonio, sia materiale che immateriale. In particolare, questo paradigma operativo si inserisce in un'ottica di conoscenza che trascende la mera preservazione dei soli monumenti universalmente riconosciuti, ma che comprenda pure quegli elementi architettonici tradizionalmente classificati come "minori" che invece rivestono un ruolo fondamentale nella definizione dell'identità territoriale. La sinergia tra metodologie di indagine innovative e strumenti digitali avanzati qui applicati si declinano non solo sul piano culturale di conoscenza storico-architettonica, ma anche operativo ossia nella possibilità di implementare politiche di tutela e valorizzazione più efficaci e coerenti con la realtà multiforme del patrimonio culturale, promuovendo al contempo uno sviluppo territoriale sostenibile e rispettoso delle peculiarità locali.

In chiusura, mentre le tecnologie strumentali offrono potenzialità senza precedenti nel campo del rilevamento, la loro applicazione efficace richiede una consapevolezza critica delle loro limitazioni. Un approccio metodologico rigoroso, che integri competenze multidisciplinari e consideri attentamente le specificità del contesto operativo, risulta essenziale per superare queste sfide e garantire risultati scientificamente validi e operativamente utili.

### 2.3.3 LIMITI E POTENZIALITÀ DI METODO PER LE TERME ROMANE DI PHILOSOPHIANA (CL)

Riuscire a sintetizzare quali limiti e potenzialità siano emerse dall'esperienza multidisciplinare sul sito di Philosophiana è un compito arduo e al contempo gratificante. Tra le potenzialità che possono essere enumerate, esiste già una vasta letteratura in rapido e continuo aggiornamento attinente ai prodotti multimediali che trovano sempre più ampio utilizzo per la divulgazione e promozione del Patrimonio Culturale: dalle postazioni stabili all'interno di antiquaria e musei alle applicazioni per *smartphones* di supporto alla visita e alla comprensione delle architetture, delle opere e dei manufatti visitati. L'integrazione di tecnologie multimediali nel contesto dei siti culturali rappresenta un fenomeno ormai diffuso e scientificamente consolidato: le postazioni multimediali fisse, collocate strategicamente all'interno degli spazi espositivi, costituiscono un elemento ormai comune nel panorama museale contemporaneo permettendo ai visitatori di accedere a contenuti supplementari, approfondimenti tematici e ricostruzioni virtuali, così da arricchire significativamente l'esperienza di visita e favorendo una comprensione più articolata e multidimensionale del patrimonio culturale.

Parallelamente, lo sviluppo e la diffusione capillare di dispositivi mobili ha aperto nuove frontiere sotto il profilo della fruizione, da quando le applicazioni per *smartphone*, in particolare, si sono affermate come strumenti versatili e potenti, capaci di supportare il visitatore durante l'esplorazione di siti archeologici, musei e monumenti. Grazie alla loro interattività e personalizzazione, offrono guide audio, mappe interattive, ricostruzioni tridimensionali e contenuti multimediali accessibili in tempo reale, facilitando la comprensione e l'interpretazione del bene esposto.

La letteratura emergente in questo ambito si caratterizza per l'approccio spiccatamente interdisciplinare, che integra competenze provenienti da settori diversi come l'archeologia e la museologia, le scienze dell'informazione, l'architettura e il design, le scienze cognitive, etc.

Nel caso di Philosophiana, però, al fine di svincolare questo legame costringente con il sito archeologico, si è creato un H-BIM delle Terme di Philosophiana consultabile mediante un *web tool*, in modo tale da essere fruibile non solo alla direzione e ai funzionari del Parco<sup>33</sup>, per le azioni di gestione e coordinamento, e a tutti i tecnici, per la manutenzione

e la conservazione, ma anche a tutti gli utenti che vogliano sperimentarne la navigazione e gli approfondimenti.

Senza voler entrare troppo nel merito della delicata e complessa situazione del sistema dei Parchi siciliani, si ricorda che dal 2000 essi sono dotati della completa autonomia scientifica e di ricerca, organizzativa e finanziaria, aspetti che comportano e richiedono una conoscenza gestionale che esula dalle competenze progettuali, ma che possono essere integrate nel modello collaborativo H-BIM dalle figure professionali preposte.

Per quanto riguarda la scientificità legata alla fruizione, il modello tridimensionale delle Terme è replicabile - in situ o in sale immersive - sfruttando le ultimissime tecnologie di realtà virtuale e aumentata (visori VR/AR/XR o app per *smartphone*) o proiettato in filmati ricostruttivi, scientificamente validi ma di taglio divulgativo. Grazie alla loro ubiquità intrinseca, ovvero la facoltà di essere raggiungibili e visitabili da ogni terminale connesso, diventano al contempo risorse turistiche, non più necessariamente legate al luogo fisico, e scientifico-documentali per i campi di studio specifici (catalogazione, tutela e conservazione, progettazione, valorizzazione e musealizzazione, gestione e coordinamento, fruizione, etc.).

Tra i limiti riscontrati ma superabili, la complessità del progetto è ancora più accentuata dalle peculiarità amministrative del sito. Mentre la sede amministrativa del Parco archeologico di Morgantina e della Villa Romana del Casale si trova nel comune di Piazza Armerina, in provincia di Enna, l'area archeologica di Philosophiana ricade nel territorio di Mazzarino, in provincia di Caltanissetta. Questa dislocazione geografica si accompagna a una totale assenza di personale addetto alla custodia e all'acco-

glienza in loco, sottolineando ulteriormente l'importanza e l'utilità della virtualizzazione.

Come già accennato precedentemente, tra i *dataset* acquisiti per la digitalizzazione in 3D delle Terme, le nuvole di punti registrate con *laserscanner* ormai datato presentano densità di punti che non soddisfano le altissime risoluzioni delle piattaforme di virtualizzazione, ma permettono delle restituzioni scientificamente accettabili ma non "stressabili" oltre certi limiti.

Le restituzioni se da un lato hanno il vantaggio di essere snelle e leggere per girare agevolmente su tutti i supporti multimediali, dall'altro risentono della distribuzione rada dei punti nella risoluzione foto-realistica delle *textures*.

Da un punto di vista ribaltato, però, la virtualizzazione in questo contesto non solo supera le barriere fisiche di accesso, ma offre anche una soluzione alle sfide gestionali e amministrative, ossia permette di valorizzare e rendere fruibile un sito che, altrimenti, rischierebbe di rimanere inaccessibile e poco conosciuto, trasformando un vincolo in un'opportunità di innovazione e di ampliamento dell'accesso al patrimonio culturale.

Anche in questo caso studio, l'approccio esposto dimostra come le tecnologie digitali possano giocare un ruolo cruciale nella conservazione, studio e divulgazione del patrimonio archeologico, specialmente in situazioni dove le risorse umane e finanziarie per la gestione tradizionale risultano limitate o insufficienti.

Il caso di Philosophiana si pone così come un modello innovativo per la gestione e la valorizzazione di siti archeologici "marginali", aprendo nuove prospettive per l'archeologia digitale e la fruizione culturale nel XXI secolo.

**Note 2**

- <sup>1</sup> Fonte web: <https://www.treccani.it/enciclopedia/digitalizzazione/>, marzo 2023
- <sup>2</sup> Fonte web: <https://www.treccani.it/vocabolario/digitalizzare1/>, marzo 2023
- <sup>3</sup> Fonte web: [https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/digital-transition\\_it](https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/digital-transition_it), marzo 2023
- <sup>4</sup> Documentali, ma anche grafiche, fotografiche, tipologiche con disegni CAD 2D, restituzioni tridimensionali analogiche – modellini e bozzetti - o digitali, etc.
- <sup>5</sup> Singoli ambienti, oggetti interi o aree estese, siti, edifici, etc
- <sup>6</sup> Il progetto è stato sviluppato su piattaforma opensource QGIS, che sarà ancora una volta scelto tra i programmi disponibili sul mercato per la strenua volontà di mantenere accessibile a chiunque (possieda un terminale) il lavoro finora sviluppato e quello futuro che qui si auspica di implementare.
- <sup>7</sup> Il Laboratorio di Studi doCme 1908: Centro di Documentazione per Messina è stato istituito nel 2017 all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Messina con lo scopo di raccogliere, studiare e divulgare il patrimonio documentario sparso in archivi, pubblici e privati, non solo cittadini ma anche nazionali e internazionali, attinente alle ricostruzioni post-sismiche e post-belliche attraverso le quali la città peloritana si è trasformata.
- <sup>8</sup> Nello specifico la scrivente ha affiancato il prof. Alessio Altadonna (cotutor) in diverse attività congiunte dei Laboratori di Rilievo dell'Architettura e di Restauro.
- <sup>9</sup> D.M. del 14 giugno 1989, n. 236 “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche”. (GU Serie Generale n.145 del 23-06-1989 - Suppl. Ordinario n. 47).
- <sup>10</sup> Prestinenza Puglisi L. Le barriere architettoniche. Guida normativa aggiornata al DPR 503/1996, Carocci, 1996.
- <sup>11</sup> L'avvio formale del procedimento di costruzione del S.M.N. è stato sancito dal Decreto Ministeriale n. 113 del 21 febbraio 2018, recante Adozione dei livelli minimi uniformi di qualità per i musei e i luoghi della cultura di appartenenza pubblica e attivazione del Sistema Museale Nazionale. Le attività sono state coordinate dal giugno 2017 al luglio 2018 da Fabrizio Vescovo.
- <sup>12</sup> All'epoca sintetizzato in MuMe, nel 2024 è stato intitolato alla prima Direttrice Dott.ssa Maria Accascina
- <sup>13</sup> Ossia la sede originale dell'ex Filanda e quella nuova di “recente” inaugurazione (2006).
- <sup>14</sup> Anche se è in fase di progetto un percorso dotato di supporti di percezione tattile per fruitori ipovedenti e non vedenti
- <sup>15</sup> Attualmente i diversi colori sono utilizzati esclusivamente per rappresentare le differenti epoche artistiche.
- <sup>16</sup> Nel 2019 è stata pubblicata una nuova versione della guida europea “Accessibility requirements for Information and Communication Technologies (ICT) products and services” (EN 301549) che dà precise indicazioni su tecnologie basate sul Web, non Web e ibride, per migliorare l'accessibilità e l'usabilità delle applicazioni multimediali, e il comfort d'uso, da parte di visitatori con capacità visive e uditive limitate, in sedia a rotelle e persone con disabilità cognitive.
- <sup>17</sup> *Tangible User Interfaces* (TUI) è una forma di tecnologia volta a migliorare il coinvolgimento, la partecipazione attiva e l'accessibilità degli utenti nei luoghi del patrimonio culturale. Le TUI sviluppate da Gagarin ([www.gagarin.is](http://www.gagarin.is), consultato il 3 giugno 2022), società con sede in Islanda, sono state utilizzate nei musei di tutto il mondo; tra questi l'“Espositore for All” di Torino (<https://italiapost.it/torino-venaria-espositore-for-all/>, sito consultato il 3 giugno 2022), il Museo Tattile Nazionale Omero di Ancona ([www.museoomero.it](http://www.museoomero.it), consultato il 3 giugno 2022), il Museo Tattile di Varese ([www.museotattilevarese.it/](http://www.museotattilevarese.it/), consultato il 3 giugno 2022), l'antica *domus* di Via dell'Abbondanza di Pesaro ( [www.pesaromusei.it/area-archeologica-via-dellabbondanza/](http://www.pesaromusei.it/area-archeologica-via-dellabbondanza/), consultato il 3 giugno 2022).
- <sup>18</sup> Della sezione Rilievo dell'Architettura è responsabile il prof. Alessio Altadonna, cotutor di questa tesi, mentre il prof. Fabio Todesco lo è di quella di Restauro Architettonico, oltre che direttore dell'intero laboratorio 6R.
- <sup>19</sup> Dalla più estesa alla minore: Massa San Giorgio, M. San Giovanni, M. Santa Lucia e M. San Nicola. Da fonti storiche settecentesche che si rifanno ad alcune precedenti [Massa 1709, p. 231; Pirri R. 1733; Buonfiglio 1606] sembra che ne esistessero altre due (M. San Gregorio e M. San Michele), poi scomparse o inglobate nelle precedenti.
- <sup>20</sup> La testimonianza di Papiniano, collocabile cronologicamente tra la fine del II e l'inizio del III secolo d.C., fornisce un terminus post quem per l'adozione di tale pratica organizzativa. La sua diffusione e consolidamento nel corso del secolo successivo suggeriscono una progressiva ottimizzazione delle tecniche amministrative applicate alle vaste proprietà terriere, in risposta alle mutevoli esigenze economiche e sociali del periodo.
- <sup>21</sup> Forma particolare di insediamento monastico che fiorì nell'Impero Bizantino tra il V e il XV secolo come complessi monastici caratterizzati da un insieme di celle o grotte separate dove i monaci vivevano in relativo isolamento. Questi alloggi individuali erano disposti intorno a una chiesa centrale o a un'area comune che fungeva da punto di incontro per la comunità ove condividere i pasti o alcuni momenti di preghiere congiunte [A. Messina, *Le chiese rupestri della Puglia e Basilicata*, Mario Adda, Bari, 1998].
- <sup>22</sup> Originariamente di età altomedievale, normanna e successive, ma rimaste in uso come ricoveri per attrezzi agricoli o a scopi pastorali fino a pochi decenni fa.

<sup>23</sup> Il primo nucleo di proprietà verrà formato con la ricca donazione dell'Arcivescovo di Messina Ugone che, con un rescritto dell'ottobre 1131, concedeva all'Archimandrita ben 35 chiese e monasteri con le loro possessioni e relativi domini

<sup>24</sup> Per questa strategicità sullo Stretto di Messina Re Ruggero volle che fosse dotato di una propria flotta e che godesse di speciali privilegi commerciali

<sup>25</sup> Strumenti usati: laser scanner Leica BLK360, GPS Leica Zeno FLX100 con modulo RTK, macchina fotografiche Nikon D90 e D5600, drone DJI Mavic 3T RTK.

<sup>26</sup> Tra tutte le Masse che hanno subito un drastico taglio della popolazione dal secondo dopoguerra in poi, San Nicola risulta la più colpita, passando da uno spopolamento totale (anni 2000-2020 circa) a un minimo rinvigorimento grazie a una decina di nuclei familiari che sono ritornati ad insediarsi quasi permanentemente.

<sup>27</sup> Lo studio, eseguito sul complesso termale del sito archeologico, è nato come apporto multidisciplinare al Philosophiana Project, la missione archeologica che dal 2009 indaga - quasi senza soluzione di continuità - l'area dell'abitato di Contrada Sofiana, nella zona rurale di Mazzarino (CL) e del quale il compianto prof. G. Francesco La Torre (UniMe) è stato il co-direttore insieme all'attuale, prof. Emanuele Vaccaro (UniTn).

<sup>28</sup> Si ricorda che il Museo di Messina è dipendente da una Regione – la Sicilia – a statuto speciale, motivo per cui i finanziamenti (non europei) risultano oltre che contingentati anche difficoltosi da ottenere.

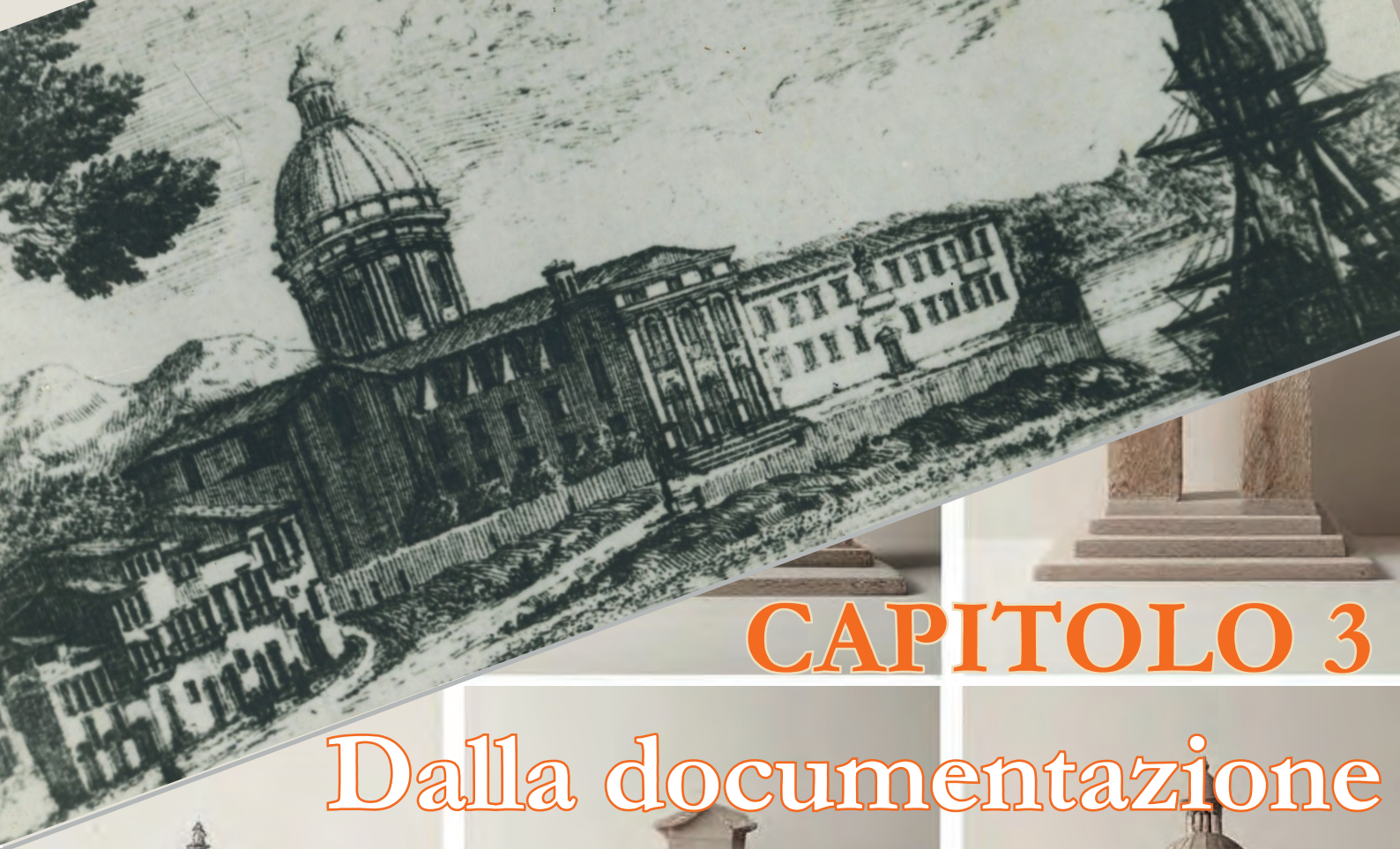
<sup>29</sup> Per approfondire: [https://www.ispc.cnr.it/it\\_it/2021/06/16/dhilab-digital-heritage-innovation-lab/](https://www.ispc.cnr.it/it_it/2021/06/16/dhilab-digital-heritage-innovation-lab/)

<sup>30</sup> Occorre essere in regola con l'obbligo di guida con patentino adatto alla categoria di velivolo, assicurazioni e, ove richieste, autorizzazioni da parte degli enti competenti.

<sup>31</sup> Ossia in assenza di vegetazione rigogliosa, di conformazioni morfologiche particolarmente accidentate e altri ostacoli naturali di varia natura

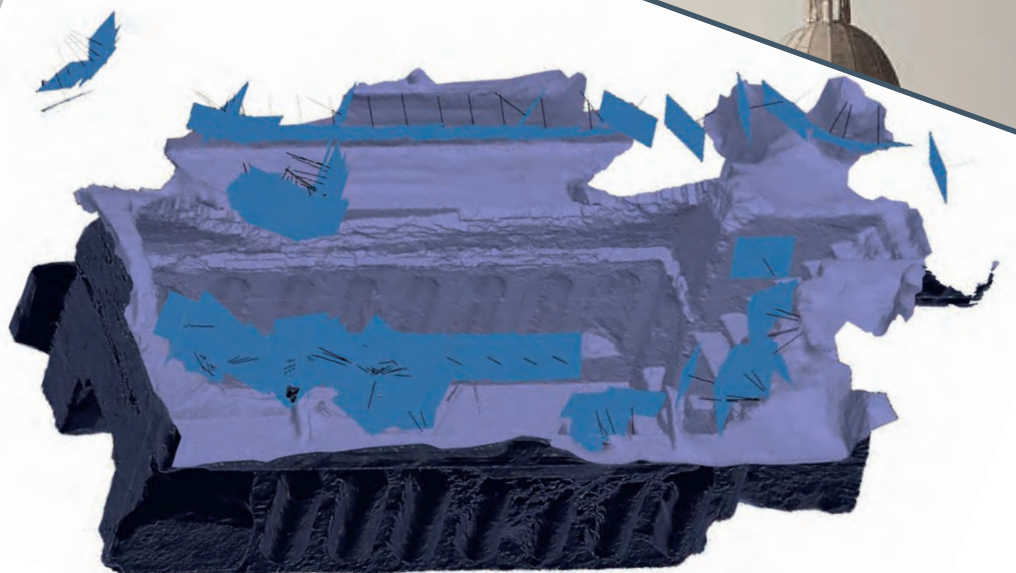
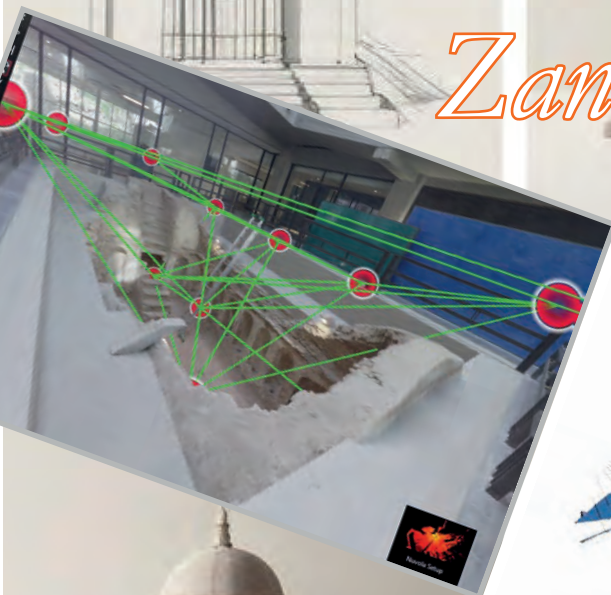
<sup>32</sup> Cosa già possibile su *smartphone* o *tablet* mediante l'uso di alcune app dedicate, disponibili sulle più recenti piattaforme *Android*

<sup>33</sup> La competenza territoriale, comprese quindi la gestione e la protezione dell'area di C.da Sofiana (nei pressi di Mazzarino, prov. di Caltanissetta), è dello stesso Parco che comprende la Villa Romana del Casale (sito UNESCO dal 1997) e il sito di Aidone-Morgantina (estesa area archeologica e museo), ricadenti nella provincia di Enna.



## CAPITOLO 3

Dalla documentazione  
al Metaverso:  
*Zancle transita in Messina*



### Cap.3 – Dalla documentazione al Metaverso: Zancle trànsita in Messina

La memoria archeologica nelle città caratterizzate da cicli di distruzione e ricostruzione, come il caso emblematico di Messina, si configura come aspetto fondamentale nella continuità storica del tessuto edilizio dato che una tale stratificazione temporale, che si estende dalla fondazione della colonia calcidese di *Zancle* fino alle espressioni architettoniche contemporanee, compone un mosaico urbano di inestimabile valore, contraddistinto da una ricchezza e complessità uniche. La ricostruzione del suddetto percorso storico, resa possibile grazie alla documentazione conservata negli archivi e alle evidenze materiali sopravvissute, seppur parzialmente, al trascorrere dei secoli, rappresenta un'opportunità di riscoperta e divulgazione del patrimonio culturale. In questo contesto e con gli scopi di conoscenza e divulgazione, l'impiego delle tecnologie digitali bidimensionali e tridimensionali offre un ampio spettro di possibilità per la preservazione e valorizzazione non solo della memoria documentale, particolarmente vulnerabile al deterioramento, ma anche di quella materiale. Al fine di fornire una panoramica sintetica delle basi di partenza, la struttura originariamente immaginata nel 2016 per il docGIS1908 era stata articolata in lemmi gerarchizzati a cascata<sup>1</sup>; i 5 "macrolemmi" principali (Da Zancle alla città "Moderna": VIII sec. a. C. – 1571; Dalla città Rinascimentale al terremoto del 1783: 1571 – 1783; Dalla città Ottocentesca al terremoto del 1908 (1783-1908); Dal sisma del 1908 alla città ricostruita: 1908 – 1939; Dalla città del Secondo Dopoguerra agli anni Ottanta: 1939 – 1980), coincidenti con altrettanti archi temporali che contestualmente coprissero l'intera vita delle città di Messina dalla fondazione e sottolineassero alcune date cruciali, diventano contenitori di lemmi standardizzati per ciascuna periodizzazione (Fig.3.1) . La struttura gerarchica del sistema informativo si articolava al primo grado sottostante nei lemmi dedicati alla Cartografia Storica e al Tessuto Urbano. La prima è stata a sua volta suddivisa in tre componenti principali: le Carte consistenti in un archivio di immagini in formato *raster*, cronologicamente stratificate, che costituiva il nucleo documentale cartografico; le Elaborazioni Cartografiche, ossia una raccolta di elaborazioni interpretative che proponevano analisi comparative degli aspetti urbanistici; infine l'Apparato Iconografico, sezione che raccoglieva le rappresentazioni prospettiche della città peloritana attraverso diverse tecniche espressive, dalle vedute pittoriche

agli studi grafici. L'architettura dell'informazione nel secondo lemma si è sviluppata ulteriormente attraverso la digitalizzazione sistematica del tessuto urbano, correlata a un database relazionale contenente attributi descrittivi e collegamenti a fonti eterogenee esterne. Questo *framework* permette l'interrogazione dettagliata delle unità morfologiche fondamentali, ossia la configurazione degli isolati, l'articolazione degli spazi urbani e il sistema della mobilità esplicito in vie, corsi e viali [Arena A. et al., 2018].

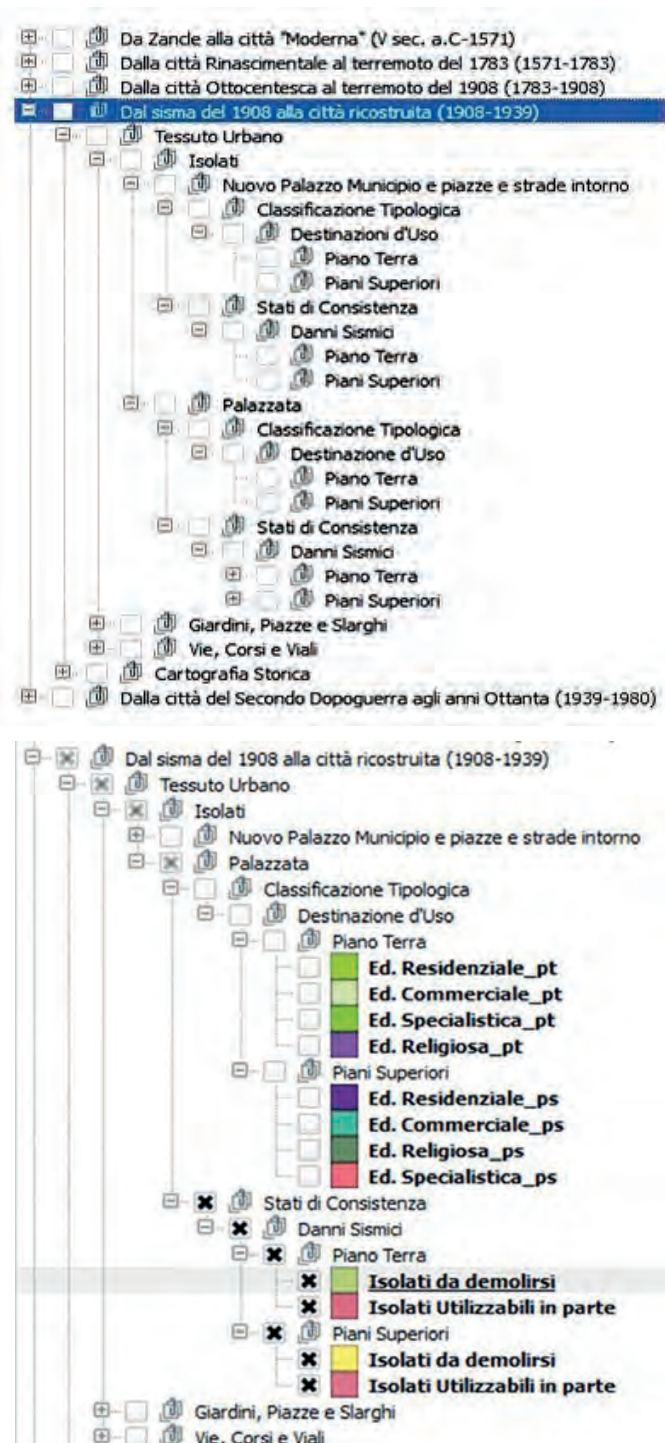


Fig. 3.1 La struttura originariamente adottata per il docGIS1908 (elab. Autrice in Arena et al, 2018)

Inizialmente, fortemente orientata dalla documentazione messa a disposizione dall'Archivio Storico del Comune di Messina - Palazzo Zanca<sup>2</sup>, si è privilegiata l'implementazione delle sezioni contenute nei macrolemmi che inquadrano la città di Messina tra l'ultimo sisma e la conseguente ricostruzione (1908-1939) con la ricognizione delle informazioni per restituire la Classificazione Tipologica e dettagliare gli Stati di Consistenza delle singole particelle catastali costruite (Fig. 3.2). Le sottosezioni del sistema classificatorio contemplavano l'analisi funzionale degli edifici, articolata attraverso l'attribuzione delle Destinazioni d'uso prospettate nel contesto della pianificazione ricostruttiva post 1908, sia essa concretizzata o meramente programmatica, e la valutazione dei Danni sismici. Quest'ultima, stratificata per livelli di edificazione, categorizzava il patrimonio edilizio secondo tre gradi di fru-

ibilità indicati nella documentazione storica come Edifici Utilizzabili totalmente, Utilizzabili in parte e Inutilizzabili, classificazione che costituiva il fondamento decisionale per la determinazione degli interventi che spaziavano dalla conferma dell'utilizzo, alla riqualificazione parziale, fino alla demolizione integrale. In particolare, l'ulteriore livello di approfondimento raggiunto con le sottosezioni relative ai piani, ha permessi di restituire una visione degli edifici, che dal livello urbano scendesse a quello architettonico, fin nel dettaglio della stratificazione verticale. Infine, a ogni geometria inclusa nei vari livelli della struttura è collegata la tabella attributi che include molto sinteticamente alcune informazioni utili al riconoscimento della stessa, alla stregua di una sinossi della più complessa scheda in formato standardizzato ISAD<sup>3</sup> associata e collegata come risorsa esterna (Fig. 3.3).

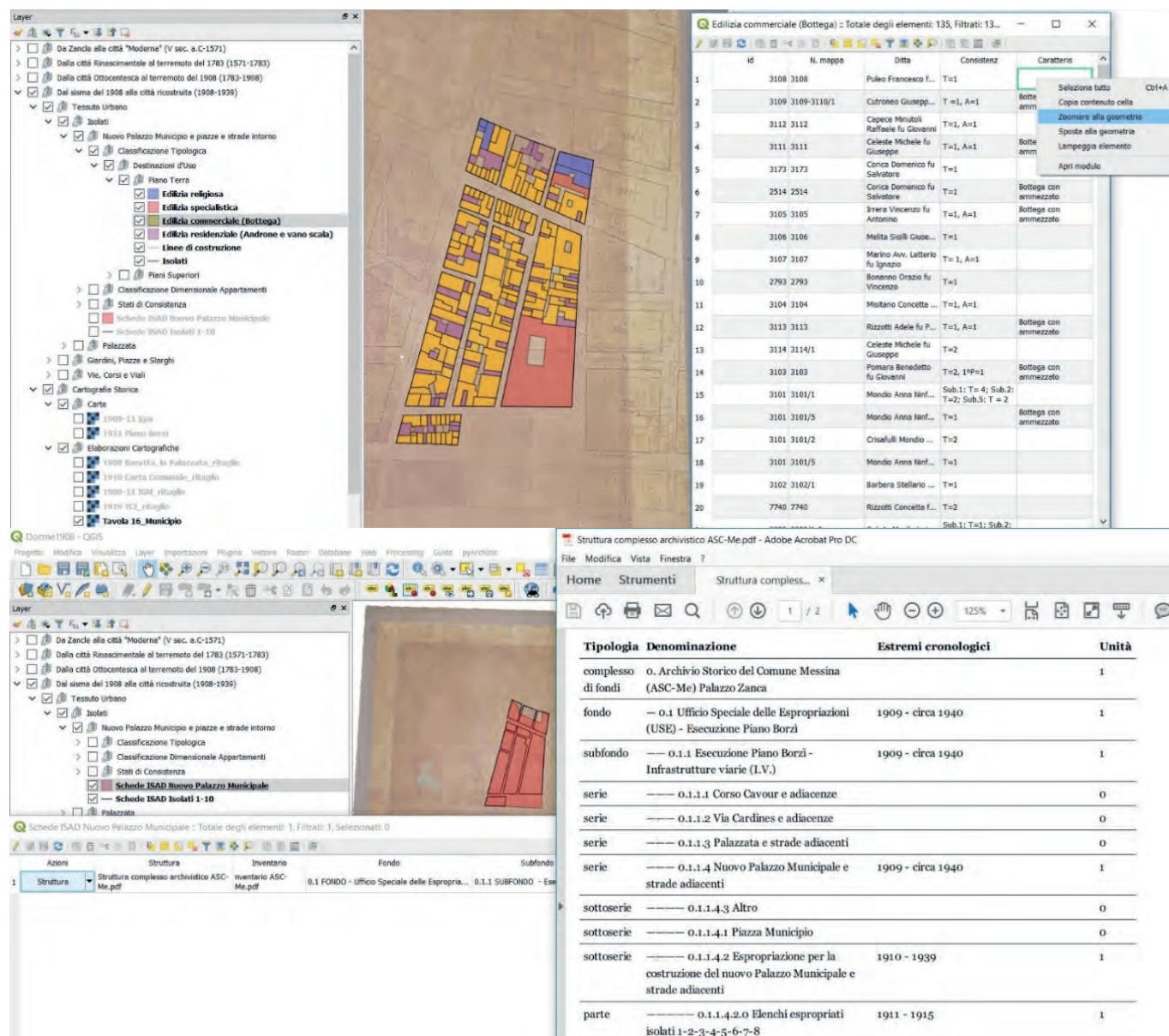


Fig. 3.2 (sopra) La classificazione tipologica dell'edilizia ottocentesca e gli stati di consistenza del progetto originale doCGIS1908 [elab. Autrice in ibid.]  
Fig. 3.3 La scheda del progetto originale doCGIS1908 collegata alla geometria "Nuovo Palazzo Municipale" con la struttura archivistica [elab. Autrice]

In ottica prosecutoria si pone, quindi, il progetto di digitalizzazione, attualmente avviato solo in 2D per la città di Messina e in questa occasione ampliato geospazialmente in alcune specifiche parti e trasposto in 3D come *Zancle transita in Messina*, si propone di abbracciare l'intero arco temporale della sua storia, dalle origini fino all'età moderna, ossia implementando il primo macrolemma della struttura del docGIS1908. Infatti, l'approfondimento archeologico che, per i pregressi obiettivi di ricerca, era stato sommariamente avviato, si è limitato alla stratificazione muraria ricadente e ancora visibile nel cortile interno del “nuovo Palazzo Municipale” che consiste di preesistenze romane al di sotto di un lembo di abitato medievale e coeva viabilità. Sono state collegate a tale spazio digitalizzato l'immagine fotografica dello stato di fatto durante le operazioni di studio (Fig. 3.4) la planimetria di rilievo con l'indicazione dei codici murari (Fig. 3.5) e la scheda sinottica con le tipologie mu-

rarie riconosciute (Fig. 3.6) esito dello studio congiunto dei professori Nicola Aricò e Ornella Fiandaca, afferenti all'allora Facoltà di Ingegneria di Messina, insieme ad alcuni dottorandi di ricerca [Aricò, 2004].

A partire da questo stato di fatto del docGIS1908, il progetto *Zancle transita in Messina* si pone molteplici obiettivi che spaziano dalla salvaguardia delle vestigia che hanno superato eventi catastrofici naturali (alluvioni e terremoti) e antropici (incursioni e guerre) d'ogni epoca, all'archiviazione di documenti provenienti da fonti eterogenee e infine la futura fruizione pubblica attraverso il sito web del Laboratorio di Documentazione per Messina docMe1908 e l'inclusione nella sezione virtuale del locale Museo Regionale. L'approccio integrato è stato orientato e mira a creare un ponte tra la ricchezza del passato e le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie, per una comprensione più profonda e articolata dell'evoluzione urbana di Messina nel corso dei secoli, estensibile a qualsiasi altra realtà storica.

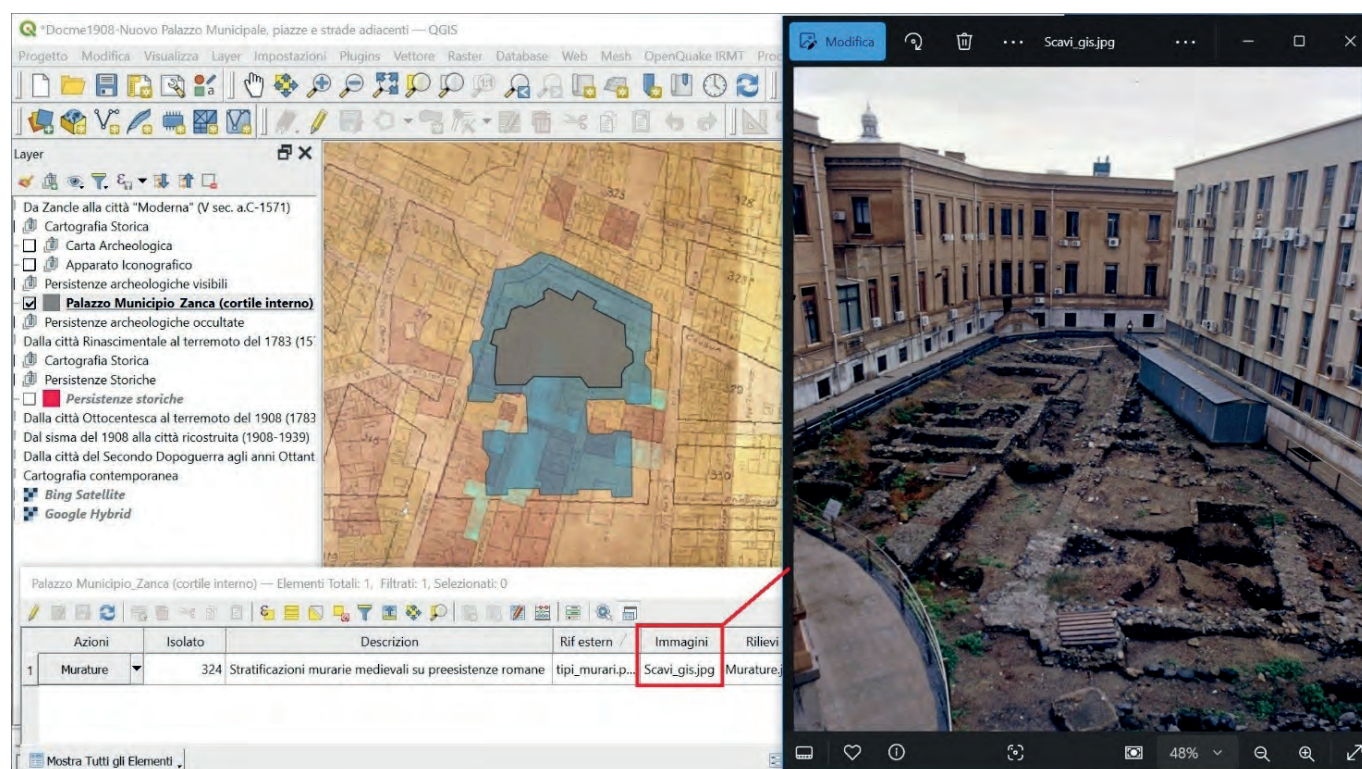


Fig. 3.4 del progetto originale doCGIS1908 [elab. Autrice, 2019]

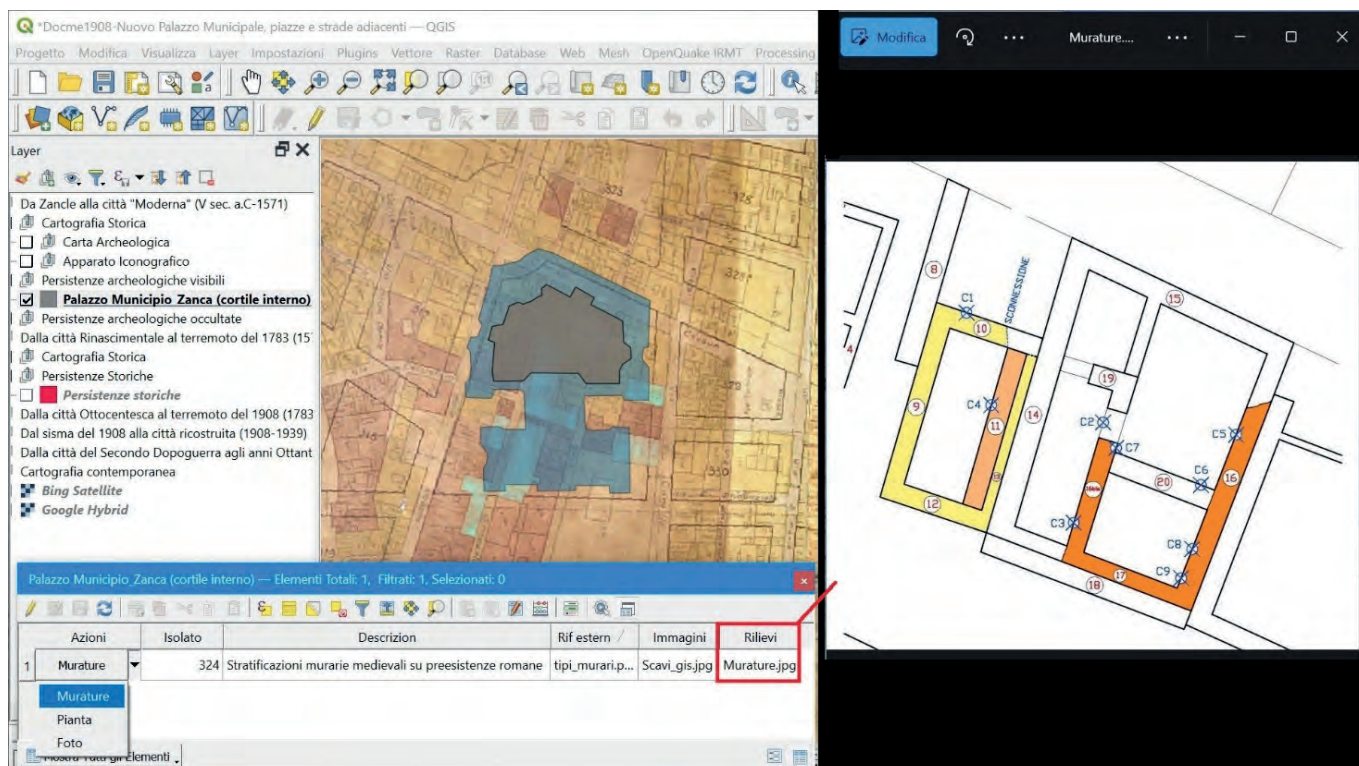


Fig. 3.5 (sopra) La pianta con collocazione dei tipi murari richiamabile dalla tabella attributi del progetto originale doCGIS1908 [elab. Autrice, 2019]

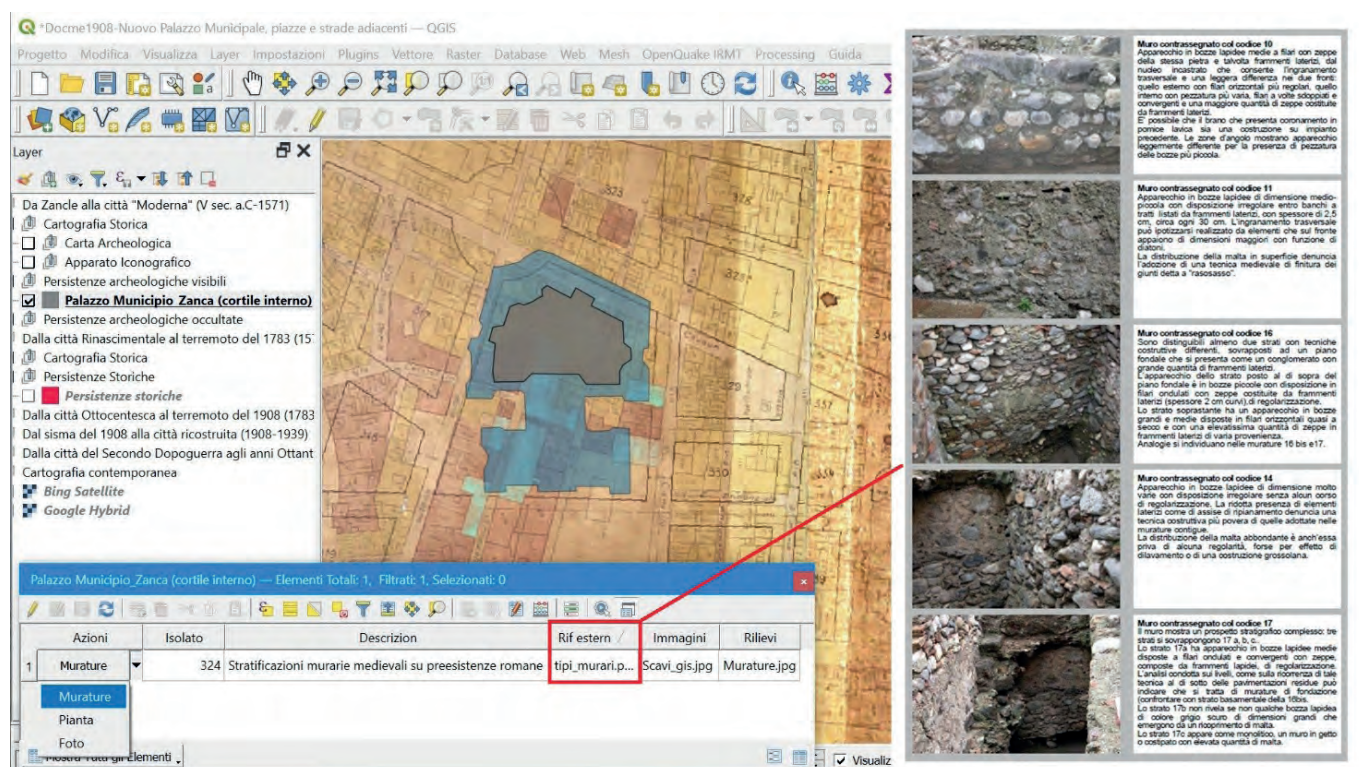


Fig. 3.6 La scheda dei tipi murari richiamabile dalla tabella attributi QGIS del progetto originale doCGIS1908 [elab. Autrice, 2019]

### 3.1 Natura e articolazione del progetto: *Zancle trànsita in Messina*

L'evoluzione storica delle città come Messina, ricostruibile bidirezionalmente attraverso il patrimonio documentale custodito negli archivi e nelle poche sopravvivenze talvolta occulte o inaccessibili, rappresenta un tessuto narrativo di inestimabile valore, nonostante la parziale conservazione nel corso dei secoli. Un così prezioso retaggio storico necessita di un processo di riscoperta, analisi approfondita e disseminazione, con l'obiettivo di renderlo fisicamente accessibile e cognitivamente comprensibile a un pubblico vasto ed eterogeneo. Il supporto in questo scopo arriva dalle tecnologie digitali sempre più avanzate, che non si limitano a preservare, ma arricchiscono l'esperienza di studio e scoperta, offrendo nuove prospettive di osservazione e approfondimento della stratificazione storica urbana. La conformazione della Messina contemporanea, infatti, pur mantenendo tracce sfumate della città ottocentesca in alcuni allineamenti stradali, slittamenti di assi viari e ridefinizioni dei cosiddetti isolati, presenta invece una notevole distanza dalle configurazioni precedenti, che quindi risultano difficilmente immaginabili alla memoria collettiva, sia per i residenti che per i visitatori esterni. Tuttavia, sebbene l'attuale città sia il risultato di un processo secolare di sovrapposizione urbana, in tutto questo tempo molteplici assetti si sono "srotolati" l'uno sull'altro in un'evoluzione graduale ma costante, affermandosi ciascuno come peculiarmente meritevole di attenzione e studio approfondito. È proprio la complessa stratificazione storica a rappresentare il patrimonio culturale di inestimabile valore, che però risente pesantemente della mancanza di un'adeguata valorizzazione e divulgazione. Questo perché, è dimostrato come la comprensione delle diverse fasi evolutive della città non solo arricchisca la conoscenza storica, ma contribuisca pure a rafforzare l'identità culturale delle comunità e a offrire una prospettiva più ampia e articolata ai visitatori. Nonostante la pluralità e la ricchezza storico-culturale delle città peloritane stratificate, fisicamente e cronologicamente, che si manifestano attraverso testimonianze architettoniche e urbanistiche, tanto numerose quanto peculiari, troppo spesso la loro conoscenza è rimasta e permane ancora strettamente confinata ad ambiti accademici e specialistici, senza raggiungere efficacemente e riuscire a far breccia nel senso di appartenenza della società civile. Questo fenomeno evidenzia, tra tutte, una profonda lacuna nel processo di diffusione e condivisione del sapere storico-culturale, che

meriterebbe invece di essere colmata a beneficio della comunità che sviluppi così una coscienza collettiva radicata nel passato. Tale consapevolezza assume un'importanza fondamentale soprattutto se ci si riferisce a beni non più visibili o direttamente accessibili (patrimonio intangibile), poiché contribuisce a plasmare e rafforzare il senso di identità comunitaria. Proprio così il processo di "appropriazione" culturale arricchisce il bagaglio conoscitivo dei cittadini, oltre a favorire anche lo sviluppo di senso di appartenenza più consapevole, di responsabilità e di protezione verso il proprio territorio di origine o di permanenza.

Da queste premesse scaturisce il progetto di digitalizzazione *Zancle trànsita in Messina*, articolato in step o fasi distinte, ciascuna delle quali contribuisce in modo significativo alla creazione di un apparato informativo complesso e pluridimensionale, attraverso un approccio metodologico multi-fase che integra diverse discipline e le più recenti tecnologie. L'implementazione di un sistema strutturato di catalogazione del patrimonio documentale a disposizione non si configura esclusivamente come un processo di ordinamento e sistematizzazione del materiale reperito, ma si rivela uno strumento epistemologico di fondamentale importanza per l'elaborazione di analisi interpretative di ampio respiro. La metodologia catalografica arricchita, infatti, attraverso l'organizzazione sistematica dei documenti secondo criteri scientificamente validati, consente di sviluppare una comprensione olistica del materiale archivistico, facilitando l'identificazione di correlazioni significative e pattern ricorrenti precedentemente non evidenti. Di particolare rilevanza, infatti, risulta la possibilità di stabilire interconnessioni significative tra documenti di natura eterogenea, appartenenti a diverse discipline scientifiche, contestualizzandoli all'interno della dimensione spaziale contemporanea. Correlazione multidisciplinare che genera un *network* informativo complesso, in cui le singole fonti documentali non vengono considerate come entità isolate, ma come nodi di una rete interpretativa più ampia, che si relaziona dinamicamente con la realtà fisica del territorio. Si riesce così a valicare/evitare la tradizionale compartimentazione disciplinare, favorendo una lettura trasversale e integrata dei fenomeni storici, urbanistici e socio-culturali. La digitalizzazione e l'implementazione di database relazionali hanno ulteriormente potenziato queste possibilità analitiche, consentendo l'ela-

borazione di *queries* complesse e l'identificazione di correlazioni multilivello. Questo processo di informatizzazione si configura come un vero e proprio strumento euristico, capace di generare a sua volta nuove chiavi interpretative attraverso l'analisi delle relazioni tra i diversi elementi del sistema. La georeferenziazione dei documenti storici, inoltre, permette di sovrapporre efficacemente il piano documentale con quello spaziale, creando un sistema informativo territoriale che integra la dimensione storico-archeologica con quella geografica contemporanea. Per tali ragioni la metodologia analitica si rivela particolarmente efficace nell'ambito degli studi urbani, dove la complessità delle dinamiche evolutive richiede necessariamente un approccio multidisciplinare e una capacità di lettura trasversale delle fonti documentali. La possibilità di mettere in relazione informazioni di natura diversa - dalle fonti archivistiche alle rappresentazioni cartografiche, dai documenti amministrativi alle testimonianze iconografiche - con lo spazio fisico attuale, consente di ricostruire con maggiore accuratezza i processi di trasformazione urbana e di comprendere più approfonditamente le dinamiche che hanno plasmato l'assetto contemporaneo della città. Nel caso specifico delle *facies* antiche di Messina, la metodologia basata sulla stratificazione cartografica storica, concettualmente assimilabile alla sovrapposizione di fogli traslucidi che uniti restituiscono un insieme nuovo e inedito, consente di decodificare la complessa evoluzione morfologica del tessuto urbano peloritano attraverso i secoli, seguendo un percorso cronologico che, partendo dall'età moderna, procede a ritroso fino alle origini dell'insediamento urbano. Si attua così un processo analitico non limitato a una mera successione temporale lineare, ma configurato come un sistema interpretativo multidimensionale, in grado di restituire la complessità delle stratificazioni storiche. Ciò si concretizza mediante la connessione a ciascuna "particella" territoriale identificabile di un nutrito numero di informazioni eterogenee, che includono descrizioni analitiche del tessuto urbano, documentazione fotografica storica e contemporanea, finanche ricostruzioni virtuali elaborate attraverso moderne tecnologie di modellazione tridimensionale. Vale a dire poter restituire una varietà di attributi e metadati derivanti dall'integrazione di molteplici filoni di ricerca che, da soli, creano un database di partenza dalle potenzialità esponenziali. Facendo un ulteriore passo, ossia creando l'interconnessione di questi dati, si genera un sistema informativo geografico (databa-

se spaziale) particolarmente ricco in cui convergono apporti disciplinari diversificati: dalla storia dell'architettura all'archeologia urbana, dall'analisi documentale agli studi demografici e socio-economici. Una tale applicazione metodologica si rivela particolarmente efficace nel caso di Messina, città caratterizzata da profonde trasformazioni urbane imputabili per lo più a eventi naturali catastrofici, come i terremoti storici, sia a successive fasi di ricostruzione e modernizzazione a seguito dei conflitti mondiali. La stratificazione cartografica "informata" diviene così uno strumento essenziale per la comprensione delle dinamiche evolutive della città, consentendo di individuare persistenze e mutamenti nella trama urbana e di ricostruire il palinsesto storico-architettonico della città in tutta la sua complessità.

Come per il progetto primigenio [Arena et al., 2018], sulla cui falsariga se n'è indirizzata la struttura, il processo è stato avviato successivamente all'acquisizione di materiale archivistico e documentario eterogeneo, con la organizzazione di un database geografico agilmente comprensivo all'interno del *software open source* QGIS: passaggio fondamentale per organizzare e predisporre le informazioni raccolte in un formato che ne facilitasse l'analisi e l'utilizzo successivi. Questo perché, nonostante i mutamenti avvenuti in un così ampio arco temporale quale dalle origini alla contemporaneità, la storia urbana di Messina è per buona parte percorribile nei due sensi, se si attinge al cospicuo apparato documentale - storico e storiografico, archeologico, iconografico, grafico e tecnico - presente (ma disperso) in diversi archivi fisici ma soprattutto in molti *repository* digitali, sempre più spesso fruibili liberamente nel web. Stesso dicasi per i fronti costruttivi - declinando a partire dal più piccolo "stralcio" archeologico ad arrivare agli edifici urbani del centro storico, ai moderni e ai contemporanei - che, sebbene non interamente sopravvissuto ai secoli, può e dev'essere ancora una volta riscoperto, dipanato e restituito al pubblico. Per tale ragione la fase successiva ha previsto un'elaborazione interdisciplinare approfondita, finalizzata alla documentazione sistematica e alla catalogazione dettagliata degli edifici storici e dei reperti archeologici presenti nel sottosuolo urbano contemporaneo, così da ricostruire un quadro quanto più completo, scientificamente comprovato e stratificato della storia architettonica e archeologica della città.

La procedura scelta, che si fonda su un'accurata analisi diacronica del tessuto urbano messinese, ha consentito di

elaborare una stratificazione sistematica delle diverse fasi evolutive della città, a partire dalla sua fondazione come antica Zancle fino all'assetto urbano contemporaneo.

L'utilizzo della piattaforma GIS si è rivelato particolarmente efficace nella gestione del complesso patrimonio documentale necessario per la sovrapposizione georeferenziata di cartografie storiche di diversa epoca e natura. La scelta di questo specifico ambiente *open source* non è stata dettata esclusivamente da considerazioni di natura pratica o economica, ma si inserisce in una più ampia riflessione metodologica sulla democratizzazione degli strumenti di ricerca e sulla replicabilità dei processi analitici nel campo degli studi urbani. La procedura di sovrapposizione planimetrica, tra stralci cartografici di diversa epoca e afferenti informazioni di natura eclettica, ha permesso di tracciare con precisione scientifica l'evoluzione degli elementi costitutivi del tessuto urbano attraverso i secoli. L'analisi si è concentrata su molteplici livelli di lettura della città: dalla scala urbanistica, con particolare attenzione al sistema viario, agli spazi pubblici e alla configurazione degli isolati, fino alla dimensione architettonica, attraverso lo studio dell'evoluzione delle tipologie edilizie e delle particelle catastali, e infine archeologica esistente, occulta o perduta. *Zancle transita in Messina* non si configura esclusivamente come strumento di analisi storico-urbanistica, ma in questo caso assume anche il ruolo di protocollo operativo standardizzato, potenzialmente replicabile in altri contesti urbani. La sistematizzazione delle procedure di acquisizione, georeferenziazione e analisi dei dati storici attraverso QGIS costituisce infatti un modello metodologico che, opportunamente calibrato, può essere applicato allo studio di altre realtà urbane storiche in cui si conservano tracce archeologiche.

Il progetto è, quindi, culminato con la trasposizione, ove fosse tecnicamente e cronologicamente fattibile un caso studio, delle elaborazioni bidimensionali in ricostruzioni tridimensionali interattive, caratterizzate da piena navigabilità e interrogabilità nell'ottica dell'ambizioso obiettivo di costituire un intero Metaverso cittadino ad accesso libero con finalità molteplici: didattici, fornendo un potente strumento educativo; scientifici, offrendo nuove prospettive di ricerca e analisi; e turistici, permettendo un'esplorazione virtuale immersiva del patrimonio storico-culturale della città.

Proprio in linea con il contesto attuale, caratterizzato da una sempre più rapida corsa verso la digitalizzazione, am-

plicata ulteriormente dal PNRR promosso dal governo italiano acquisendo le direttive europee, uno dei settori più promettenti e allo stesso tempo ancora in gran parte inesplorato è rappresentato dal Metaverso in relazione all'architettura fisica o non digitale. Per superare la digitalizzazione bidimensionale limitata ai documenti, alle elaborazioni e alle trasposizioni multimediali, che per Messina era già stata avviata e che si sta presentando notevolmente ampliata sulla piattaforma geografica con database minimale incorporato ed uno esterno (*PostGIS*) più articolato ad esso collegato, è stato necessario compiere il passo successivo verso gli ambienti tridimensionali, che offrono differenti realtà (AR, VR, MR), fino ad arrivare al test di "metaversione". Tuttavia, per avviare tale processo di transizione delle risorse digitali acquisite, secondo quanto documentato nella letteratura ed emerso dagli iniziali esperimenti condotti in prima persona, il principale limite riscontrato nei programmi "Caronte" testati (quali *Unity 3D* e *Unreal Engine*, preferendo sempre gli *open source*) riguardava la capacità di acquisire solo modelli 3D puramente geometrici, ossia trascurando completamente il comparto informativo legato ai materiali costituenti che li distingue dai contesti tipici dei videogiochi. Più recentemente, però, grazie ad ulteriori prove avviate e positivamente finalizzate, è emerso come gran parte di questi limiti siano stati valicati, generalmente grazie allo sviluppo e all'integrazione di plug-in nei *software* BIM proprietari (es. *Revit*, *ArchiCAD*), così da permettere uno scambio integrale di file senza perdita di dati o metadati tra programmi di case madri differenti e con "abilità" specifiche che anni addietro non si sarebbero compenstrate né supportate. Il progetto *Zancle transita in Messina* si inserisce organicamente nel più ampio *framework* del doCGIS1908, iniziata da Laboratorio di Studi doCme1908: Centro di Documentazione per Messina nel 2017 e sfociata nella prima pubblicazione dell'anno seguente. L'integrazione di questo *focus* archeologico all'interno di tale più grande progetto assume una valenza strategica, configurandosi come corposo contributo al processo di *data enrichment* del sistema informativo territoriale dedicato alla città dello Stretto. La peculiarità di questo apporto risiede nel tentativo di colmare una specifica lacuna conoscitiva relativa alla stratigrafia urbana meno approfondita che, pur rappresentando porzioni geograficamente circoscritte del tessuto cittadino<sup>4</sup>, racchiude in sé una straordinaria densità di stratificazioni storiche.

La scelta di concentrare l'attenzione su un'area delimitata del tessuto urbano, analizzandone in profondità le trasformazioni attraverso i secoli, si rivela particolarmente efficace nell'ottica di una progressiva costruzione di un atlante storico digitale delle Messina in ogni epoca. Questo approccio "microstorico" consente infatti di sviluppare analisi e protocolli operativi che, una volta validati su scala ridotta, potranno essere estesi a porzioni più ampie del territorio urbano, contribuendo alla progressiva implementazione del progetto doCGIS1908 secondo criteri scientificamente rigorosi e metodologicamente coerenti. Nel caso specifico, per ovviare alla generalità della struttura originale del progetto docGIS1908, è stato necessario aggiungere o specificare alcuni lemmi e sezioni per poter avere una più elastica articolazione del macrolemma attinente alle fasi più antiche (Fig. 3.7).

Per cui, scendendo di grado gerarchico, si è inserito il nuovo lemma Fonti per racchiudere tutte le informazioni, desunte dai testi storici, storiografici e dalle risorse archeologiche più recenti basate sugli scavi urbani sistematici, al fine di categorizzarle restituendone carte tematiche. Allo stesso modo, la sezione Tessuto urbano si è esplicitata in Tessuto urbano antico per rendere ancora più evidente che si tratta di una ricostruzione scientifica degli strati più antichi di Messina indagati soltanto puntualmente e per questo non restituibili digitalmente *in extenso*. Inoltrandosi ancora nel particolare si è distinta la natura delle Fonti archeologiche reperite, specificando se si trattasse di testuali (Notizie dagli scavi) o di apparati grafici (Rilievi archeologici), da quella delle Fonti storiche e storiografiche classificate per archi temporali (Classiche, Medievali, Moderne, Contemporanee). Nella sezione Cartografia storica è stato opportuno inserire una ulteriore voce che includesse la Carta Archeologica prodotta negli anni Duemila [Bacci e Tigano, 2007] in più fasi dalla Soprintendenza BB CC AA di Messina, con ulteriori aggiornamenti [Tigano, 2017], e integrazioni nel tempo restituite dai prodotti della ricerca in seno al dipartimento Dipartimento di Civiltà Antiche e Moderne (DiCAM) dell'ateneo peloritano e di altri in tutta Italia. Il processo di implementazione cartografica si è configurata come un'operazione scientifica in continuo divenire, a partire dal progetto originario e proseguito durante l'intero percorso dottorale, caratterizzata dall'integrazione progressiva di dati storici e archeologici che abbracciano molteplici orizzonti cronologici. Per il tema di ricerca,

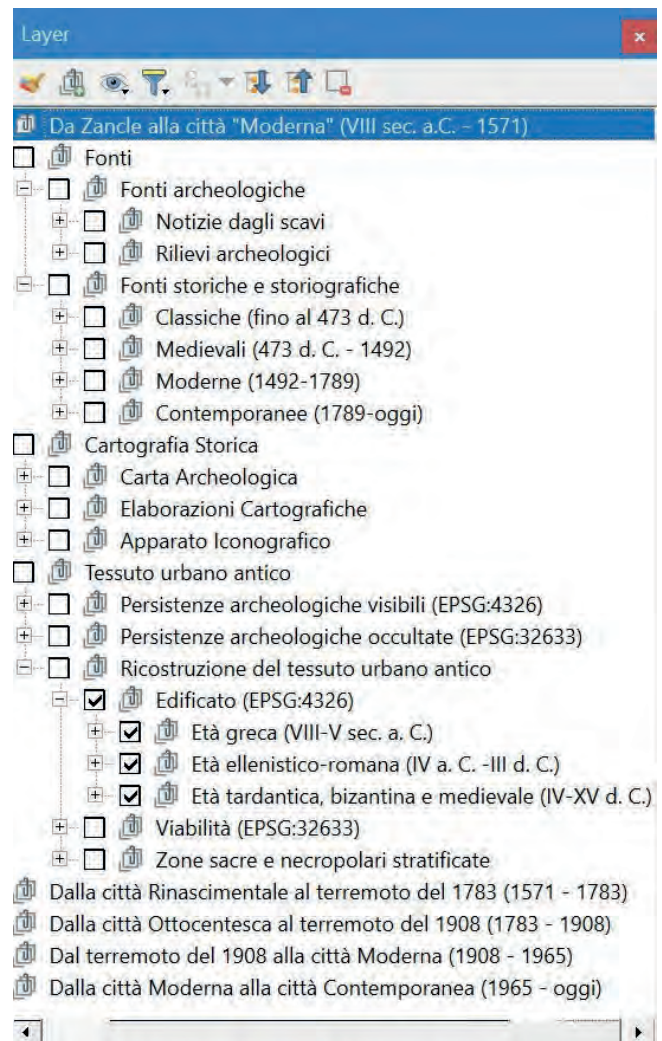


Fig. 3.7 La struttura rivista e integrata per le nuove necessità di approfondimento dettate dal tema archeologico (elab. Autrice, 2023-'24)

particolare attenzione è stata dedicata all'approfondimento delle fasi urbane più remote che, sebbene presentino maggiori complessità interpretative, non risultano necessariamente carenti dal punto di vista documentale. Il procedimento ha previsto l'accurata estrapolazione della documentazione grafica presente nelle pubblicazioni archeologiche, con particolare riferimento ai rilievi topografici e alle planimetrie delle aree d'indagine (scale 1:50 e 1:20). Questi elementi sono stati sottoposti a un rigoroso processo di georeferenziazione, la cui precisione è risultata inevitabilmente vincolata alla qualità dei capisaldi metrici indicati dagli archeologi nei perimetri di scavo. Operazione che si rivela particolarmente delicata quando i riferimenti non hanno presentato una precisione millimetrica, ma richiesto una procedura che bilanciasse accuratezza scientifica e pragmatismo operativo.

La fase di georeferenziazione è stata condotta su due livelli di dettaglio spaziale: il primo, più generale, che ha

considerato gli intorni urbani nella loro complessità, e un secondo livello, più specifico, che si è concentrato sugli isolati oggetto di indagini geognostiche a livello fondale. Quest'ultimo approfondimento è risultato praticabile esclusivamente nei casi in cui i riferimenti topografici esistenti avessero manifestato un grado di riconoscibilità sufficiente a garantire il posizionamento accurato dei dati archeologici all'interno del tessuto urbano contemporaneo. Per quanto concerne l'analisi del periodo storico compreso tra Rinascimento e Illuminismo, culminante con il devastante evento sismico del 1783, essa si è basata prevalentemente su fonti iconografiche e documentarie, con alcune significative eccezioni di natura cartografica. La ricerca ha privilegiato un approccio metodologico che integra diverse tipologie di fonti storiche, dalle opere pittoriche ai documenti d'archivio, nel tentativo di restituire una ricostruzione quanto più dettagliata del tessuto urbano messinese. Particolare rilevanza in questo segmento temporale ha assunto l'analisi delle opere di Antonello da Messina, i cui fondali pittorici hanno offerto preziose testimonianze dell'assetto urbano coevo, con le dovute cautele rispetto a magnificazioni artistiche. Altrettanto significativo è stato lo studio delle incisioni su metallo o pergamena che ritraggono vedute urbane "a volo d'uccello" della città di Messina, realizzate tra la fine del XVI e il tardo XVIII secolo. L'esame critico di questa documentazione ha consentito di individuare sia le licenze artistiche - spesso opera di autori che non ebbero alcuna esperienza diretta della città - sia le effettive trasformazioni del tessuto urbano e del sistema viario, tanto all'interno quanto all'esterno delle mura cittadine. Di notevole interesse scientifico si è rivelata in particolare una planimetria inedita (coll. priv. fam. Mallandrino) che attesta l'organizzazione e la nomenclatura dei "borghi" cittadini, un sistema di suddivisione urbana presumibilmente rimasto in vigore fino agli inizi del XVII secolo: un documento come testimonianza significativa della persistenza di strutture urbanistiche di matrice tardo-medievale nel tessuto cittadino di epoca moderna. Ancora, un *corpus* documentario di particolare rilevanza è quello costituito dalle cartografie planimetriche e dai cosiddetti "Profili" elaborati per documentare gli effetti devastanti del sisma del 5 febbraio 1783 e delle successive scosse che interessarono il territorio per diversi mesi [Aricò, 1988]. Questa documentazione tecnica, inoltre, trova un importante complemento nelle missive inviate da A.

Gallo alle autorità centrali del Regno delle Due Sicilie, che forniscono un quadro dettagliato delle conseguenze del sisma sul tessuto urbano e sociale della città [Gallo A., 1784]. Le riflessioni conclusive scaturiscono da un'analisi anche se più sintetica dei documenti grafici e archivistici relativi al periodo intercorrente tra i terremoti del 1783 e del 1908, ampia finestra cronologica che ha consentito di esaminare le dinamiche urbane, militari, civili e architettoniche che hanno plasmato il tessuto cittadino in quegli anni cruciali tra i due sismi più catastrofici. Nello specifico, la documentazione consultata proveniente da fonti diversificate, tra cui l'Ufficio Espropriazioni dell'Archivio del Comune, l'Archivio di Stato (sez. Danni Bellici) e l'Archivio dell'Arcidiocesi, è stata integrata e rielaborata sulla base delle strutture e dei contenuti già predisposti in precedenza dal Laboratorio doCme1908, e successivamente adattati alle specifiche esigenze della ricerca. Nell'arco cronologico finale, si è restituita l'evoluzione urbanistica della città tra la ricostruzione post-sismica del 1908 e i due conflitti mondiali, segnata da una progressiva e quasi incontrollata espansione edilizia, fino a giungere alla contemporaneità, in cui permangono ferite e cesure nel tessuto urbano, a testimonianza di dinamiche evolutive e scelte esecutive talvolta contraddittorie che si evincono dalle loro conseguenze. Sebbene si sia creato un database geospaziale e cartografico per l'intera città di Messina, si è infine scelto di approfondire tutte le fasi suddette, dal 2D alla predisposizione al Metaverso del progetto *Zancle transita in Messina*, solo per il caso studio delle vestigia appartenute alla cinquecentesca (e strati costruttivi successivi) chiesa del S. Salvatore dei Greci custodite all'interno delle sale del Museo Regionale Accascina di Messina. Tale scelta è avvenuta dopo aver vagliato le poche sopravvivenze archeologiche cittadine sia in termini di visibilità sia di stato manutentivo e di conservazione. Si è preferito trattare il suddetto caso studio per necessità non solo di velocità d'acquisizione dei necessari permessi e delle autorizzazioni burocratiche presso gli enti preposti alla tutela, ma soprattutto di leggibilità dei resti in luce al fine di attuare un'acquisizione digitale dei dati spaziali più precisa (pulita) e agevole possibile in fase di rilievo strumentale. Solo così, infatti, è stato possibile effettuare lo studio tecnico-costruttivo e materico in modo esaustivo ed ottenere un *dataset* digitale inedito per la documentazione e l'archivio ma soprattutto per una restituzione virtuale navigabile più realistica.

## 3.1.1 ANALISI CRITICA DELLA DOCUMENTAZIONE

Circa l'origine di Messina, sospesa tra mito e storia separati da un confine molto labile e frastagliato, si è disquisito per secoli in ambiti e con apporti multidisciplinari diversi: dove tentenna la storia, s'inserisce immediatamente l'aspetto leggendario in quella tradizione tramandata e riaffermata da tutti i popoli che nel tempo si sono avvicinati - alternandosi o accostandosi - nella guida della Sicilia o nella sola preponderante presenza.

L'approccio metodologico alla ricerca ha richiesto un'estensiva indagine bibliografica e archivistica che, partendo dall'analisi delle persistenze più remote del tessuto urbano messinese, ha necessariamente comportato un'incursione interdisciplinare in ambiti apparentemente distanti tra loro, quali la letteratura antica, la storiografia e l'archeologia. Questa contaminazione metodologica, lungi dall'essere una deviazione dal percorso di ricerca, si è rivelata essenziale per la costruzione di un quadro interpretativo complesso e scientificamente rigoroso delle origini della città. La metodologia di indagine si è concentrata inizialmente sull'analisi sistematica delle fonti antiche tradite, con particolare attenzione ai periodi greco, ellenistico, romano e medievale. Lo studio ha privilegiato l'esame diretto delle testimonianze degli storiografi e scrittori contemporanei alle epoche investigate, considerando tali fonti come documentazioni primarie fondamentali per la ricostruzione del contesto storico-urbanistico. Proprio l'approccio filologico alle fonti ha consentito di sviluppare una lettura critica delle testimonianze storiche, valutandone l'attendibilità e la rilevanza nel quadro più ampio della ricostruzione cronologica della città.

La questione della fondazione dell'insediamento che si sarebbe evoluto nell'odierna Messina ha rappresentato un nodo cruciale della ricerca, richiedendo un'analisi particolarmente accurata delle fonti disponibili. La complessità di tale indagine è risieduta, in particolare, nella necessità di bilanciare due dimensioni apparentemente antitetiche ma profondamente interconnesse: da un lato, la ricostruzione storica basata su evidenze documentali e archeologiche; dall'altro, la dimensione mitologica, che attraverso il suo apparato simbolico e narrativo, contribuisce alla comprensione del substrato culturale e identitario della città. In questo contesto interpretativo si è scelto di focalizzare l'attenzione su due autori paradigmatici, le cui opere rappresentano efficacemente la dialettica tra storia e mito nella narrazione delle origini cittadine. Questa scel-

ta metodologica non risponde a un criterio di semplificazione, ma piuttosto alla volontà di evidenziare, attraverso l'analisi comparata di due prospettive complementari, la complessità del processo di formazione dell'identità urbana messinese, consentendo di apprezzare come la dimensione storica e quella mitologica, lungi dall'essere in contraddizione, contribuiscano entrambe alla costruzione di una narrativa storica complessa e stratificata. La metodologia adottata riflette una concezione moderna della ricerca storica, in cui l'interdisciplinarietà non è più vista come una semplice giustapposizione di competenze diverse, ma come un approccio integrato, necessario per la comprensione di fenomeni storici complessi. In questo senso, le "invasioni di campo" in ambiti disciplinari diversi non sono state occasionali sconfinamenti, ma parte integrante di una strategia di ricerca consapevole, volta a costruire un quadro interpretativo il più possibile completo e scientificamente fondato delle origini della città.

A partire dalle fonti più antiche, solo in parte sostenute dai rinvenimenti archeologici sporadici e complessi in città stratificate come lo è Messina, la fondazione (κτίσις) di Zancle tra le primissime colonie greche è attribuita ai Calcidesi nell'VIII sec. a. C. molto probabilmente in una terra in cui la presenza indigena era già stanziale e prevalentemente organizzata. Le tracce archeologiche riscontrate fin dall'età del Bronzo [Orsi, 1926; Bacci, 1998] delineano aree insediative per lo più pedecollinari nel territorio dell'attuale Messina, grazie alla conformazione orografica caratterizzata dalla presenza della spina dorsale peloritana, che garantiva protezione alle terga, e alla ricchezza di fiumare, che assicuravano approvvigionamento costante e fertilità dei terreni in tal modo facilmente coltivabili.

La testimonianza di Strabone sulla colonizzazione greca della Sicilia orientale rappresenta una delle fonti documentali più autorevoli per la ricostruzione del processo di espansione ellenica nel Mediterraneo occidentale. Nel suo fondamentale trattato *Geografia*, il geografo e storico greco offre una dettagliata descrizione della Magna Grecia<sup>5</sup> del VI secolo a.C., delineando un quadro articolato del processo di colonizzazione che vide la progressiva ellenizzazione delle coste siciliane. Di particolare rilevanza risulta la sua attestazione del ruolo primario svolto dai coloni provenienti dalla Calcide euboica, la cui presenza continuativa nella porzione orientale dell'isola - denominata dalle fonti antiche Trinacria per la sua caratte-

ristica conformazione triangolare - ha profondamente influenzato lo sviluppo culturale e urbanistico di questo territorio. La narrazione straboniana assume particolare significato nella ricostruzione della sequenza cronologica delle fondazioni coloniali calcidesi, identificando in Zancle, nell'VIII secolo a.C., il primo e fondamentale nucleo di questa espansione territoriale. La scelta del sito peloritano come punto di partenza della colonizzazione calcidese non appare casuale: la configurazione naturale del porto, protetto dalla caratteristica falce sabbiosa che diede il nome all'insediamento<sup>6</sup>, offriva condizioni ideali per l'approdo e il controllo delle rotte commerciali attraverso lo Stretto. L'accuratezza della testimonianza di Strabone trova conferma nella puntuale descrizione della successiva espansione coloniale calcidese lungo la costa orientale siciliana: egli documenta infatti la fondazione, in rapida successione, di una serie di colonie che costituiranno i capisaldi della presenza greca nell'isola: *Nàxos*, primo insediamento propriamente greco in Sicilia; *Leontinoi*, strategicamente posizionata nell'entroterra fertile della piana di Catania; e *Katàne*, l'odierna Catania, la cui fondazione completò il controllo calcidese sulla costa ionica siciliana. La rilevanza della testimonianza si estende oltre la mera cronaca degli eventi fondativi, offrendo preziose informazioni sulla persistenza dell'influenza calcidese nella regione. Il geografo sottolinea infatti come la presenza dei coloni euboici si sia mantenuta significativa nel tempo, contribuendo alla formazione di un'area culturalmente omogenea caratterizzata da comuni tradizioni linguistiche, religiose e istituzionali. Tale continuità insediativa ha significativamente influenzato lo sviluppo urbanistico e architettonico delle colonie, come dimostrano le evidenze archeologiche che confermano la persistenza di modelli pianificatori e costruttivi di matrice euboica, sebbene nella Messina contemporanea sia difficile tracciarne delle ipotetiche sopravvivenze anche soltanto cartacee. Infine, l'analisi del testo storiografico rivela come il processo di colonizzazione calcidese in Sicilia si inserisca in un più ampio quadro di espansione commerciale e culturale greca nel Mediterraneo occidentale. La strategica disposizione delle colonie lungo la costa orientale siciliana suggerisce infatti un preciso disegno di controllo delle rotte marittime, finalizzato tanto allo sviluppo commerciale quanto all'affermazione dell'influenza politica e culturale ellenica in quest'area cruciale del Mediterraneo; in questo

senso *Zancle* e poi *Messana* si pongono come porti focali per commerci e strategicità militare dalle Guerre Greco-Puniche alla Battaglia di Lepanto, per rimanere nei limiti dell'arco cronologico analizzato.

Da questa panoramica fornita dagli archeologi, l'arrivo dal mare di coloni provenienti dal vicino oriente, in cerca di terre fertili e adatte al proprio stanziamento, deve aver rappresentato insieme una minaccia e una opportunità da cogliere cautamente. Si spiegherebbe perché Callimaco descriva in versi il rito della fondazione di Zancle come un agone tra due ecisti, in cui si chiama in causa la divinità (Apollo) a risolvere la disputa [Iannucci, 1998]. La narrazione della fondazione di Zancle trova nella testimonianza poetica di Callimaco una delle sue elaborazioni più significative e complesse; il poeta alessandrino, attraverso la raffinata costruzione elegiaca che caratterizza la sua produzione letteraria, offre una rappresentazione del momento fondativo della città, che trascende la mera cronaca storica per assumere una valenza rituale e simbolica di particolare interesse. La peculiarità del racconto in distici (elegiaci appunto) risiede nella sua capacità di intrecciare elementi storici e rituali, conferendo al momento della fondazione una dimensione sacrale che si inserisce pienamente nella tradizione della *ktisis* greca. Di particolare rilevanza è la presenza inusuale di una diarchia nella figura degli ecisti, circostanza che si discosta significativamente dal modello tradizionale della fondazione coloniale greca. Questa anomalia costitutiva, che vede la compresenza di due figure fondatrici - identificabili verosimilmente in un leader della popolazione autoctona e in un capo dei coloni calcidesi - introduce un elemento di complessità nella narrazione che riflette probabilmente una realtà storica di particolare interesse. La tensione dialettica tra queste due figure si manifesta su due piani distinti ma interconnessi: da un lato, la questione dell'appartenenza alla rispettiva madrepatria, che implica una problematica di identità culturale e politica; dall'altro, problemi di legittimità e autorità nel processo fondativo in merito alla dedica alla propria divinità da venerare nella nuova colonia. La scelta di Callimaco di enfatizzare questa peculiarità attraverso il registro elegiaco non appare casuale, ma risponde a una precisa strategia poetica volta a sottolineare la natura eccezionale e potenzialmente conflittuale delle fondazioni in luoghi in cui la presenza autoctona può essere problematica ma anche rivelarsi un vantaggio futuro, sospeso tra tensione e negoziazione.

L'elegia, infatti, diviene paradigma delle realistiche dinamiche di incontro e confronto tra popolazioni diverse nel contesto della colonizzazione greca di tutta la Sicilia e di Zancle, come primo atto, in particolare. Numerose fonti greche e latine riprenderanno ed elaboreranno questo racconto, assodandolo così nell'immaginario semi-leggendario di dotti e discenti nel tempo a seguire. Secondo Beros<sup>7</sup> Caldeo (IV-III sec. a. C.) voce fuori dal coro, della cui opera ci sono arrivati solo pochi frammenti originali ma che Giovanni Annio di Viterbo nel XVI sec. riporta, tradotta e sicuramente integrata con propri commenti, la fondazione di quella città della *Cicilia* nominata Zancle sarebbe avvenuta soltanto a seguito della divisione dei territori italiani tra Noè e i suoi figli. Riprendendo anche le fonti coeve, riporta che la città di Zancle, il cui nome deriverebbe dalla forma a falce della costa chiamata dai Siciliani "Zancla", secondo Polibio e Tuciddide, fu ipotizzata essere stata fondata 1414 anni dopo la creazione del mondo. Mentre Strabone riteneva che fossero stati i Nassi a edificarla, Diodoro nelle sue "favole" attribuiva la fondazione al re Zanclo. La città fu in seguito teatro di conflitti, con l'arrivo dei Cumani e dei Calcidesi che scacciarono i precedenti abitanti (*Ciciliani*), per poi essere a loro volta espulsi da Samii e Ionii.

Successivamente, i banditi provenienti da Siracusa e gli Zanclei occuparono *Himera*, ma furono cacciati da Anassila, tiranno di Reggio, che per punirli fondò al posto di Zancle una nuova città chiamata *Messana* in onore della sua patria, Messene in Acaia [Annio, 1550]

Altre notizie storiche interessanti vertono sulle vicende della città ormai assodata e dei rapporti con altre colonie affacciate sul mediterraneo.

In particolare, la documentazione degli eventi sismici che hanno interessato l'area dello Stretto di Messina in età antica trova nelle testimonianze di Strabone e di altri autori classici un riferimento documentale di primaria importanza. Il geografo greco, nella sua metodica descrizione dei territori della Magna Grecia, offre una serie di puntuali annotazioni relative ai fenomeni sismici che hanno caratterizzato quest'area, delineando un quadro storico-geologico di notevole interesse scientifico.

Queste testimonianze letterarie hanno trovato significative conferme nelle evidenze archeologiche emerse durante le campagne di scavo contemporanee, soprattutto negli ultimi vent'anni, consentendo di stabilire correlazioni stratigrafiche tra gli eventi descritti dalle fonti e le tracce materiali rinvenute non solo nel sottosuolo urbano messinese ma in tutta la provincia (Fig. 3.8).



Fig. 3.8 Vista del Decumano Centrale con piano stradale ondulato, dissestato in antico dai sismi del IV sec. (rif. prob. al 375 d. C.) che distrussero Tyndaris e ne causarono l'abbandono definitivo [fonte: <https://www.regionesicilia.beniculturali.webgenesis.it/multimedia/?idsito=13&idpoi=5/>, 2024].

La convergenza tra fonti letterarie e documentazione archeologica ha permesso di ricostruire una sequenza cronologica degli eventi sismici che hanno interessato l'area in età antica, evidenziando come questi accidenti, come anche i fenomeni alluvionali a ridosso delle fumarie che solcano a pettine il territorio peloritano, abbiano influenzato l'evoluzione urbanistica e architettonica della città.

In questo contesto di sistematica correlazione tra fonti scritte ed evidenze archeologiche, assume particolare rilevanza la testimonianza poetica di Ovidio nelle *Metamorfosi*. Il poeta latino, attraverso la sua elaborata narrazione mitologico-letteraria, offre una suggestiva descrizione della separazione fisica tra Zancle e Rheghion<sup>8</sup>, originariamente unite in un'unica fascia terrestre.

La narrazione ovidiana, pur inserendosi nel registro poetico delle *Metamorfosi*, sembra conservare memoria di un evento geologico di portata singolare: l'attivazione della faglia dello Stretto, che avrebbe determinato la separazione fisica tra le due sponde. Anche questa testimonianza evidenzia come la memoria di eventi di grande portata si sia conservata nella tradizione letteraria non soltanto con la prosa saggistica, ma anche attraverso la mediazione del linguaggio poetico e mitologico. Per cui la convergenza tra le diverse tipologie di fonti - letterarie, archeologiche e geologiche - consente dunque di delineare un quadro complesso dell'evoluzione storico-geologica dell'area dello Stretto, in cui i fenomeni naturali si intrecciano con la storia urbana e con la percezione che di essi avevano gli autori antichi. Ancora una volta, quindi, l'approccio interdisciplinare alla documentazione disponibile permette di apprezzare come la memoria degli eventi sismici si sia conservata attraverso canali diversi ma complementari, dalla documentazione storica alle evidenze archeologiche, dalla tradizione letteraria alle tracce geologiche spesso ancora visibili nel territorio.

La testimonianza di Plinio il Vecchio nella sua *Naturalis Historia* rappresenta un'altra fonte documentale di spiccato valore per la ricostruzione della topografia antica di Messina. La precisione con cui lo storico e naturalista romano registra le distanze in *milia passum* tra diversi punti nodali del tessuto urbano offre un quadro metrico di straordinaria importanza per avanzare una ipotetica ma verosimile articolazione spaziale della città antica.

L'accuratezza di dette misurazioni, caratteristica distintiva del suo approccio metodologico alla descrizione geografica, assume particolare rilevanza non solo per la ricostruzione storica dell'assetto urbano antico, ma anche per la comprensione delle persistenze toponomastiche e topografiche nel tessuto urbano contemporaneo.

La procedura di analisi delle informazioni pliniane ha richiesto un approccio critico particolarmente accurato, finalizzato alla conversione e alla georeferenziazione in QGIS delle distanze antiche nell'attuale sistema metrico. Questa trasposizione dimensionale ha successivamente permesso di elaborare una griglia di riferimento spaziale che, opportunamente calibrata, potrebbe aiutare gli archeologi a identificare con ragionevole precisione la localizzazione di elementi urbani significativi.

L'integrazione sistematica delle informazioni derivate dalle fonti pliniane con il *corpus* documentale più ampio della storiografia antica, pur non esplicitamente citato per esigenze di sintesi ma metodologicamente fondamentale, ha permesso di costruire un quadro interpretativo di particolare complessità.

L'apparato documentale è stato successivamente sottoposto a un processo di verifica attraverso il confronto sistematico con i dati emersi dagli scavi archeologici d'emergenza condotti sia in ambito urbano che periurbano per seguire o rintracciare le direttrici viarie principali.

## 3.1.2 DATA ENRICHMENT DEL DATABASE SPAZIALE QGIS

L'area urbana circoscritta per essere oggetto di studio, benché limitata nella sua estensione spaziale rispetto all'intera impronta cittadina, si caratterizza per una notevole profondità temporale che attraversa l'intera evoluzione dell'insediamento urbano: dalla primitiva Zancle, attraverso la fase ellenistico-romana di Messina, fino alla Messina medievale, moderna e contemporanea. Questa continuità insediativa, documentata attraverso la suddetta analisi diacronica, contribuisce all'arricchimento del database territoriale del progetto doCGIS1908, implementando un modello di studio intensivo che privilegia la profondità dell'indagine storica rispetto all'estensione territoriale. Infatti, il processo di *data enrichment* proposto non si limita a una mera implementazione quantitativa del database esistente, ma si configura come un'operazione qualitativa di particolare rilevanza metodologica. L'integrazione dei dati raccolti all'interno del sistema informativo territoriale consente di testare e validare protocolli di acquisizione e gestione delle informazioni storiche che potranno essere successivamente estesi ad altre porzioni del tessuto urbano messinese. Questo approccio contribuisce alla costruzione di un sistema informativo sempre più articolato e complesso, in grado di restituire la ricchezza delle stratificazioni storiche che caratterizzano il palinsesto urbano di Messina. A partire dal repertorio cartografico cronologicamente susseguitosi e mediante il confronto costante con le fonti multidisciplinari urbane, il racconto delle città peloritane sovrapposte e solo qualche volta giustapposte, si è dipanato in modo pseudo-lineare.

L'indagine si è sviluppata attraverso l'analisi stratigrafica bidimensionale: verticale, nell'esame delle successive fasi edificatorie urbane, e trasversale, nell'integrazione delle diverse fonti disponibili. Il punto di partenza è stato individuato nelle evidenze archeologiche più remote scientificamente attestate. Nell'architettura progettuale implementata in ambiente QGIS, il primo macrolemma comprende il periodo storico che si estende dalla fondazione di Zancle (VIII se. A. C.) fino alla Battaglia di Lepanto (1571). In questo ambito, si è proceduto alla digitalizzazione del repertorio cartografico (rilievi di scavo) e fotografico prodotto dalla comunità archeologica, integrato con le relative documentazioni testuali, così da sfociare nell'elaborazione di una sintesi cartografica tematica che rappresenta, in prospettiva diacronica, il pa-

trimonio scientifico accumulato dai primi rinvenimenti fino alle più recenti acquisizioni contemporanee.

Nello specifico, le fonti cartografiche hanno costituito la base di partenza imprescindibile per la georeferenziazione delle informazioni, includendo rilievi di scavo archeologici [Salvo, 2023], cartografie storiche [Salvo e Tomasello, 2024], cartografie post-terremoto del 1783 [Camiliani 1783, Arena-Gallo 1784], catasti ottocenteschi, piani regolatori storici della città, carte tecniche regionali e piani parcellari [Fiandaca et al, c.d.p.]. Ciò ha permesso di ricostruire le variazioni urbanistiche e architettoniche, evidenziando in modo mirato le modifiche di strade, piazze, isolati e tipologie edilizie nel tempo. A queste risorse cartografiche è stato collegato il database, per l'arricchimento del quale è stato tanto necessario quanto prezioso il vaglio di un'eterogeneità di fonti testuali contenenti informazioni storiche, storiografiche, archivistiche e letterarie [Salvo et al, 2018]. Le fonti letterarie, come le opere di Strabone, Callimaco, Ovidio e Plinio hanno fornito dettagli sulle origini e le vicende della città negli archi più antichi della sua esistenza [Salvo, 2023]. Documenti provenienti da Archivi Comunali, di Stato e Diocesani, relazioni di scavo archeologico, corrispondenza, diari di viaggio e registri contabili, hanno poi contribuito a delineare il contesto storico-sociale in cui si sono attuate le trasformazioni urbane più incisive e consistenti, rispetto non tanto ai corsi naturali quanto a quelli emergenziali, tristemente innescati o sollecitati da eventi calamitosi (sismi e alluvioni, epidemie, incursioni e bellicosità, etc.). Proprio grazie a diversi faldoni archivistici, per brani di città appositamente approfonditi, si è risaliti – inserendoli – i dati relativi ai proprietari dei singoli stabili, nel loro stato di fatto, e gli stati di consistenza degli edifici, che hanno restituito le vicende di specifici isolati, peculiari per le vicende della loro trasformazione [Fiandaca et al., 2023]. A queste, infine, le fonti iconografiche hanno aggiunto una dimensione visiva alla ricostruzione archeologico-architettonica, attraverso l'inclusione di viste "a volo d'uccello", dipinti, fotografie ed elaborati tecnici al fine di confrontare e confutare le variazioni tipologiche e morfologiche degli spazi urbani e dei singoli edifici, rivelando sia le peculiarità evolutive del tessuto urbano sia le libertà pittoriche dei propri autori.

L'integrazione di queste diverse tipologie di dati ha permesso di superare una visione lineare della storia urbana, favorendo una comprensione più articolata e stratificata dell'evoluzione della città di Messina.

*Gli isolati 402 e 403*

Per il caso studio relativo alla nuova sede della Prefettura e alla sistemazione delle persistenze della Chiesa di San Giovanni di Malta, ovvero agli isolati 402 e 403 del Nuovo Piano Regolatore (Fig. 3.8) commissionato dal Comune di Messina all'Ing. Borzì per la ricostruzione della città dopo il sisma del 1908, sono stati utilizzati carte e documenti per restituire le stratificazioni delle fasi storiche peculiari per la città.

A partire dall'antichità, sono state vagliate le notizie edite dagli archeologi che, insieme ai prodotti grafici di scavo per le fondamenta dei nuovi plessi del Palazzo del Governo, hanno permesso di ricostruire il lembo urbano più antico a partire dai ritrovamenti archeologici e di ottenere informazioni sullo sviluppo della città tardo-ellenistica e pienamente romana. I rilievi topografici e planimetrici di scavo, eseguiti dal prof. Paolo Orsi appena succedutosi al prof. Antonio Salinas, sono stati georeferenziati per localizzare con precisione le strutture antiche, fondamentali per ricostruire la necropoli romana ivi sepolta e comprendere la stratificazione urbana dell'area a vocazione sacra, inizialmente pagana e poi benedettina. Questo ha suggerito allo studioso come la cosiddetta Necropoli di San Placido (541 d. C.) segnasse il limite nord dell'estensione dell'insediamento romano imperiale [I-III sec. d. C. in Orsi, 1916]. Per il periodo alto-medievale, le notizie storiche giunte sono delle testimonian-

ze della persistenza sacra, stavolta di matrice cristiana, sull'area presa in esame: dopo la fondazione nel 535 d. C. della prima abbazia di tutta Sicilia da parte dello stesso monaco [Gallo C.D., 1756 p.144], il culto per San Placido e i compagni Martiri s'attesta così radicalmente fino al basso medioevo - con la sola parentesi della conquista araba di Messina nell'843 d. C. - da perpetuarne la devozione innalzandolo a compatrono della città. Le chiese, inizialmente a carattere ipogeo (il sacello dei martiri è infatti la più antica testimonianza insieme alla necropoli romana, che viene per buona parte inglobata e quindi "cristianizzata") poi ricostruita e ampliata nel 1086 da Ruggero I e donata con plesso annesso come sede ai Cavalieri dell'Ordine dell'Ospedale di San Giovanni di Gerusalemme (poi C. di Rodi e infine C. di Malta). Nel 1588, a seguito di lavori di rifacimento della chiesa e della costruenda sede del Gran Priorato, viene riscoperta la necropoli e alcuni resti interpretati come quelli dei monaci martirizzati nel VI sec. d. C. In tal modo si giunge alla conformazione finale della Chiesa di San Giovanni di Malta o Gerosolimitano che, insieme al palazzo del Gran Priorato, si affaccia su una delle piazze più ampie e maestose di Messina [Houel, 1790], sopravvivendo al sisma tardosettecentesco con pochi danni riparabili per poi capitolare sotto quello del 1908. Dopo iniziali tentennamenti, quel che si volle salvare, perché ancora in piedi, fu la parte della Tribuna della Chiesa progettata a

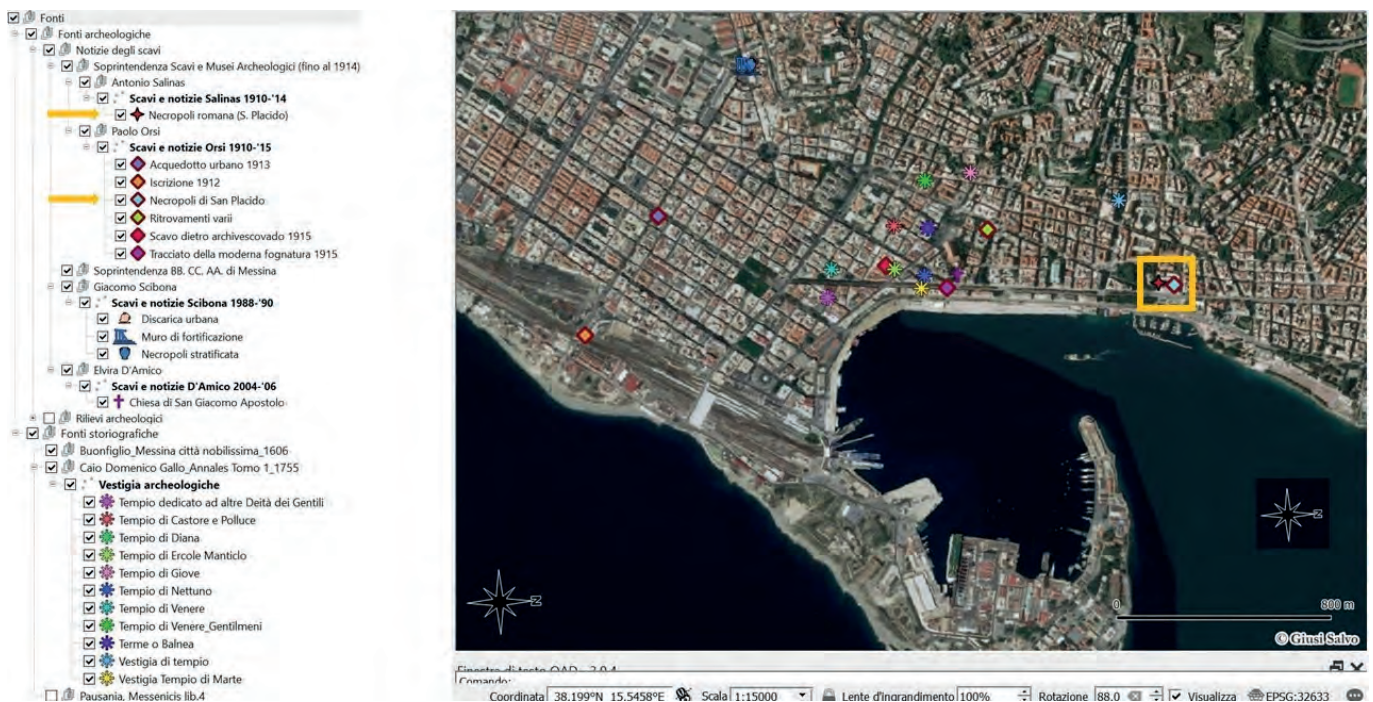


Fig. 3.8 Carta tematica con la localizzazione dei rinvenimenti archeologici avvenuti nei primi decenni del Novecento; in evidenza la Necropoli cosiddetta di San Placido sotto la chiesa di S. Giovanni di Malta e l'ex Gran Priorato danneggiati dal sisma del 1908 [elab. QGIS Autrice, 2022].

fine Cinquecento da C. Camilliani e J. Del Duca. Così, nel 1920 il progetto dell'Ing. C. Bazzani permise d'inglobare alcuni brani delle persistenze necropoli romane nei sotterranei (preclusi) del Palazzo del Governo e le sopravvivenze seicentesche dell'edificio sacro nella nuova Chiesa di San Giovanni di Malta. Infine, le restituzioni "a volo d'uccello", ovvero rappresentazioni iconografiche, hanno consentito di confrontare le variazioni tipologiche e morfologiche degli edifici nel tempo, in relazione alle vicende storiche. Queste rappresentazioni (Figg. 3.9 a-e), oscillanti tra fedeltà documentaria e licenza artistica, permettono di cogliere le peculiarità evolutive del tessuto urbano e della viabilità circostante. In particolare modo dalle incisioni di Jansson (1554) e di Lafreji (1567), cinquecentesche ma copie di più antiche, si ricavano profili curvilinei di interesse stecche edilizie che, oltre a seguire la morfologia del terreno, spesso intercettano preesistenze murarie su cui fondarsi, intestarsi, legarsi o giustapporsi in spiccato. Allo stesso modo è possibile risalire alla cinta muraria che il re Carlo V implementa soprattutto sulla Falce (penisola di S. Raineri), ma che sulla cortina portuale ricalca quasi pedissequamente, salvando oltre che l'onomastica anche alcuni torrioni (a pianta quadrata) e relative porte urbane, persino alcune preesistenti medievali.

Le analisi iconografiche relative specificatamente alla Chiesa di San Giovanni di Malta e al suo Gran Priorato permettono di delineare l'evoluzione architettonica del complesso attraverso i secoli: le vedute della città di Messina, realizzate tra la fine del '500 e il tardo '700 e incise su metallo e pergamena, costituiscono una fonte preziosa, benché non sempre aderente alla realtà topografica. Nello specifico, opere come quella di Lafreji raffigurano il complesso della Chiesa di San Giovanni con il Gran Priorato di Malta, evidenziando la presenza di due fontane, una delle quali monumentale. Similmente, l'incisione disegnata da A. Calamech o Calamecca (1576) pone in risalto la Chiesa di San Giovanni e il Gran Priorato, offrendo un'ulteriore testimonianza visiva della loro configurazione nella piazza. Anche V. M. Coronelli (1691) include nelle sue rappresentazioni la Chiesa di San Giovanni con il Gran Priorato di Malta, con la sola fontana monumentale situata nella piazza antistante. Ancora, la veduta di Villamagie (1699) del complesso monastico di San Giovanni di Malta colloca la fontana monumentale nella piazza omonima alla chiesa. Infine, l'incisione di J.



Figura 3a: La nobile città di Messina (rit.), A. Lafreji 1567, Roma, Il complesso della Chiesa di San Giovanni di Malta con il Gran Priorato di Malta (106) e la fontana monumentale (32).



Figura 3b: Lastra bronzea posta alla base della statua dedicata a Don Giovanni D'Austria vittorioso a Lepanto (rit.), A. Calamecca, 1576, Wikimedia Commons, La Chiesa di S. Giovanni e il Gran Priorato.



Figura 3c: Messina Città Di Maria Vergine (rit.), V. M. Coronelli 1691, Collez. Priv., La Chiesa di S. Giovanni con il Gran Priorato di Malta (ds.) e la fontana monumentale (sin.) in piazza.



Figura 3d: Veüe de la ville et port de Messine (rit.), faite en 1699 par Villamagie, Bibliothèque nationale de France, dép. Cartes et plans GE C-5128 (RES), Il complesso monastico di San Giovanni di Malta e il Gran Priorato dell'Ordine con, a sinistra, la fontana monumentale posta nella piazza omonima alla chiesa.



Figura 3e: J. Honel, Place de St. Jean. (rit), Rappresentazione dello spazio pubblico su cui si affacciavano la Chiesa di San Giovanni di Malta con la monumentale scalinata d'ingresso e di Sant'Andrea Avellino (a sin.) con la grande cupola. In mezzo la fontana monumetale e dietro le quinte architettoniche a chiusura della piazza.

Figg. 3.9 a-e Excursus storico delle rappresentazioni della Chiesa di San Giovanni di Malta e del Gran Priorato attraverso una serie di incisioni e vedute artistiche realizzate tra metà Cinquecento e fine Ottocento [fonti: internet]

Houel (1780), intitolata *Place de S. Juan*, offre una prospettiva del sito ad altezza uomo con dettagli maggiori e un angolo visivo più ampio ad abbracciare le quinte dello spazio urbano pubblico.

Per l'arco temporale a cavallo del primo evento tellurico particolarmente disastroso del 5 febbraio 1783, sono stati presi in esame le mappe e i cosiddetti "Profili" relativi al rilievo dei danni del terremoto restituiti dall'Arena Gallo [Aricò, 1988], che hanno permesso di ricostruire lo stato della città prima di tale evento, individuando le aree dan-

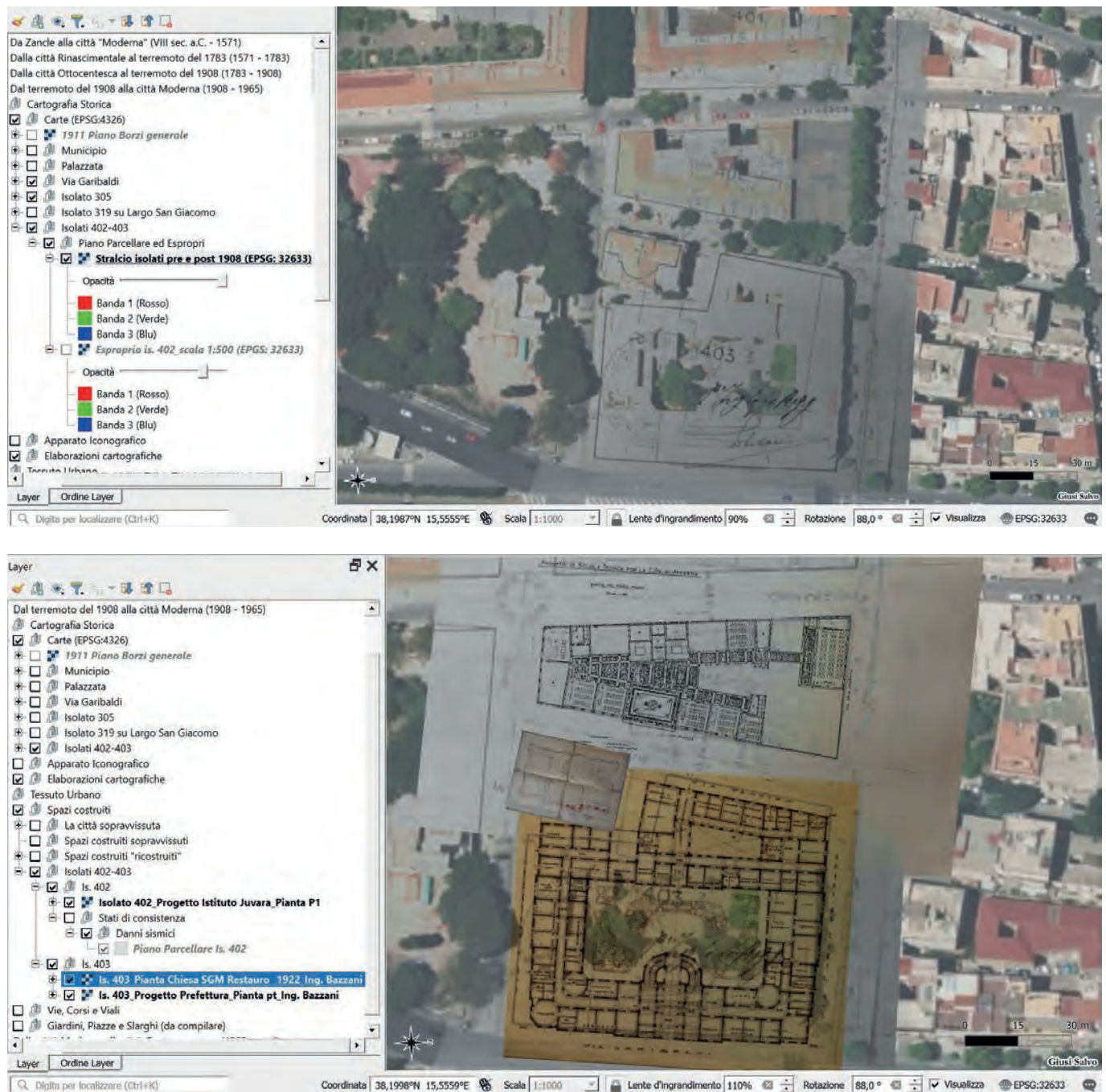
neggiate e fornendo un confronto con le trasformazioni successive. Così, per quanto concerne l'isolato 403, dove ricadevano l'imponente Chiesa di San Giovanni di Malta e il suo ex Gran Priorato oggetto di importanti indagini archeologiche stratigrafiche, la documentazione relativa alla ricostruzione della chiesa e del nuovo Palazzo del Governo ha evidenziato come la distruzione del terremoto abbia comportato non solo la perdita di un patrimonio architettonico di grande valore, ma anche la necessità di ripensare l'organizzazione urbana (Figg. 3.10).



Fig. 3.10 In alto, Panorama di Messina: la Prefettura e la sopravvissuta tribuna della Chiesa di San Giovanni di Malta (isolato 403) in una cartolina fotografica del 1915 circa. Sulla "tabula rasa" in primo piano sorgerà la Regia Scuola Juvara (is. 402) [Collezz. Prin]. In basso, la georeferenziazione su piattaforma QGIS della planimetria di scavo Orsi 1915 inserita nel 403 [elab. QGIS Autrice, 2023]

L'analisi delle planimetrie tecniche, dei calcoli statici e dei particolari costruttivi della ricostruzione ha permesso di ricostruire le fasi di intervento e di comprendere le scelte progettuali adottate dal Bazzani a seguito delle direttive della Soprintendenza per la tutela storico-archeologica. Stesso dicasi per quanto concerne l'isolato 402, a confermare che la decisione di demolire gran parte degli edifici preesistenti, nonostante avessero resistito al sisma, sia stata motivata dalla necessità di ampliare la viabilità e contestualmente di dotare il comprensorio di servizi essenziali (Figg. 3.11).

Per tale ragione, costruire la Regia Scuola Tecnica Juvara, ovvero un'istituzione scolastica necessaria per restituire una parvenza di normalità dopo una cesura netta, avrebbe dovuto rappresentare un simbolo della rinascita della città soprattutto sotto l'aspetto sociale (Figg. 3.12). Ciò si pone in una talmente profonda trasformazione del paesaggio urbano, ora sottomesso a importanti normative antisismiche, in termini di altezze degli edifici, di nuove tecniche strutturali e di impiego di nuovi materiali come il c.a., pionieristiche quanto necessarie (Figg. 3.13).



Figg. 3.11 In alto. Sovrapposizione della cartografia in stralcio dei nuovi isolati sulle particelle del catasto ottocentesco confrontato con la situazione urbana attuale restituita da Bing Satellite [elab. Autrice, 2024]; Sotto. Elaborazione cartografica degli isolati 402 con la planimetria della Regia Scuola Tecnica "Juvara" e 403 con le planimetrie di progetto del Nuovo Palazzo del Governo [fonte: Archin.Stor.Comune-ME] e il restauro con integrazione strutturale della Chiesa di S. Giovanni di Malta firmati dall'Ing. C. Bazzani [elab. QGIS Autrice, 2024]



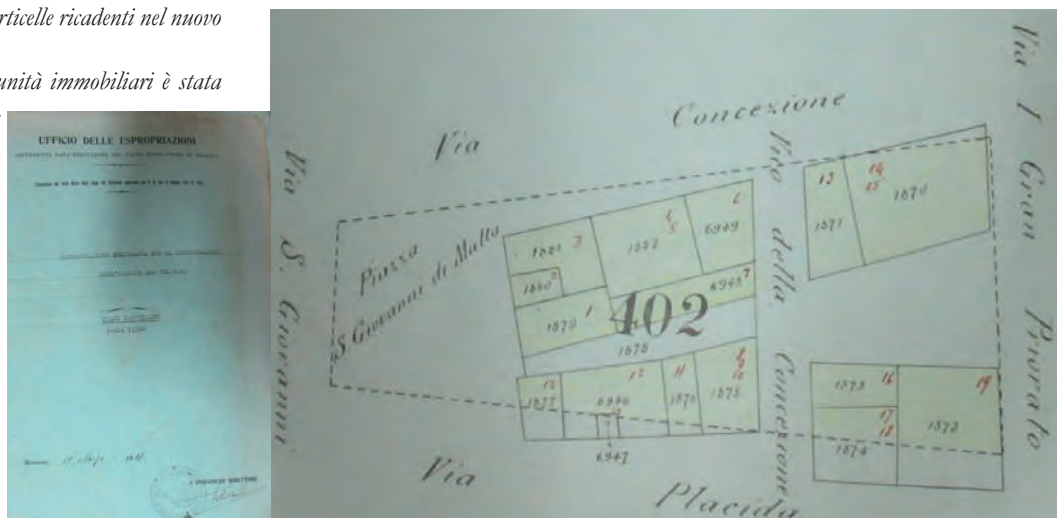
Figg. 3.12 In alto la sovrapposizione cartografica dello stralcio del catasto ottocentesco con le particelle ricadenti nel nuovo Isolato 402 del P.R.G. Borzì.

La digitalizzazione delle singole unità immobiliari è stata arricchita con le informazioni derivate dal Piano Parcellare per l'esproprio 1921

[elab. QGIS Autrice, 2023]

A destra la mappa originale contenuta nel fascicolo "Espropriazione temporanea per la riedificazione dell'isolato 402 del P.R. - Piano Parcellare, scala 1:500" avviata sull'area nel 1921 dall'Ufficio delle Espropriazioni del Comune

[ASC-ME]



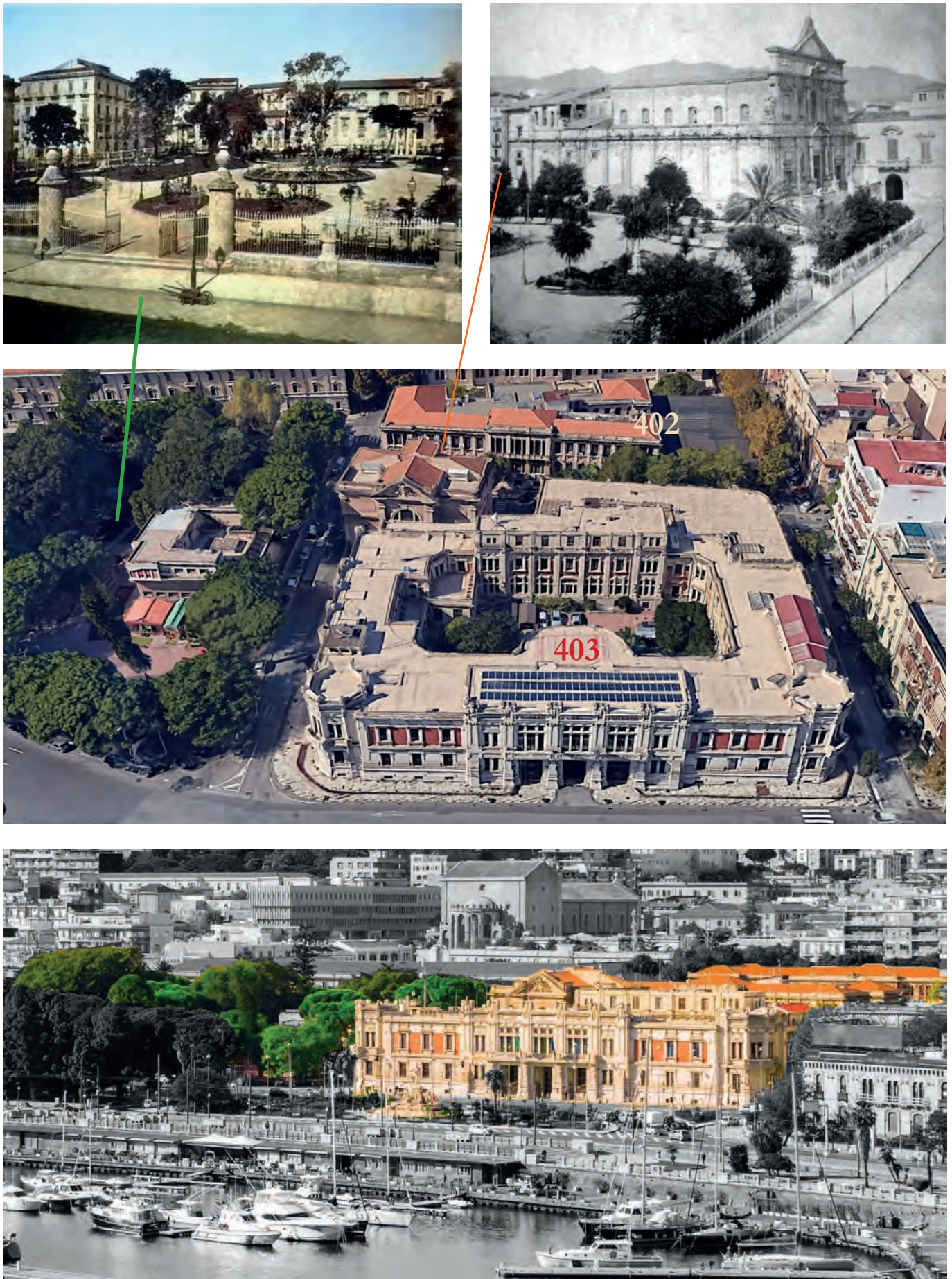


Fig. 3.13 Al centro, gli isolati 402 e 403 (in primo piano) come si presentano oggi visti in prospetto (sotto) e dall'alto in Google Earth [ibid 2024]. In alto, due immagini storiche dello stato dei luoghi prima del 1908: a destra la Chiesa di San Giovanni di Malta o Gerosolimitano con il Gran Priorato e, a sud, il giardino pubblico "Villa Flora" (in alto a sinistra) prima di essere riconvertito nella odierna "Villa Mazzini" [fonti: internet 2025].

### Largo San Giacomo

La stessa procedura metodologica ed attuativa è stata testata sull'area di Largo San Giacomo, scelta anche in questo caso come luogo emblematico, per la coesistenza di edilizia religiosa e palaziale di differente epoca, che racchiude in sé le vicende millenarie della città, dalle origini greche fino alle trasformazioni del XX secolo, nel centro storico vero e proprio della città di Messina. In particolare, l'area di Largo San Giacomo, situata nella zona absidale dell'odierna Basilica Cattedrale di S. Maria Assunta e lungo la Via Garibaldi (Via Dromo fino al medioevo e poi Via Ferdinanda), rappresenta un punto nevralgico per la comprensione della stratificazione urbana di Messina, a partire dall'analisi dei resti archeologici della chiesa di San Giacomo Apostolo, le cui origini risalgono al XII secolo, ma sorta su preesistenze greche [Pirri, 1733]. La conformazione attuale dei fabbricati connota la scacchiera degli isolati, "abbracciando" su tre lati le persistenze archeologiche ancora in vista delle stratificazioni della chiesa e sul quarto affacciandosi sul viale principale esito dell'ultima ricostruzione post-sismica (Fig. 3.14).

Per un tale compendio di stratificazione storico-architettonica che abbraccia quasi tutti gli archi temporali della vita urbana, le fonti impiegate sono state necessariamente numerose e profondamente differenti tra loro, trovando tuttavia un accordo armonico nella digitalizzazione e nel collocamento geografico [Salvo e Tomasello, 2024].

In tale ottica, la fase preliminare necessaria si è realizzata nel reperimento e contestuale digitalizzazione delle fonti documentali, tra cui cartografie storiche e moderne, reperti grafici, fotografici e video, conservati presso l'Archivio Storico del Comune di Messina (ASC-Me), l'Archivio del Genio Civile di Messina (AGC-Me) e la locale Soprintendenza BB CC AA; il materiale è stato riversato nel database geografico del doCme1908, con lo scopo di creare una serie di carte tematiche per visualizzare le sovrapposizioni e le modifiche avvenute nel tempo.

Nello specifico, i rilievi di scavo dotati di catalogazione delle Unità Stratigrafiche riconosciute nelle fasi di indagine archeologica [D'Amico, 2012] sono stati sovrapposti in QGIS alle cartografie catastali sette ed ottocentesche [Arena-Gallo, 1783], fondamentali per ricostruire la conformazione dell'area a cavallo dei due terremoti più disastrosi, e confrontati con l'apparato iconografico a disposizione per colmare le lacune temporali delle specifiche carte tecniche.

L'aspetto cruciale dell'indagine è stato lo studio della chiesa di San Giacomo Apostolo, un edificio che ha subito numerose trasformazioni nel corso dei secoli che, grazie all'analisi delle fonti storiche e storiografiche locali (Buonfiglio, Samperi, Maurolico, Arena-Gallo, La Farina G.) e delle notizie archeologiche ha permesso di ricostruire le diverse fasi di ampliamento e modifica della chiesa, fino alla sua distruzione tra il 1901 e il 1902.

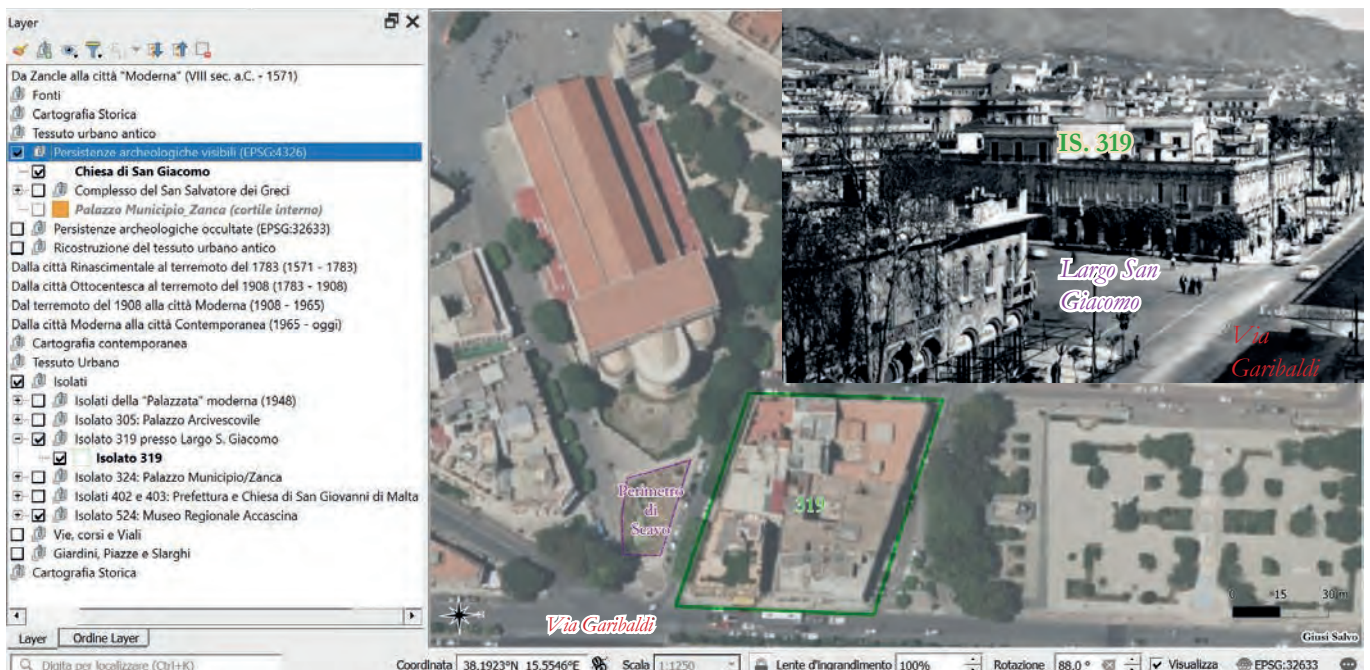


Fig. 3.14 Localizzazione su Bing Satellite di Largo San Giacomo e dell'Isola 319 oggetti di studio con, in alto una rappresentazione fotografica degli anni '50 (collez. privata), la piazza a livello della moderna Via Garibaldi [elab. QGIS autrice, 2025]

Le rappresentazioni iconografiche e cartografiche hanno fornito un quadro visivo delle trasformazioni subite dalla chiesa nel tempo (Fig. 3.15 sopra). Infine, la sovrapposizione dei rilievi archeologici e delle cartografie catastali ottocentesche ha rivelato come la parte nord della chiesa ricadesse sotto l'isolato 319 del P.R.G. Borzi preso a campione e la nuova Via San Giacomo (oggi Via Loggia dei Mercanti), mentre la parte sopravvissuta fosse al di sotto di una seconda "stecca" di edifici ottocenteschi siti alle spalle del Duomo, identificandone, così, le particelle esistenti prima del 1908 (Fig. 3.15 sotto).

I rilievi dei danni del terremoto, redatti in forma di verbali e spesso di planimetrie di massima dai funzionari in carica al Genio Civile e al Comune per far fronte agli oneri di sgombero delle macerie e alle conseguenti spe-

se di ricostruzione, sono stati comparati con le mappe catastali, consentendo di analizzare le modifiche urbanistiche e architettoniche successive al sisma. Particolare interesse ha suscitato nell'ambito dello studio soprattutto l'ampliamento del cosiddetto Largo San Giacomo, ove prima insisteva un palazzo nobiliare tardo seicentesco crollato a seguito del sisma novecentesco, tombato insieme ai resti archeologici su cui si era per buona parte fondato per lasciar posto alla creazione di un'ampia piazza e della nuova viabilità [Salvo Tomasello 2024].

La fase successiva è stata dedicata alla schedatura dei resti archeologici e delle limitrofe architetture, con particolare attenzione ai dettagli costruttivi e alle vicende storiche che hanno interessato gli edifici come gruppo urbano e, in dettaglio, sull'analisi dell'isolato 319.



Fig. 3.15 Sopra. Le trasformazioni della zona di Largo San Giacomo e dell'omonima chiesa nell'analisi iconografica e cartografica storica attraverso, da sinistra, Lafrejer 1567, Calamecca 1576, Anonimo 1688, Arena-Gallo 1783 e carta storica dell'IGM 1909 [in Salvo Tomasello 2024].

Sotto. Elaborazione cartografica con la sovrapposizione della planimetria di scavo D'Amico e la ricostruzione morfologica della chiesa e del suo "ingombro" che ricadono al di sotto di una serie di particelle del Catasto ottocentesco presenti nella Tavola 16 e della via S. Giacomo [elab. QGIS Autrice, 2025]

Tra le numerose cartografie post-sisma utili allo studio della città ricostruita, in particolare le Tavole grafiche comunali, contenenti la sovrapposizione della situazione edilizia preterremoto e il Nuovo Piano Regolatore Borzì, relative al rilievo architettonico dell'isolato 319 (n°16) hanno permesso di ridisegnare e riattribuire, con alcune informazioni circa proprietari e consistenza per piani edificati, le particelle catastali della città ottocentesca preesistenti (Fig. 3.16). Dalla documentazione archivistica è emerso che l'isolato 319, suddiviso in sei comparti (I, II, III, IV, IV bis e V), per i cui approfondimenti sono state trovate informazioni utili alla ricostruzione della loro storia, tra la ricerca di dialogo con la preesistenza espressa nei tentativi di riprodurre gli ornamenti e la netta rottura evidente nelle realizzazioni più recenti.

Le sovrapposizioni e le analisi comparative documentali hanno permesso di studiare le trasformazioni urbanistiche e architettoniche attraverso diverse epoche storiche, tenendo conto degli eventi catastrofici e delle scelte di pianificazione urbana di Messina. Per quel che riguarda il n° 319, le modifiche subite sono state le sopraelevazioni eseguite nel dopoguerra, spesso in concomitanza con i lavori di risanamento e i risarcimenti conseguenti ai danni bellici, per lo più in rispetto dello stile originale non solo dei singoli edifici ma anche degli interi isolati; solo in alcuni casi e più di recente (anni '80-'90) sono state annesse ulteriormente strutture in materiali e tecniche incompatibili con l'esistente sull'onda del blando monitoraggio da parte delle autorità competenti e di una politica di permissività edilizia sfociata in condoni incontrollati.

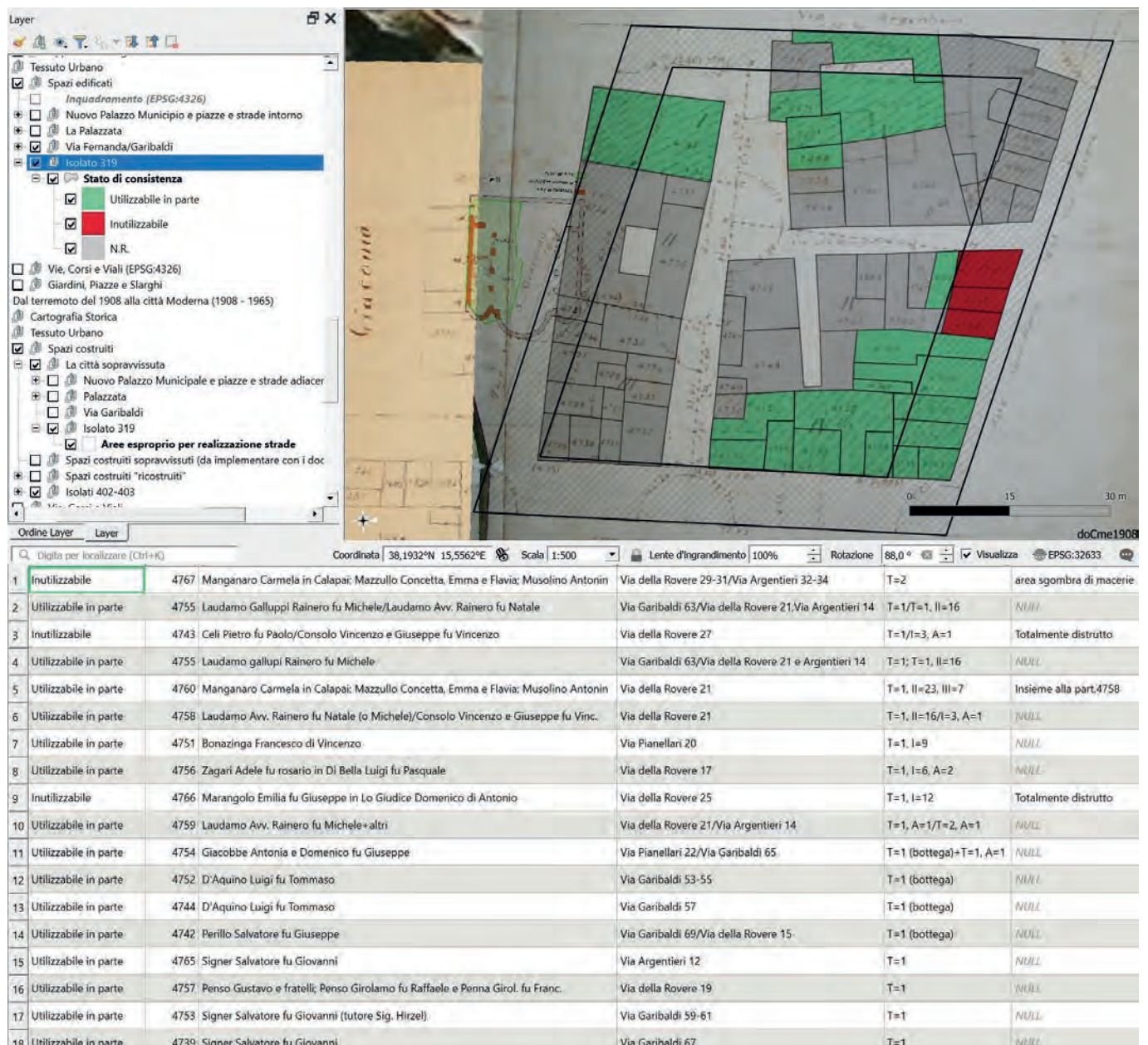


Fig. 3.16 Analisi dell'area di Largo San Giacomo: lo stato di consistenza dell'Is. 319, con l'area (retino nero) di esproprio per l'allargamento e la costruzione delle vie secondo il nuovo PRG che intacca l'intera porzione settentrionale della persistenza interrata dell'antica Chiesa di San Giacomo [in op. cit.]

Al contrario, gli scavi archeologici eseguiti in emergenza dalla Soprintendenza all'alba del nuovo secolo, che hanno portato alla luce la stratigrafia muraria che dal tardo Seicento raggiunge le vestigia dell'antico duomo di età normanna, sono stati necessari a seguito dell'intercettazione dei reperti da parte di ditte occupate nella posa di infrastrutture urbane di servizi e utenze.

L'intero studio ha avuto la finalità di realizzare un database multimediale, accessibile tramite il sito web del doCme1908 (Fig. 3.17) in *open access* e contenente anche le schede sinottiche relative alle varie stratificazioni delle architetture storiche presenti in Largo San Giacomo, che fornisse la possibilità di consultare velocemente le informazioni a diversi livelli di approfondimento: uno strumento di fruizione e accessibilità a un vasto pubblico (cittadini, turisti e ricercatori di ogni grado) per la conoscenza del patrimonio culturale dell'area. La "guida" implementabile è stata ideata per essere arricchita dalla presenza di *QR-code* posizionati in prossimità dei punti

notevoli della città, per richiamare in ogni momento le informazioni tramite *smartphone* o *tablet*, nell'ottica di diffusione della conoscenza e valorizzazione del patrimonio culturale messinese.

Per tale scopo, l'importanza di un approccio multidisciplinare per la comprensione dei processi urbani sta alla base di qualsiasi azione programmabile per preservare la memoria storica attraverso la ricerca e la divulgazione. In tal senso, la creazione del database georeferenziato all'interno della guida interattiva dimostrano quanto il dialogo e l'integrazione tra la ricerca tradizionale e le tecnologie digitali incarnino un approccio in rapidissima innovazione.

Un progetto che mira a rendere accessibile a tutti la conoscenza del patrimonio culturale della città di Messina, senza porre in secondo piano l'importanza della conservazione e della valorizzazione della memoria storica come elemento fondamentale per la costruzione dell'identità d'interesse comunità.

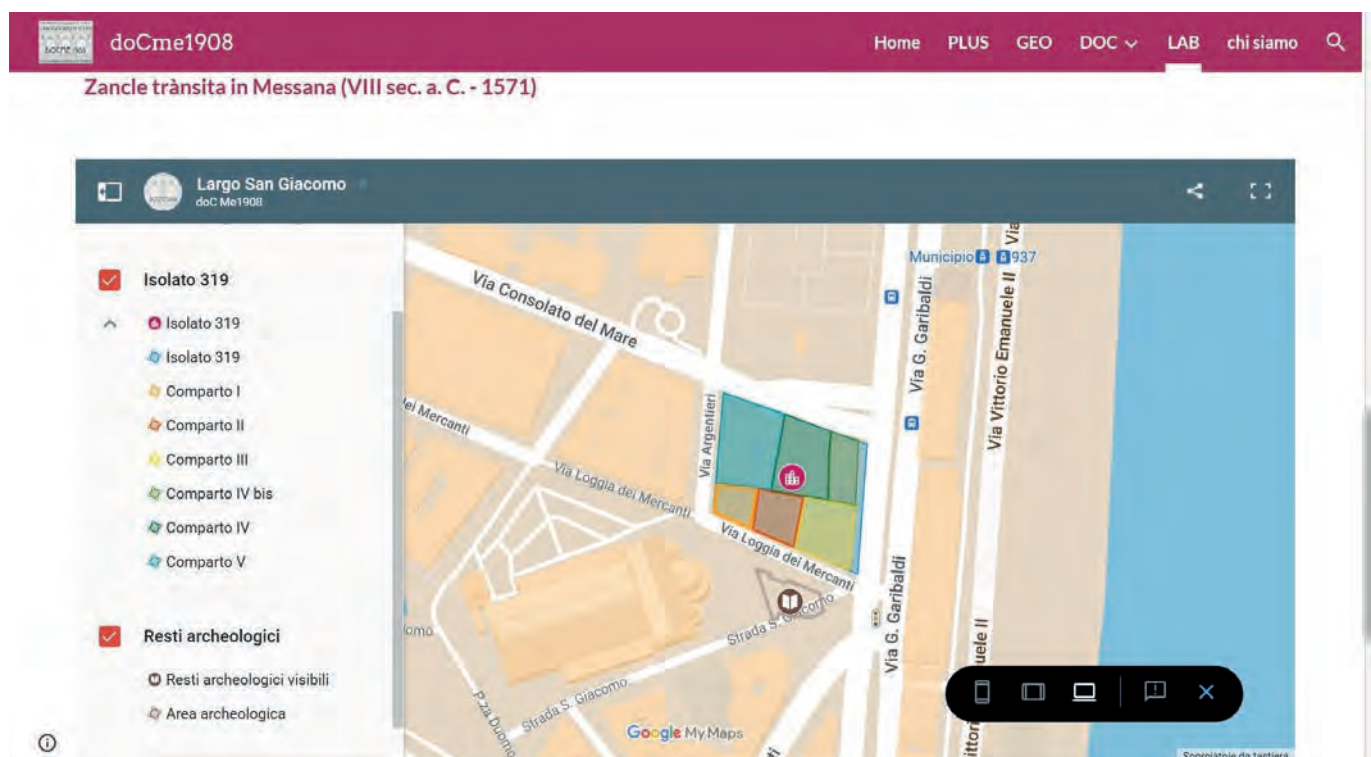


Fig. 3.17 La digitalizzazione dei comparti dell'isolato 319 e delle vestigia in luce della chiesa di San Giacomo sulla piattaforma My Maps di Google inserito nel sito web del laboratorio doCme1908 e richiamabile da QR-Code posizionabili presso i luoghi schedati [Elab. Autrice, 2024]

*Via Ferdinanda e la nuova Via Garibaldi*

Persistendo sul *focus* incentrato sull'evoluzione di Messina a seguito del terremoto del 1908 – ultimo di tre simili eventi storici - non ci si è concentrati solo su quanto riguarda le trasformazioni urbane ma anche e soprattutto l'incidenza degli ampliamenti viari della città e della conseguente ripercussione sul costruito storico sopravvissuto, obiettivo cardine da parte del progettista per aumentare la sicurezza cittadina in previsione di successive azioni telluriche di portata confrontabile.

Anche in questo caso l'analisi è stata avviata dalla ricostruzione della situazione pre-terremoto, attraverso lo studio concomitante di documenti cartografici e archivistici. Le carte catastali ottocentesche e le planimetrie dell'epoca sono state fondamentali per delineare l'assetto urbano precedente al sisma, con particolare attenzione alla configurazione di Via Ferdinanda e delle aree circostanti lasciando trasparire sullo sfondo una varietà di scelte e azioni umane, intrise di fattori mutevoli, normativi, speculativi, politici ed emergenziali, che hanno giocato un ruolo significativo quanto l'evento tellurico.

La via Garibaldi, originariamente denominata via Ferdinanda, fu tracciata a seguito del terremoto del 1783 come spina dorsale del nuovo progetto di ricostruzione e venne concepita per collegare i due versanti della città in direzione nord-sud, partendo dal meridionale Largo Purgatorio fino al torrente San Leo (oggi V.le Giostra sull'omonimo corso d'acqua tombato). Tuttavia, il terremoto del 1908 comportò una revisione del piano regolatore, con l'ing. Borzì che propose una rimodulazione dell'intero impianto urbano, che prevedeva, tra l'altro, l'allargamento e il prolungamento a sud della via Garibaldi oltre il torrente Portalegni (oggi Via T. Cannizzaro), con l'obiettivo di connettere la città storica con la sua espansione meridionale. Già nel 1861, G. Fiore aveva espresso la necessità di un simile intervento di sfondamento urbano, considerando la via Ferdinanda come “brutalmente” interrotta dalla chiesa delle Santissime Anime del Purgatorio. Il tracciato della via Garibaldi, così come definito dal Piano Borzì, attraversava l'antica *urbs vetus* normanna, ossia una zona di antica urbanizzazione compresa tra il Portalegni, l'odierna piazza del Duomo, l'area del Palazzo Reale e il porto, delimitata dalla contrada bizantina della Grecia e dal quartiere della Giudecca, con la chiesa di San Nicolò situata in posizione centrale.

In questo contesto, la consultazione di circa trecento faldoni custoditi nell'Archivio Storico del Comune di Mes-

sina, inventariati nel 2019 dal Laboratorio doCme1908 e appartenenti al “Fondo Ufficio Speciale delle Espropriazioni/Subfondo Esecuzione del Piano Borzì – Infrastrutture Viarie”, ha disvelato informazioni inedite sulle dinamiche di concettualizzazione della storia urbana e sulle motivazioni, spesso controverse, che hanno guidato le decisioni prese di fronte alle rovine e alle successive ricostruzioni. vasta gamma di documenti, tra cui disegni e mappe che illustrano la sovrapposizione del Piano Borzì con il Catasto del 1900, evidenziando l'ampliamento della sezione stradale di via Ferdinanda e lo sventramento dell'area da Largo Purgatorio verso sud.

Sono inoltre conservati stati di consistenza degli edifici, che forniscono informazioni dettagliate sulle loro condizioni strutturali, funzionali e formali prima e dopo il terremoto del 1908; perizie tecniche che stimano le indennità da corrispondere per gli espropri; documenti amministrativi relativi alle decisioni urbanistiche e alle procedure di esproprio; tavole catastali con le singole particelle, anche di edifici demoliti come il Palazzo Arcivescovile, prima del terremoto [Fiandaca et al., 2023].

La digitalizzazione di queste informazioni ha permesso di ricostruire virtualmente la stratificazione urbana di Messina: attraverso la comparazione dei tracciati urbani, a partire dal Piano Arena-Gallo fino al Piano Borzì, è stato possibile analizzare le trasformazioni subite dall'edificato nel corso del tempo. Passando poi a scala parcellare l'esame delle singole planimetrie (scale 1:200 e 1:100) ha reso possibile la comprensione delle destinazioni d'uso degli edifici e la ricostruzione delle vicende degli immobili situati lungo la via Garibaldi [Fiandaca et al., in c.d.s.].

Le diverse fonti già presenti nel database geospaziale, spesso frammentarie e disomogenee, sono state quindi integrate con i nuovi documenti d'archivio reperiti nei registri dell'Ufficio Espropriazioni del Comune di Messina, che hanno fornito informazioni dettagliate sulle proprietà acquisite, sui proprietari e sulle caratteristiche degli edifici.

In dettaglio, seguendo l'approccio cartografico già associato per il doCGIS e attraverso l'analisi di diverse fonti, tra cui i rilievi dell'IGM effettuati tra il 1909 e il 1911, non sono emersi solo i danni causati dal terremoto del 1908, sulla base della classificazione degli edifici (distrutti, utilizzabili in parte, utilizzabili e baracche), ma sono state avviate le sovrapposizioni digitali in QGIS delle diffomità grafiche o discrepanze, spesso imputabili alle evoluzioni dell'edificato tra gli anni dei rilievi

Combinando, quindi, l'analisi delle fonti iconografiche con quella di documenti testuali e amministrativi, si è potuto ricostruire con precisione lo stato di fatto immediatamente precedente il terremoto e di comprendere le motivazioni alla base delle scelte operate durante la ricostruzione. Per tale approfondimento sono stati sovrapposti e analizzati i Piani Regolatori storici, fondamentali per comprendere come l'impianto urbano sia stato riorganizzato dopo il sisma al fine quasi esclusivo di tenere conto delle nuove normative antisismiche, e confrontati col nuovo piano regolatore post-sisma del Borzì [Fiandaca et al., in c.d.s.]. In tal modo, dunque, si è potuto comprendere e analizzare come la contingenza antisismica abbia

suggerito un ripensamento del tessuto urbano, in particolare nel passaggio dalla storica Via Ferdinando alla nuova e ampliata Via Garibaldi, due arterie viarie cruciali (Figg. 3.18). Appare chiaro che il cambiamento non fu semplicemente una riorganizzazione delle strade, ma una vera e propria trasformazione dell'identità urbana, influenzata sia dalle esigenze di sicurezza post-sisma che dalle dinamiche politiche e sociali del tempo. I documenti, contenenti le informazioni circa il processo di espropriazione e le sue implicazioni sulla trasformazione urbana, sono stati preziosi per l'arricchimento del database specifico inserito a corollario della sovrapposizione cartografica e delle conseguenti elaborazioni digitali legate agli archi

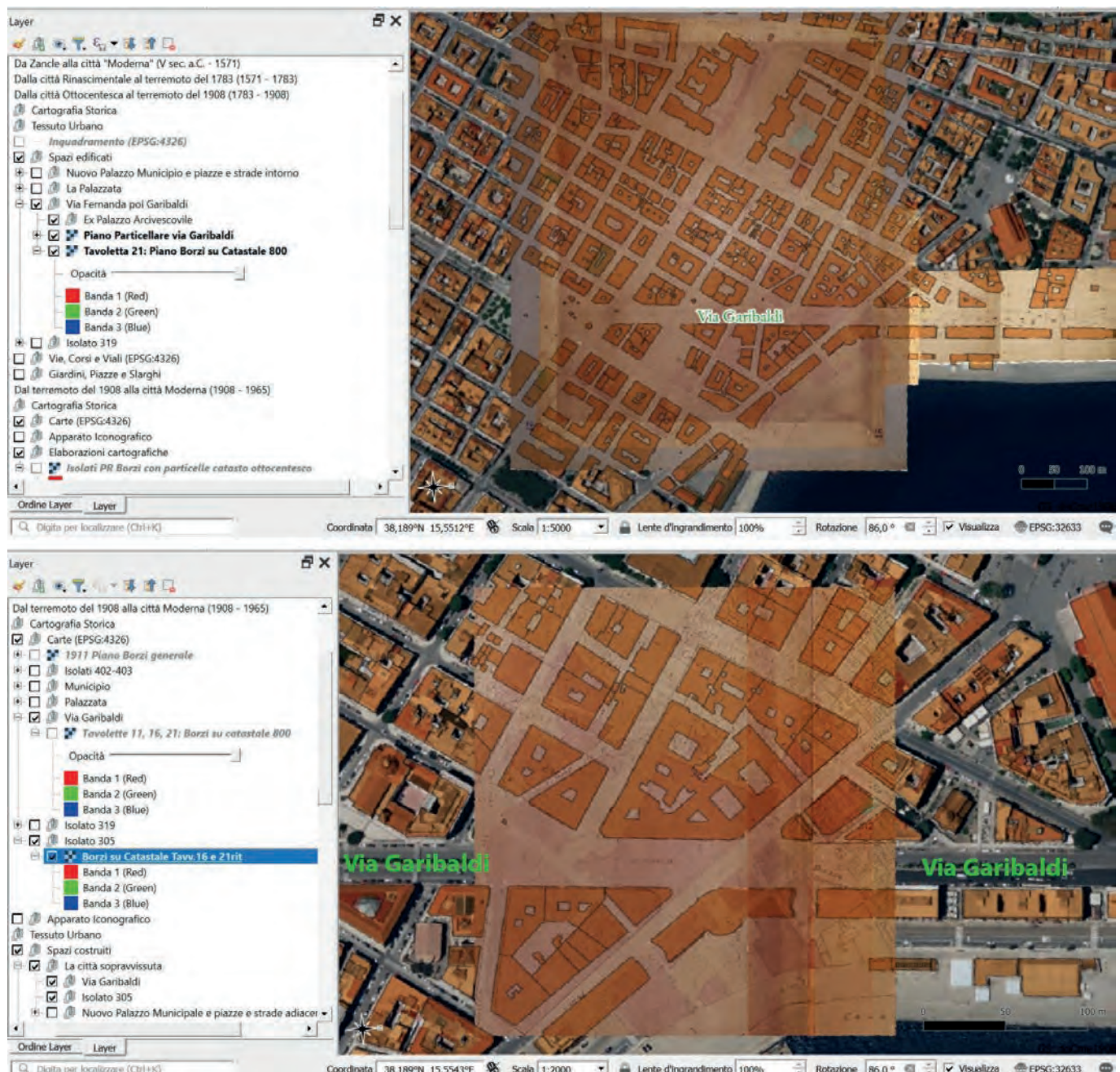


Fig. 3.18 In alto la sovrapposizione cartografica tra catasto ottocentesco, PRG Borzì e il Catasto corrente online (AdE 2024) per gli Isolati ricadenti sulla Via Garibaldi. In basso, a scala architettonica, gli Iss. pre e post terremoto limitrofi alla sede del Palazzo Arcivescovile 305 [elab. QGIS Autrice, 2024]

temporali pre- e post-sismici. Non solo il "Fondo Speciale Espropriazioni" ha consentito al Comune di Messina di acquisire vasti lotti di terreno, spesso a scapito di edifici storico-artistici, quindi evidenziandone modalità e tempi, ma anche le dinamiche sociali e politiche che hanno influenzato tali scelte: se da un lato era necessario per garantire una ricostruzione antisismica e razionale, dall'altro ha determinato la perdita di importanti testimonianze del passato. La scelta di demolire costruzioni che avevano resistito al sisma per allargare le strade, come nel caso specifico della trasformazione di Via Ferdinanda in Via Garibaldi, mostra come la visione della ricostruzione fosse guidata da un approccio igienico-sanitario e antisismico, piuttosto che dalla conservazione del tessuto urbano preesistente, sebbene di pregio storico-artistico. Infatti, il nuovo Piano Regolatore Generale aveva previsto

l'ampliamento delle strade, la creazione di nuovi isolati e la costruzione di edifici pubblici che potessero fungere da volano per la ripresa della città, secondo una visione modernista e razionalista che ha privilegiato la funzionalità e la sicurezza rispetto alla conservazione della memoria storica. La comparazione tra il piano regolatore di Borzì e le planimetrie precedenti al sisma ha permesso di evidenziare le trasformazioni subite dal tessuto urbano, in particolare l'allargamento di Via Garibaldi e la scomparsa di edifici storici e vestigia archeologiche, occulte o inglobate in edilizia più recente, che si trovavano lungo il suo tracciato (Fig. 3.19). Per attuare la digitalizzazione e georeferenziazione dei dati e fornire un quadro di riferimento territoriale aggiornato, sono state impiegate come base le Carte Tecniche Regionali (CTR), mentre la sovrapposizione tra Catasto online (agg. 2024) e ca-

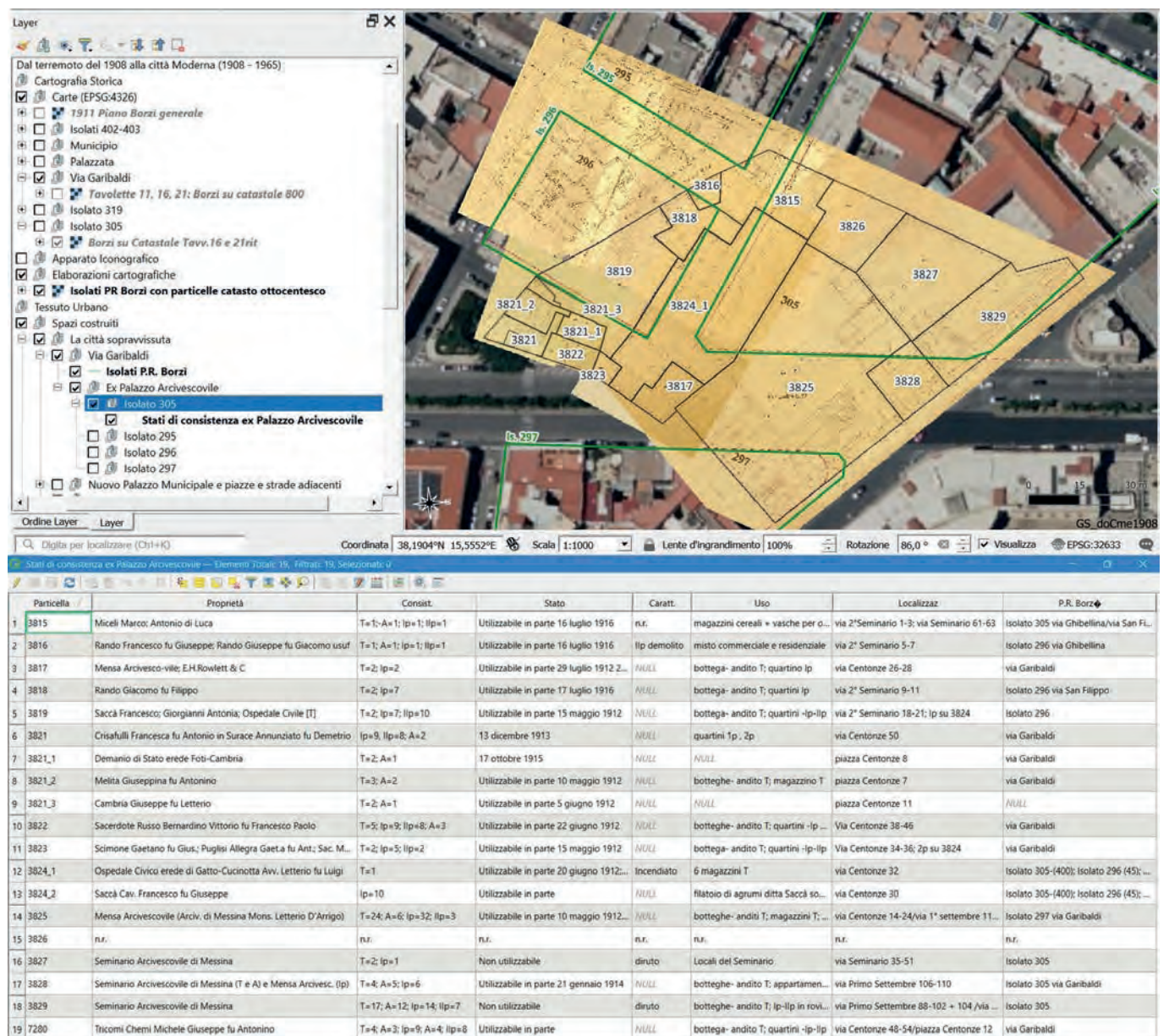


Fig. 3.19 L'analisi cartografica tra le particelle catastali ottocentesche, con le informazioni su proprietari, stato di fatto e consistenza delle cellule edilizie, e i nuovi isolati realizzati a partire dagli espropri per l'allargamento e il prolungamento di Via Garibaldi [elab. QGIS Autrice, 2024]

tastale ottocentesco hanno consentito di identificare le proprietà preesistenti al terremoto e di documentare gli espropri necessari alla ricostruzione grazie alle suddette informazioni sui proprietari e sullo stato degli edifici.

A livello di Isolato urbano e di singole particelle catastali, un caso studio particolarmente rilevante è stato quello avviato in digitale sul Palazzo Arcivescovile, un complesso architettonico con alle spalle una storia intricata di distruzioni e ricostruzioni. Situato originariamente tra le vie Seminario, II Seminario, I Settembre e Centonze, l'edificio subì gravi danni a causa del terremoto del 1783 e fu ricostruito mantenendo in buona sostanza il modulo tipologico dell'organismo originario (Fig. 3.20).

A seguito di un incendio occorso nel 1848, il completamento avvenne solo nel 1870, per poi superare indenne il terremoto del 1894 e subire danni moderati nel disastro del 1908. Tuttavia, la necessità di prolungare la via Garibaldi a sud, oltre chiesa delle Anime del Purgatorio fino alla piazza Cairoli, determinò ugualmente la sua demolizione, nonostante fosse stato classificato come "fabbricato utilizzabile - suscettibile di conservazione" dai tecnici del Genio Civile e vantasse un elevato pregio storico-architettonico oltre che culturale. L'analisi dei falconi del suddetto Fondo relativi al Palazzo Arcivescovile ha permesso di ricostruirne con buona approssimazione l'organizzazione interna, collocando un grande numero

di ambienti commerciali al piano terra, al p. nobile la residenza dell'Arcivescovo e il seminario dei chierici (primo livello) e la preziosa biblioteca al secondo (Fig. 3.21).

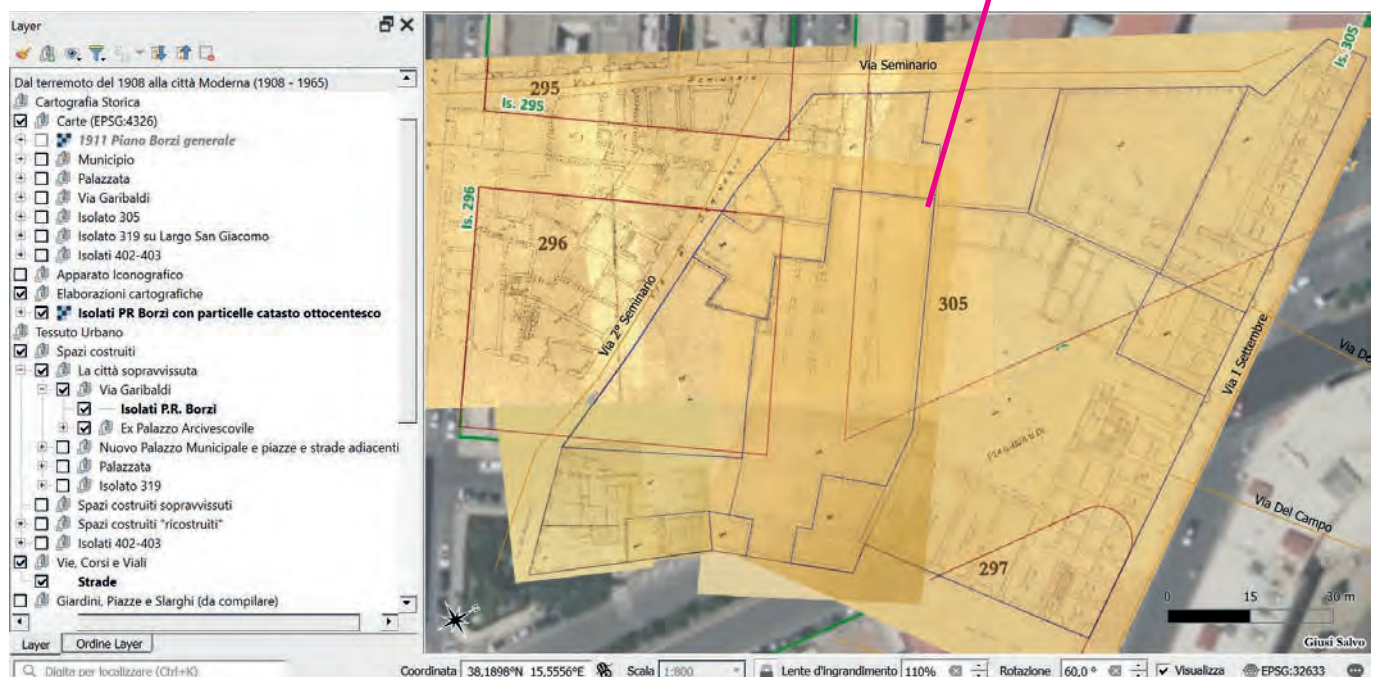
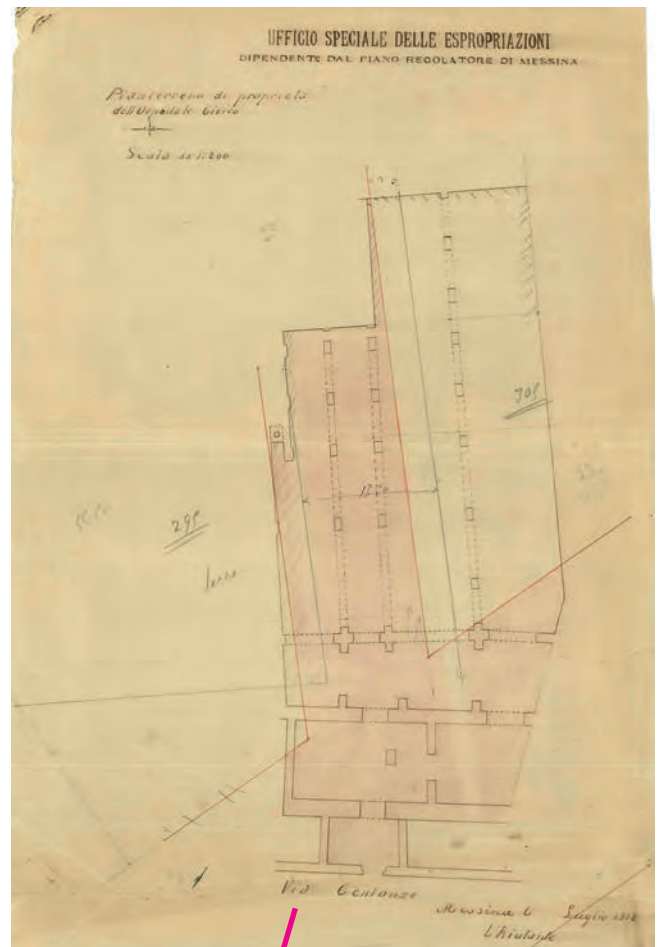


Fig. 3.20 In alto, la planimetria originale di una parte del Palazzo Arcivescovile in cui, a piano terreno, si conservavano alcuni grandi ambienti dell'ex Ospedale Civile, utilizzati come cantine e depositi, a loro volta vestigia delle navate appartenenti all'antica Cattedrale di S. Nicolò [AGC-Me]

Fig. 3.21 Elaborazione cartografica con la geolocalizzazione su Google Satellite della planimetria del Palazzo Arcivescovile pre-terremoto con le destinazioni d'uso dei locali e la viabilità ottocentesca [Elab. Autrice, 2024]

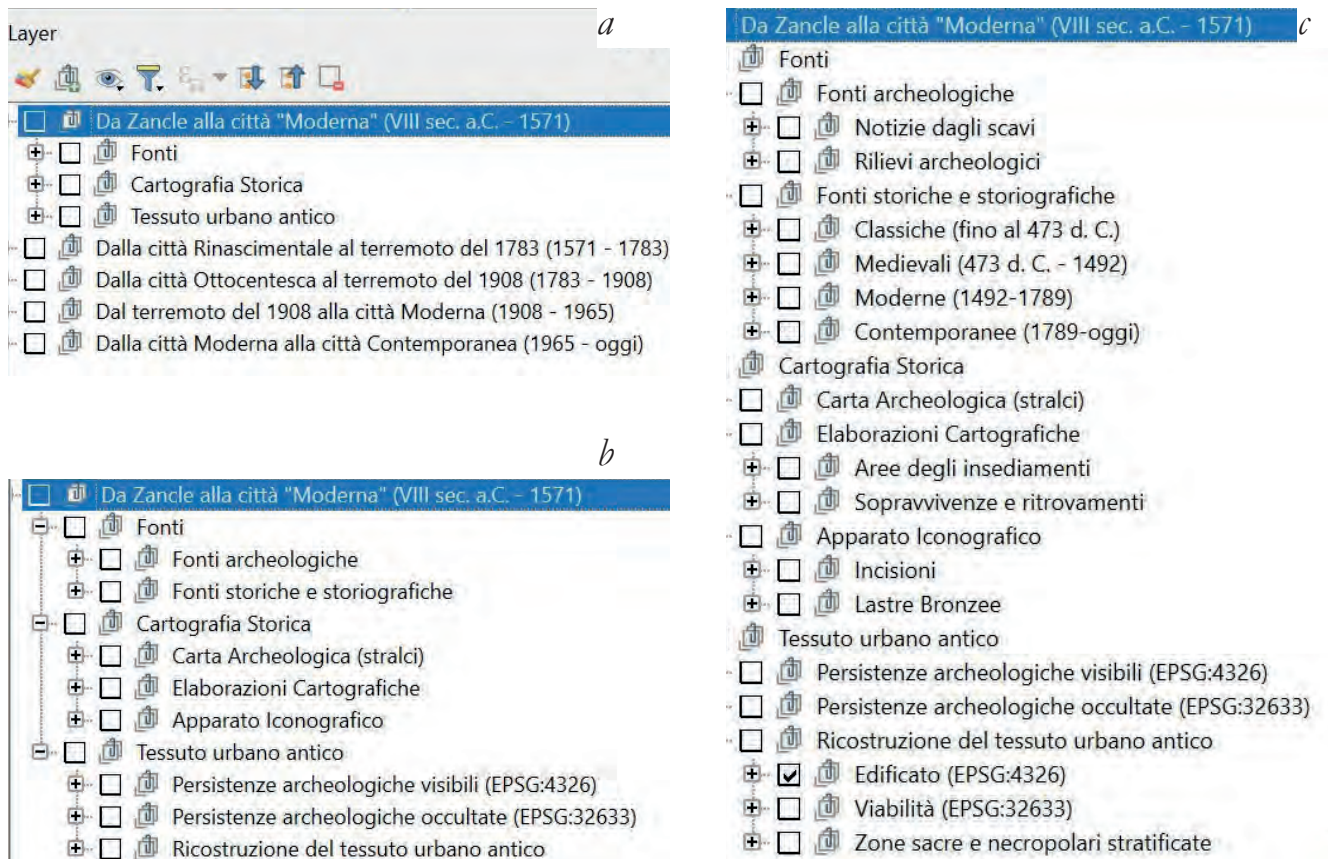
Un dettaglio sconosciuto è stato aggiunto alla storia dell'edificio, ovvero l'esistenza di due ingressi aulici su via I Settembre, con un antiportico composto da quattro colonne in pietra e stipiti del portone in marmo, mentre l'appartamento privato dell'Arcivescovo, composto da trentadue ambienti tra privati e di rappresentanza, consisteva di finiture ordinarie nelle zone di servizio e di rivestimenti pregiati sia nelle sale conciliari che nelle zone residenziali. Dalle planimetrie contenute nel faldone, si evince che il Palazzo inglobasse in origine la chiesa di San Nicolò, l'antica cattedrale di Messina, di cui si ritrovano ancora - sopravvissute e fermate su carta - le tre navate, adibite a depositi di carbone e demolite dopo il 1908 per consentire di tracciare parte della nuova via San Filippo. Infine, nell'elaborazione di comparazione con le incisioni settecentesche, si è rivelata una simmetria nel fronte su via I Settembre rispetto ai due portali di accesso, suggerendo che il ridisegno fosse stato eseguito con limitate variazioni rispetto all'impianto originario. La delimitazione della nuova area da destinare all'Arcivescovato fu deliberata nel 1914 e il nuovo edificio fu realizzato nel 1924 su progetto dell'ing. E. Fleres.

A valle degli esempi addotti, il progetto multiscalare doCGIS1908 è stato, in più parti e per differenti archi cronologici, integrato al fine di realizzare una ricostruzione virtuale della storia urbana di Messina quanto più scientificamente valida e affidabile (ossia basata sulle fonti multidisciplinari).

Applicato a frammenti di città ritrovate, ha permesso di conservare la memoria di un patrimonio documentario deperibile, di restituire e fruire di informazioni di varia natura, origine, ubicazione e collocazione cronologica, di analizzare le trasformazioni urbane attraverso la sovrapposizione di dati cartografici e archivistici, di comprendere le dinamiche che hanno portato alla riorganizzazione del tessuto urbano, di ricostruire virtualmente edifici scomparsi e di creare un database multi fonte di dati urbanistici e architettonici.

### 3.1.3 MESSINA ANTICA ATTRAVERSO LE CARTE TEMATICHE

Ampliando lo sguardo oltre i casi studio esposti, si vuole restituire una panoramica urbana costituita di carte tematiche attraverso cui far rivivere e approfondire le fasi storico-archeologiche di Messina che, per tale ragione, circoscrivono aree cittadine specifiche rispetto all'impronta longilinea in cui la città contemporanea si è conformata, stretta tra mare e colline (ultime propaggini dei monti Peloritani). Secondo la struttura aggiornata alle nuove necessità imposte dal materiale reperito, studiato e in varie forme digitalizzato, si è deciso di restituire i tematismi secondo diversi settori di catalogazione (Figg. 3.22). Seguendo l'ordine cronologico dei rinvenimenti, le prime scoperte vennero eseguite dal prof. A. Salinas, allora ancora Soprintendente agli Scavi e ai Musei archeologici<sup>9</sup> per la Sicilia Occidentale, a ridosso del sisma del 1908 [Salinas e Columba, 1915] a seguito di segnalazioni fatte dai pochi funzionari sopravvissuti afferenti al Museo Civico di Messina e al medesimo Comune. Gli scavi presso la Prefettura (cfr. 3.1.2) furono, infatti, da lui autorizzati nel 1914 a seguito del sopralluogo effettuato con l'ing. F. Valenti<sup>10</sup>, all'indomani del sisma del 28 dicembre del 1908, per valutarne i danni. Furono infine proseguiti sotto la direzione del prof. P. Orsi<sup>11</sup> succedutosi a seguito della sua improvvisa dipartita e il passaggio di Messina alla competenza di Siracusa (Soprintendenza per la Sicilia Orientale) e non più di Palermo. Come dichiarerà il sopraggiunto Soprintendente, il sisma fu una mancata occasione di ricerca per Messina [Orsi, 1912]: a causa dell'incalzante premura imposta nelle indagini archeologiche dal Genio Civile a favore di una quanto più veloce ricostruzione dei palazzi pubblici e in particolare governativi, gli scavi di approfondimento furono necessariamente limitati nel tempo e nello spazio. Quel che Orsi invece auspicava, si sintetizzava nel cogliere nella causa del disastro il lato positivo di un cantiere archeologico a scala urbana, ove la distruzione tellurica avrebbe lasciato adito al pensiero romantico della scoperta storico-archeologica esclusivamente classica e antiquaria, tipica di fine Ottocento e assodata all'inizio del Novecento, ossia limitata dalle origini greche alla romanità di Messina. Quel che non fu possibile indagare a ridosso dell'evento del 1908, è stato nel tempo parzialmente ricostruito sia sulla base delle notizie storiche di fonti che grazie a interventi di approfondimento arche-



Figg. 3.22 a-c La nuova struttura dei layer contenuta nel macrolemma "Da Zancle alla città Moderna (VIII sec. a. C. - 1571)" [elab. Autrice, 2023]

ologico in emergenza, approfittando di perforazioni per le fondazioni di nuovi edifici o di posa di servizi, in una necessaria quanto obbligatoria punteggiatura urbana a macchie di leopardo (Fig. 3.23).

Per quanto riguarda le notizie dagli scavi, antiquari e poi sistematici (eredità dell'attività pionieristica del prof. Orsi in Sicilia), delle Soprintendenze che si sono susseguite cronologicamente, si è potuto risalire a una conformazione urbana che dipana fin dalla fondazione un filo mai interrotto con la contemporaneità.

Se *Zancle*, infatti, era stretta tra i torrenti Portalegni a settentrione e Camaro a sud [Orsi, 1912], occupando una pianura costiera solcata da molte fiumare, tra diverse necropoli e l'insediamento arcaico (a sud del porto e all'attacco della penisola falcata, in Fig. 3.24), nelle epoche successive sposta il suo baricentro urbano sempre più verso nord [Orsi, 1929 e Taccuino Orsi n°135; Vallet, 1958; Bacci, 2008 per lo studio dei materiali].

Nella sua massima espansione del VI secolo a.C., la città presentava una conformazione semicircolare con isolati rettangolari orientati in direzione est-ovest, con assi stradali paralleli alle fiumare e aree sacre ai margini (Fig. 3.25), per un'estensione, stimata dagli archeologi sulla

base di indagini effettuate in emergenza in diversi punti dell'area, di circa 80 ettari [Scibona, 1993; Tìgano, 2018]. Quando, nel V sec. a.C., la città prende il nome di *Messana*, dagli strati archeologici si evince che la necropoli rinvenuta presso l'odierna piazza Cairoli resta in uso fino alla tarda età ellenistica, indicando un notevole spostamento verso nord/nord-ovest. Proprio qui, alla fine degli anni '90 del Novecento, è stata intercettata la zona produttiva grazie alla presenza di fornaci, sita tra il viale San Martino e il mare, tranciata dai tracciati ferroviari [Bacci, 2000]. Infine, si rintraccia la periferia sud della città di IV sec. a.C. presso l'Is. 108, ossia l'ex cinema Garden, giustificando il ridimensionamento - o meglio la contrazione urbana - come conseguenza di avvenimenti storici d'ampia portata quali la distruzione di Cartagine del 396 a.C. e la conquista da parte dei fuoriusciti Mamertini nel 288 a.C. [Bacci e Spigo, 1996].

Per quanto riguarda poi l'età imperiale e tardoantica, sono da ricollegarsi le zone del torrente Portalegni (oggi via Tommaso Cannizzaro) e del Teatro Vittorio Emanuele con la necropoli parzialmente indagata, sotto il Palacultura Antonello presso il viale Boccetta, ma estesa tra il mare e l'attuale Circonvallazione [Scibona, 1988 e 2001].

### Scavi e notizie Salinas 1910-'14

- Absidi chiesa di S. Francesco all'Immacolata
- Chiesa dei Catalani
- Necropoli romana
- Raccolta pezzi architettonici post sima presso la Spianata dei Greci

### Scavi e notizie Orsi 1910-'21

- Acquedotto urbano 1913
- Casa romana con mosaico
- Iscrizione osco-mamertina
- Muraglione tardo-mamertino in opera mista
- Necropoli romana di San Placido
- Resti votivi di un santuarietto arcaico
- Rilievo con tre figure femminili
- Ritrovamenti sporadici vari
- Ruederi di un edificio privato prob. ellenistico
- Sarkofago figurato ellenistico-romano
- Statua acefala forse Igea presso santuario
- Torso maschile acefalo



Fig. 3.23 Le notizie puntuali dei Soprintendenti prof. A. Salinas e prof. P. Orsi dopo il terremoto del 1908 [elab. QGIS Autrice, 2025]

Da Zancle alla città "Moderna" (VIII sec. a.C. - 1571)

- Fonti
- Cartografia Storica
- ☒ Carta Archeologica (stralci)
- ☒ Testimonianze dell'insediamento di Zancle dall'VIII al V sec. a.C. [Bacci 1998]
- ☒ Elaborazioni Cartografiche
- ☒ Aree degli insediamenti [fonte: Bacci 1998]
- ☒ Area degli insediamenti
  - ☒ Zona della colonia Zancle fino al V sec. a.C.
  - ☒ Dall'età tardo-classica alla primo-imperiale
- ☒ Sopravvivenze e ritrovamenti
- ☒ Resti di età greca arcaica fino alla classica VIII-V a.C.
  - ☒ Abitazioni
  - ☒ Affioramento asse viario
  - ☒ Area sacra
  - ☒ Edificio d'abitazione
  - ☒ Fornace ceramica
  - ☒ Isolati di fondazione dionigiiana
  - ☒ Officina siderurgica
  - ☒ Oikoi A e B
  - ☒ Resti di "ambita"
  - ☒ Resti di distruzione
  - ☒ Rinvenimenti di età arcaica
  - ☒ Segmento d'impianto urbano
  - ☒ Tratti di maglia urbana
  - ☒ Zona dell'acropoli?
- ☒ Resti di età ellenistico-romana fino al tardoantico IV a.C. - V d.C.
  - ☒ Criptoportico romano
  - ☒ Edifici e viabilità
  - ☒ Edilizia sacra
  - ☒ Lacerto di pavimento musivo policromo
  - ☒ Muro ellenistico
  - ☒ Necropoli
  - ☒ Necropoli romana
  - ☒ Pavimento musivo b/n
  - ☒ Rimanezze di un edificio pubblico
  - ☒ Segmento di cavea
  - ☒ Strutture di età tardo-ellenistica

Resti di età bizantina e medievale VI-XIV d.C.

- ☒ Convento di S. Maria del Carmelo
- ☒ Fattoria bizantina
- ☒ S. Salvatore in lingua phari
- ☒ Strutture abitative e viabilità



Fig. 3.24 L'evoluzione urbana dalla fondazione, all'abitato ellenistico fino all'età romana sulla base dei rinvenimenti di strutture e materiali avvenuti dopo l'attività del prof. Orsi a Messina, pioniere del metodo scientifico di indagine e documentazione, fino alla contemporaneità [elab. QGIS Autrice, 2025]

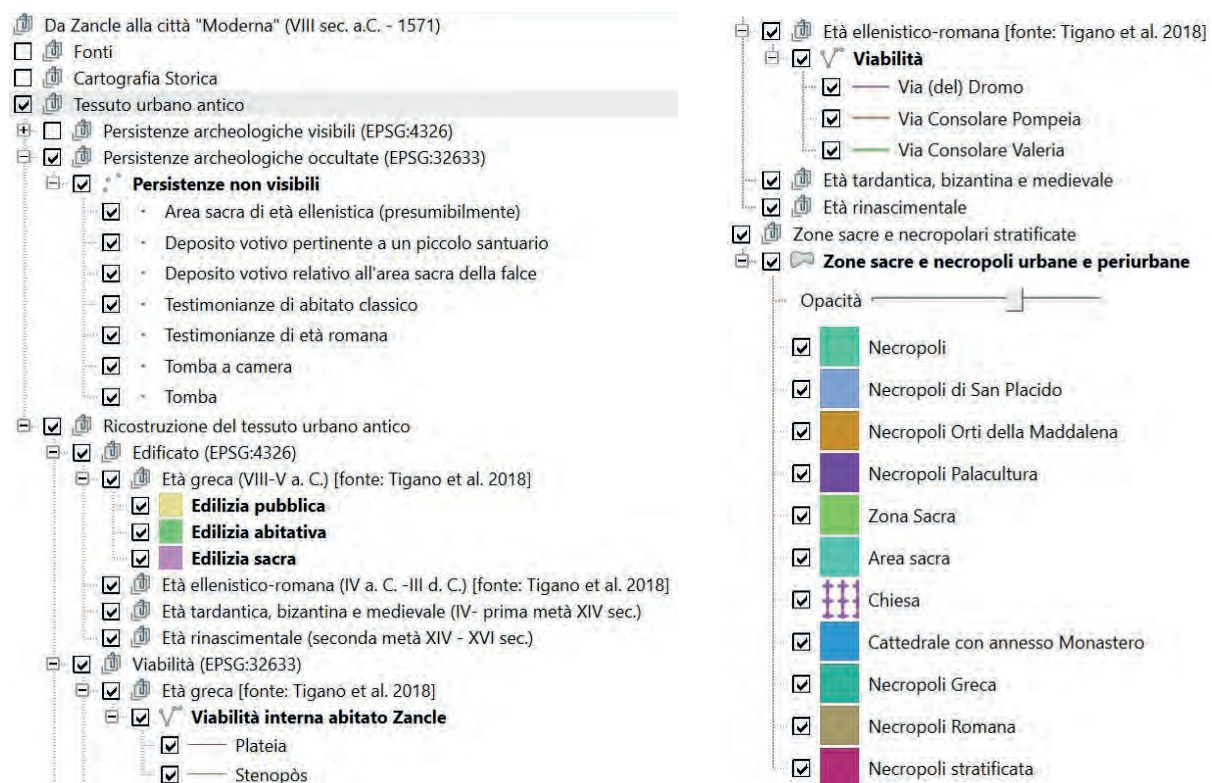
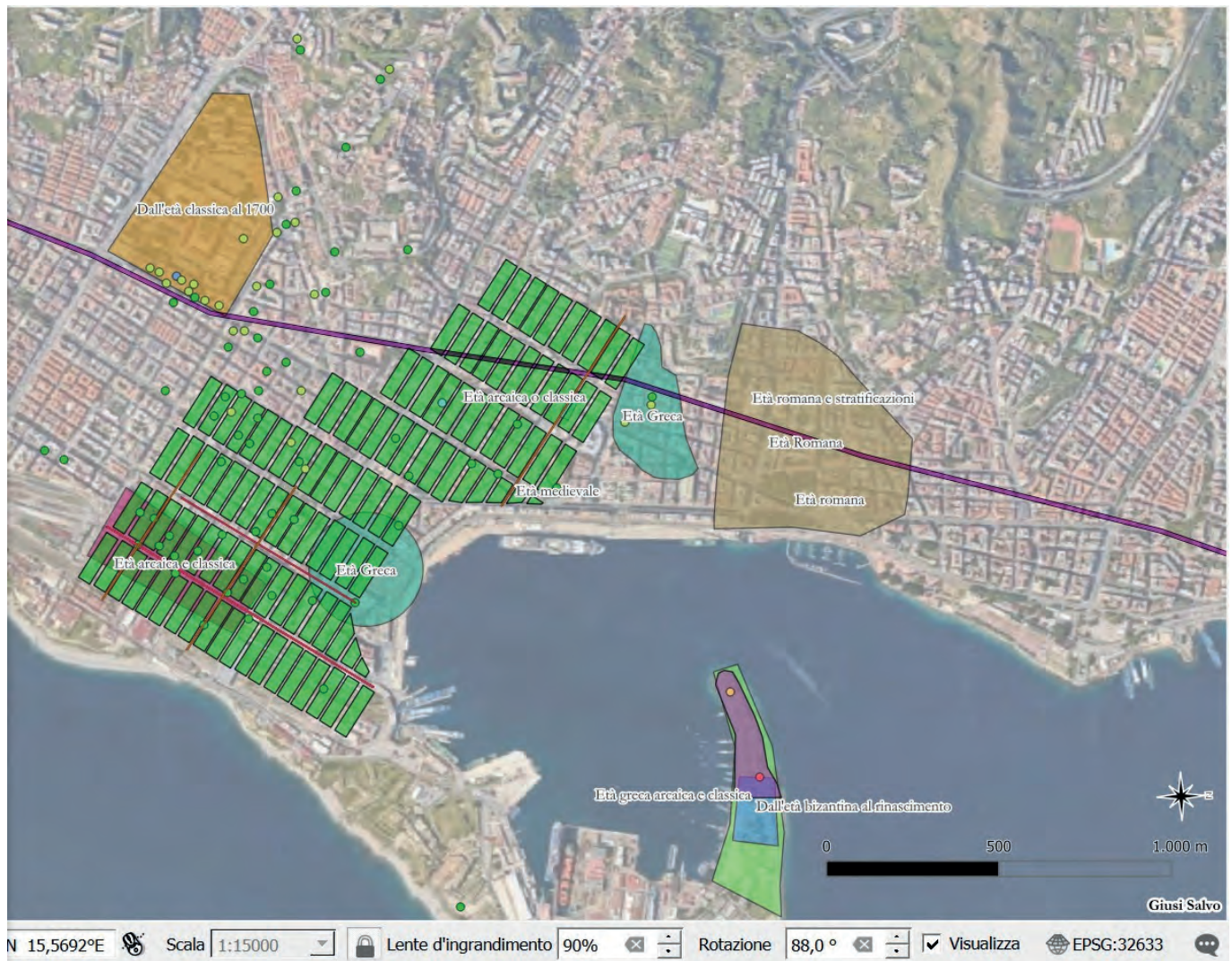


Fig. 3.25 Ricostruzione digitale del tessuto urbano di età greca ed ellenistico-romana (in Tigano 2018), della viabilità principale e secondaria, della zonizzazione puntuale delle persistenze archeologiche e delle aree sacre a confine degli insediamenti nel tempo [elab. QGIS Autrice, 2025]

Nell'intero arco di tempo, dalla fondazione al medioevo, si assiste alla polarizzazione attorno al porto naturale della città, con una contrazione dell'area insediativa soprattutto in periodo bizantino forse a seguito di eventi tellurici antichi di entità notevole. Infatti, sulla falce i ritrovamenti votivi avvenuti fin dall'età arcaica [Orsi, 1929] confermano la longevità della frequentazione di carattere sacro della penisola sabbiosa, prima di essere convertita nel '500 in un importante baluardo militare ancora presente ai giorni nostri.

Per quel che riguarda il carattere sismico dell'area dello stretto anche in antichità, le fonti scientifiche odierne riportano come nella odierna piazza Cavallotti era presente, in età greca e romana, una spiaggia acquitrinosa particolarmente inabitabile, mentre in epoca medievale vi si riporta materiale per edificare e, al tempo stesso, per contrastare la tendenza allo sprofondamento. Questo come conseguenza alla dislocazione tettonica o frammentaria di natura sismica. Orsi stesso imputa la l'abbassamento di quota del terreno nello scavo della Prefettura alla sismicità della zona, così come nella necropoli dell'isolato 373 ne sarebbe traccia evidente la deformazione del deposito archeologico post-deposizionale [Scibona, 1988]. Ulteriori indizi dell'eventuale forte terremoto occorso tra il 350 e il 365 d.C. sono riscontrabili in una forte riduzione della rete insediativa nell'area dello Stretto, nella contrazione dell'abitato di Messina interpretata spesso come semplice abbandono, un frequente riuso dei materiali provenienti probabilmente da crolli più che da demolizioni antropiche causate da conflitti o incursioni, sedimenti interpretabili come tracce di maremoto sulle due coste dello stretto, nonché alcune testimonianze epigrafiche e necropoli rinvenute nell'insediamento di *Reghion*, oltre che tracce di crolli sulle strutture superstiti (Terme della Marina, presso Reggio Calabria). Tutti questi indizi confrontati con le fonti letterarie coeve portano a confermare la descrizione riservata alla Sicilia come scenario Mediterraneo di terremoti: in particolare Libanio indica come atterrate le più grandi città della Sicilia, sebbene alcuni studiosi l'interpretino come presagi e non fatti realmente accaduti. Allo stesso modo la fonte targa antica Gerolamo pone un richiamo a un evento disastroso, che genera morte sulle coste sicule, ossia un terremoto, occorso nell'anno della 286<sup>a</sup> Olimpiade (ossia circa 366 d.C.); a partire da questa, un'altra fonte tardoantica, quella di Paolo Diacono, rimanda a fenomeni di

scioglimento nel 367 circa. A parziale conferma durante il medioevo si tiene memoria di un terremoto universale seguito da un maremoto che nel 365 d.C. coinvolse anche la Sicilia [Guidoboni et al., 2008]. Altri eventi tellurici nel territorio messinese furono indicati in data 31 agosto 853 dalle fonti *Cronica bizantina brevita* [vol. I del 1975], nella Visione di Daniele (1893), nel *Typikon* messinese del Monastero del SS. Salvatore [cod. *Messinensis* gr 115, fol. 106 r.] al tempo dell'Archimandrita Luca (1131). Nello stesso documento, in una notula a margine del Codice 73 [fol. 30] si dà notizia di un altro sisma avvenuto all'ora nona (13:40) del 26 sett. dell'anno del mondo 6681 (1172). Ancora una notula riportata nel codice 103 [fol. 55v] riporta il sisma all'ora quinta nell'anno del mondo 6764 nella IV indizione (17 nov. 1255 oppure 17 mag. 1256); nello stesso codice [fol. 25r] si dà notizia del crollo di un merlo della chiesa del SS. Salvatore, ormai quasi ridotta a rudere, a causa di una scossa il 10 nov. 1429 alla 24a ora (16:20).

Altri terremoti storici, avvenuti tra 405-100, furono registrati a Messina il 29 maggio 1494, con una sequenza sismica che causò rilevanti danni imputabili prevalentemente al degrado edilizio esistito sotto le dominazioni bizantina e araba ossia prima del trono di Carlo V, e una replica nella notte tra il primo e il 2 settembre 1494 di cui fanno cenno anche il Maurolico F. nella sua opera, riportando sequenze sismiche tra maggio-settembre, così come a seguire il Buonfiglio Costanzo (1604), il Samperi (1644), il Pirri e il Gallo. Altre scosse furono registrate dalle fonti coeve nell'area dello Stretto fra il 25 febbraio e il 7 Aprile del 1509: in particolare a Messina il 25 Febbraio F. Maurolico registra due scosse senza però citare i danni subiti dalla città e allo stesso modo attinsero negli anni Buonfiglio, Samperi, Gallo, Bonito, Mongitore, Capocci e Mercalli. Una fonte inedita è G. Cuneo che trasmette la scossa dell'11 novembre 1561 tra Messina e Reggio come una scossa terribile e lunga ma senza indicare i danni, a differenza del sisma tra Messina e Reggio dell'agosto 1599 che causò danni rilevanti alle abitazioni, che furono per questo a lungo abbandonate dopo l'avvenimento, come riporta nella sua opera (1644) il coevo Samperi. Un altro sisma antico del 12 agosto 1635, imputato da Carrera P. (1636) all'eruzione etnea del dicembre 1634, produsse forti lesioni a qualche edificio messinese. Uno sciame sismico particolarmente lungo si verificò tra l'8 giugno e l'ottobre del 1770: a Messina il primo fu par-

ticularmente forte, ma senza conseguenze, mentre in un episodio del 22 luglio si registrarono danni.

Infine, il più forte e catastrofico sisma storico dell'area meridionale e messinese fu quello tra il 5 e il 6 Febbraio 1783 con repliche di varia entità che si dilungano fino al marzo dello stesso anno; Il 5 Febbraio alle 12 tra la Calabria e Messina vi furono crolli estesi e vittime vicino al mare con abbassamento del suolo e spaccature diffuse mentre il 6 Febbraio a 00:20 una scossa breve ma forte abbatté molti edifici già danneggiati. Tra questi il campanile e parte del Duomo, il palazzo arcivescovile e il seminario, la chiesa e parte del convento dell'Annunziata dei Teatini, il collegio di arti e Chiesa di San Nicolò, il collegio con la chiesa di San Giovanni Battista al Palazzo Reale e parte del grande ospedale. Vi furono inoltre danni notevoli anche nei villaggi a nord di Messina, come a Torre Faro in cui un maremoto causò delle frane vicino al Pantano piccolo. [Comastri e Mariotti, 2008].

Tutti questi sconvolgimenti tellurici e naturali possono essere riscontrati e letti attraverso l'archeosismologia su monumenti crollati e in siti antichi abbandonati, mediante l'analisi del paesaggio archeologico e del contesto di scavo o dell'elevato sopravvissuto. Sul fronte siciliano dello Stretto, vi è una forte componente morfologica instabile caratterizzata in ogni epoca da alluvioni estreme e rivoluzioni dei depositi archeologici [Orsi, 1916], come confermato dalle indagini - sistematiche e non - avviate a Messina dal sisma del 1908 ad oggi.

Sulla base di queste notizie, è stata eseguita una cernita della cartografia storica utile per risalire ai punti di cesura o di modifica morfologica di brani più o meno estesi del tessuto urbano di modo che potessero essere confrontati con lo stato di fatto attuale e dedurne una critica ragionata relazionando il discorso sempre al problema degli strati archeologici e alle *facies* storicizzate di Messina nel tempo. In riferimento all'arco cronologico più antico tra il 1571 e il 1783 sono state analizzate le riproduzioni a volo d'uccello delle incisioni cittadine estese tra il torrente Portalegni a sud e l'attuale via Fossata (derivata dalle mura urbane cinquecentesche) a nord, i fondali scenici di alcuni dipinti di Antonello da Messina è una carta inedita appartenente a un archivio privato (famiglia Mallandrino) con la perimetrazione dei cosiddetti borghi di retaggio medievale e cinquecentesco. A cavallo tra il 1783 e il 1908 oltre alla cartografia con i rilievi dei danni del sisma del 5 febbraio 1783 redatta dall'Arena Gallo, sono state sovrapposte le carte a parti-

re dal 1823 di *Stadt Wengersky*, del 1864 il primo Piano di ampliamento urbano progettato dall'ing. G. Papa per il Comune di Messina, seguito da quello del 1873, del 1882 la "Nuova Pianta di Messina", dell'inizio secolo il nuovo Catastale storico aggiornato all'ottobre del 1900, infine la carta turistica "Messina e dintorni" voluta nel 1902 dal Comune di Messina. Successivamente al 1908 e fino al 1965 sono state sovrapposte le carte e gli stralci delle cosiddette Tavole Borzì con i perimetri dei nuovi isolati del Nuovo Piano Regolatore per la ricostruzione sulle particelle del catasto borbonico, il *focus* restituito dall'ing. M. Baratta sulla Palazzata lungo la Cortina del porto con i danni sismici del 1908, dello stesso anno in rilievo dei danni effettuato sul Catastale e sulla Carta Comunale, del 1919 la carta del Touring Club d'Italia e infine il PRG del 1948. Al fine di confrontare tutto con la cartografia contemporanea, sono state scelte la Carta Tecnica Regionale CTR 2012-'13 corredata dai toponimi, le carte dell'Istituto Geografico Militare IGM a varie scale (1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000), i voli ATA realizzati dall'IGM tra il 1983 e il 2012, il Catasto online (agg. 2025) disponibile sul sito dell'Agenzia delle Entrate e le immagini satellitari aggiornate in diversi anni e attinte da varie piattaforme geografiche (*Google Earth*, *Bing*, *ESRI*, etc.).

Stando poi a quanto ampiamente riscontrato nelle fonti letterarie, storiche e storiografiche, si è restituita la testimonianza quanto più precisa possibile delle rimanenze archeologiche urbane - occulte, distrutte e note solo attraverso le fonti - localizzate sulla base delle indicazioni topografiche, spesso molto approssimative, contenutevi. In tal modo sono state prodotte le carte tematiche inerenti i templi greci inglobati o sostituiti, in età cristiana e successiva, da chiese e monasteri con relativa schedatura secondo le informazioni estrapolate dalla relativa bibliografia, quelle contenenti le notizie di rinvenimenti fortuiti avvenute nel tempo e tramandate testualmente (Fig. 3.26), la classificazione del tessuto urbano antico per archi cronologici organici e per tipologia (edilizia residenziale, sacra, pubblica, viabilità, etc.) schedate e riferite bibliograficamente alla stregua di piante di fase ma a scala urbana.

Infine, per centralizzare il tema di studio e fornire una panoramica storico-geografica, è stata restituita la Carta tematica delle chiese e monasteri osservanti la regola di S. Basilio in terra di Sicilia di cui è stato Archimandritato il SS. Salvatore *in lingua phari* prima della fine del Cinquecento e il rifondato S. Salvatore dei Greci fino alla distruzione per il terremoto del 1908 (Fig. 3.27).

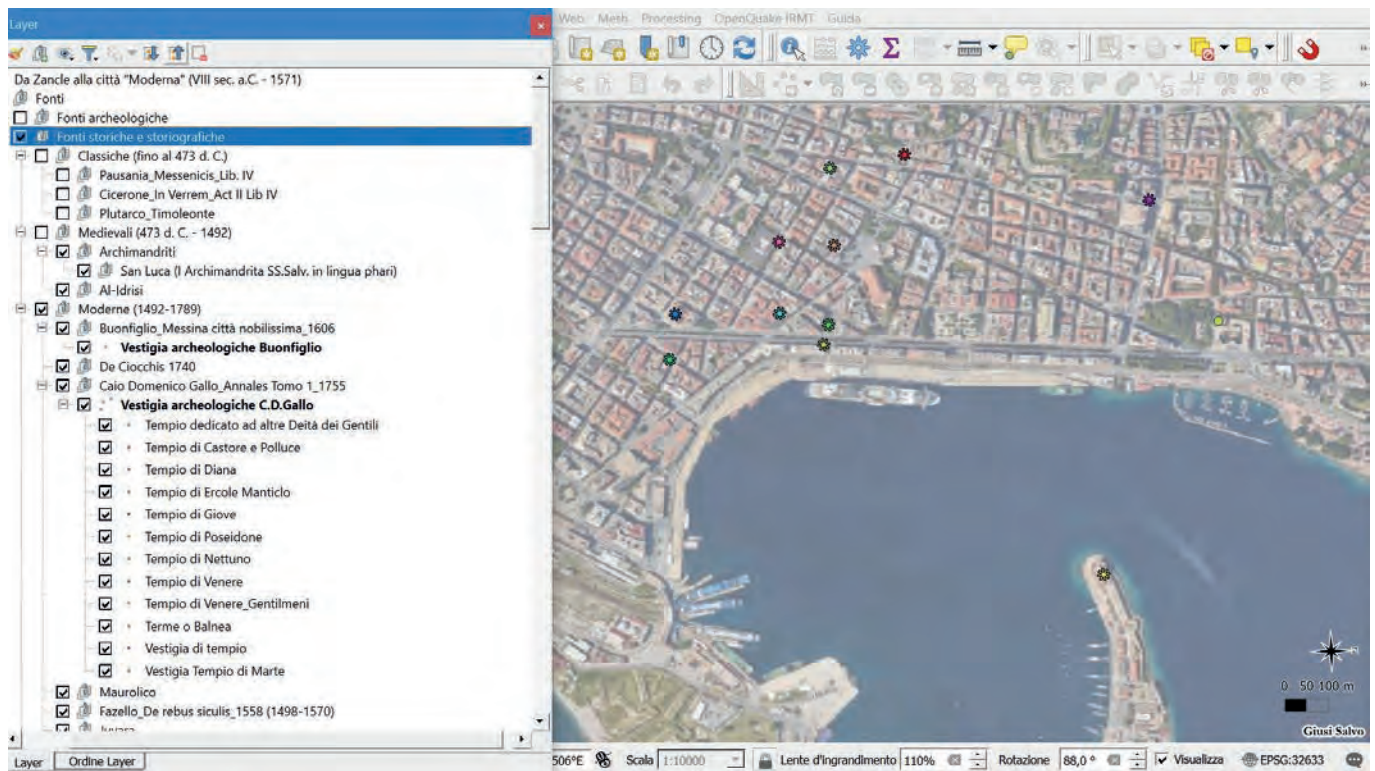


Fig. 3.26 Carta tematica delle notizie di edilizia sacra pagana (templi), spesso inglobata in o sostituita con quella cristiana, dalle fonti storiografiche moderne Buonfiglio 1606 e Gallo C.D. 1755 [elab. QGIS Autrice, 2025]

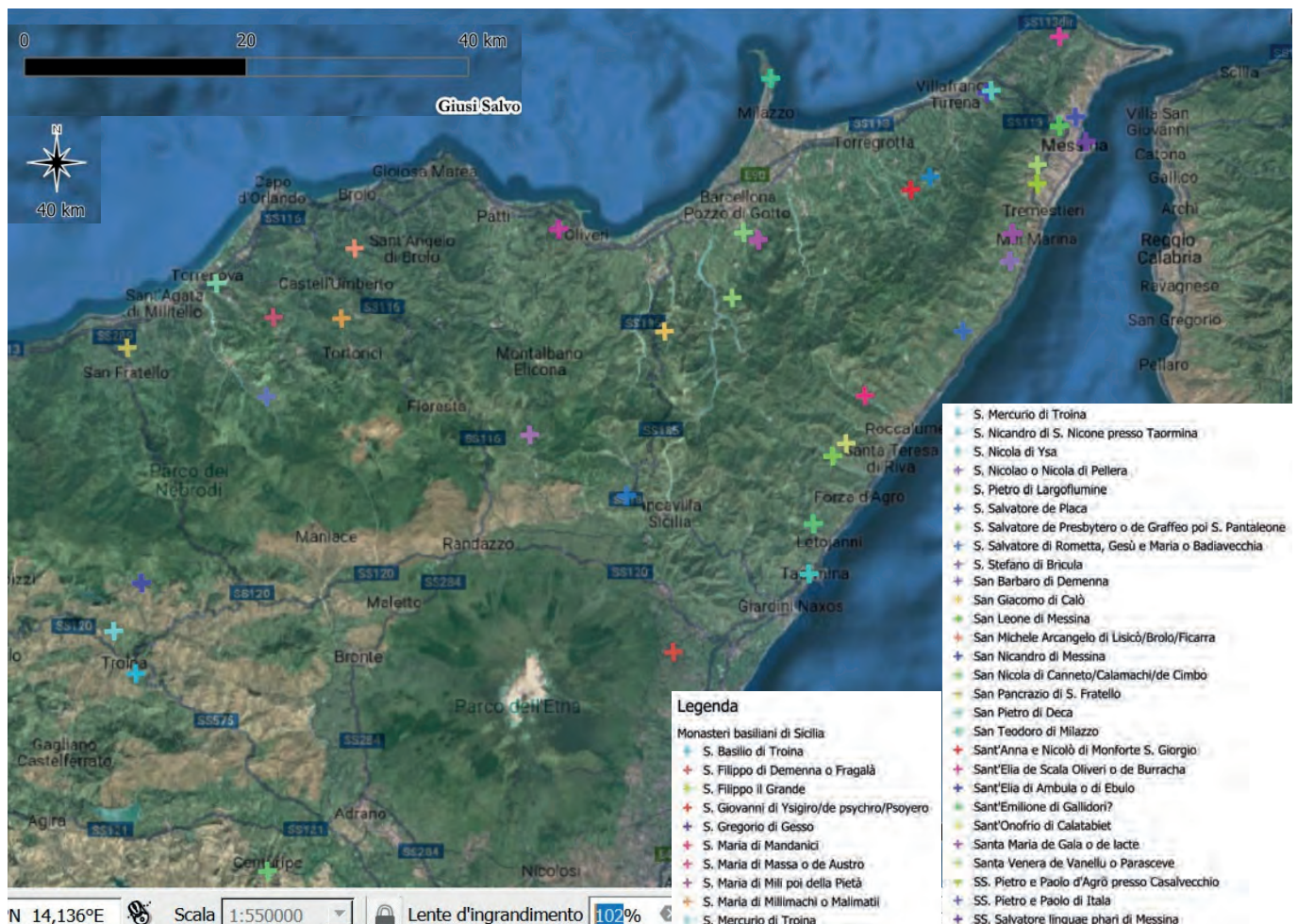


Fig. 3.27 Carta tematica delle chiese e degli annessi monasteri basiliani - molti ormai scomparsi - in terra di Sicilia sottostanti all'Archimandritato del SS. Salvatore di Messina dal 1131 per volontà di Re Ruggero II, dalla fonte storiografica contemporanea Filangeri 1979 [elab. QGIS Autrice, 2025].

### 3.2 La lettura del complesso monastico del S. Salvatore dei Greci: le vestigia come documento

Nel panorama degli studi contemporanei di archeologia dell'architettura, l'approccio multidisciplinare che considera i resti materiali come "documenti" e li vaglia sotto differenti lenti si afferma con maggiore rilevanza. Questa metodologia, che integra l'analisi archeologica con la ricerca storica e l'interpretazione stratigrafica architettonica, permette di decifrare le complesse narrazioni incorporate in porzioni di strutture e in manufatti superstiti. Su queste premesse, il complesso monastico del San Salvatore dei Greci di Messina rappresenta un caso emblematico di stratificazione storico-archeologica non solo se riferito al contesto urbano locale ma pure a quello dell'Italia Meridionale e all'ambito Mediterraneo. Nato come "Santissimo Salvatore" in età basso medievale all'ingresso del porto e rifondato con la precisazione "dei Greci" nell'attuale sito a metà del XVI secolo, è stato soggetto a numerose trasformazioni, sia a seguito di accadimenti naturali che antropici, fino alla sua distruzione nel terremoto del 1908; in virtù di ciò, le vestigia sopravvissute e ben mantenute/conservate/preservate offrono l'opportunità scientifica per ricostruire ed esplorare secoli di storia basiliana per lo più perduta.

Il complesso monastico, con la sua storia travagliata di ricostruzioni, ampliamenti e cambi di destinazione d'uso, offre un terreno fertile per l'applicazione di questo approccio interdisciplinare: dalle origini come centro della cultura greco-bizantina in Sicilia, passando per il ruolo di fucina e richiamo internazionale nel Rinascimento greco del XVI secolo, fino alla sua destituzione a causa delle leggi eversive e alla conseguente trasformazione in Accademia della Guardia di Finanza nel XIX secolo, ogni fase cronologica e costruttiva della sua esistenza ha lasciato tracce tangibili da interpretare in chiavi diverse ma convergenti.

Ci si propone, infatti, di "leggere" il S. Salvatore attraverso la combinazione di metodi propri dell'archeologia dell'architettura, l'analisi delle fasi edilizie e dei materiali impiegati, accanto a quelli prettamente storico-archeologici e storiografici, ovvero lo studio delle fonti documentarie e l'interpretazione storico-artistica, perseguendo l'obiettivo di ricostruire non solo la cronologia e l'evoluzione fisica dell'unico sito pervenutaci, ma anche di comprendere il ruolo dei due complessi monastici mutevole nel contesto sociale, religioso e culturale greco (orientale) del monachesimo basiliano nell'Italia meridionale.

Particolare attenzione sarà dedicata all'analisi delle strutture superstiti, inclusi i ruderi dell'abside e della scalinata, focalizzandosi sulla cripta conservata *in situ* quasi per intero, a eccezione della copertura voltata a botte. Questi elementi, insieme ai frammenti architettonici e artistici recuperati dopo il terremoto del 1908, costituiscono un unicum di "documenti materiali" che, opportunamente interrogati, rivelano informazioni preziose sulle tecniche costruttive e sugli stili artistici stratificatisi nei secoli tra devastazioni e ricostruzioni.

Attraverso la lettura approfondita delle vestigia del S. Salvatore dei Greci, non solo si vuole contribuire alla conoscenza specifica di questa testimonianza, ma anche di dimostrare il potenziale dell'approccio interdisciplinare nello studio dei siti archeologici complessi non solo in termini di strutture ma anche per reperimento di notizie. Le conclusioni di questo studio potranno fornire nuove prospettive sulla storia di Messina e sul ruolo dell'Archimandritato sui monasteri greci nell'Italia meridionale, oltre a offrire spunti di metodologia e di restituzione applicabili ad altri contesti archeologici e architettonici.

#### 3.2.1 LA RICERCA DELLE FONTI MULTIDISCIPLINARI PER IL S. SALVATORE DEI GRECI

##### *Il monachesimo basiliano nella Sicilia medievale e i rapporti con il SS. Salvatore di Messina*

Messina nel X secolo era una città spopolata, mentre con l'avvento dei Normanni riprende vita grazie al traffico marittimo che le permette di fregiarsi del titolo di metropoli commerciale, enumerandosi tra quelle mediterranee. Sebbene la parte preponderante della popolazione contasse persone di lingua greca, l'introduzione del rito latino e la diocesi locale portarono alla mescolanza della popolazione [Pardi, 1921]. La decadenza dell'elemento greco era però ineluttabile, come lo era stato quello arabo, sebbene le fondazioni di cenobi basiliani dovute ai reggenti Normanni siano state comunque numerose. La differenza sta però nel fatto che, mentre durante il potere di Ruggiero I la Sicilia fosse più musulmana che greca, in seguito si arrivò al punto da non essere più necessaria un'espansione per ragioni politiche, ma un'azione propagandistica per creare longeva stabilità tra greci e latini. Quindi, la rapida rinascita alla successione di Ruggero I è seguita dalla Fondazione dell'Archi-

mandritato di Messina nel 1130, sebbene poi, andando verso il declino, tanti monasteri furono sottomessi alle dipendenze del Santissimo Salvatore per salvarli dalla distruzione a causa di abbandoni, incuria e dispersione dei residenti. A seguito di ciò, nel 1131 vengono stabilite nuove regole: i cenobi diventano 41, governati a mezzo di economi nominati direttamente dall'Archimandrita, a eccezione di quelli autocefalici o autodespoti, e retti da propri Abati eletti dalla relativa comunità ma sottostanti a Messina [Scaduto, 1947]. In questo panorama storico, si tende ad imputare alla completa latinizzazione, come unica e vera ragione, la decadenza dell'elemento greco e delle istituzioni che lo rappresentavano.

*Dal SS. Salvatore in lingua phari al S. Salvatore dei Greci: otto secoli di storia basiliana a Messina*

Il complesso monastico del Santissimo Salvatore (anche Salvatore) fu voluto originariamente presso la falce del porto (*in/de lingua Phari o linguae phari*) di Messina dall'allora Gran Conte Ruggero, per celebrare la vittoria del 1058 sui Musulmani (o Saraceni) di Sicilia e la fine delle persecuzioni nei confronti dei fedeli cristiani, sulle preesistenze di una precedente sede chiesastica<sup>12</sup> offerta all'Ordine di San Basilio di Cesarea per la vita ascetica praticata dai monaci fino ad allora nelle aree rurali lontane dalla città. Sembrerebbe, infatti, che il Conte Ruggero avesse già scelto quel luogo per la fondazione nel 1082 di un Tempio dedicato al Salvatore del Mondo dopo che, passando in nave accanto alla falce del porto di Messina, all'epoca detta S. Jacinto [Buonfiglio, 1606] o Giacinto e divenuta solo in seguito S. Ranieri o Raineri, vi vide esposti sul patibolo dodici Cristiani trucidati dagli "Infedeli" per sospetto che fossero sostenitori dei Normanni [Samperi, 1644 e 1742; Gallo C.D., Tomo I 1756 e Tomo II 1758; Busacca, 1873].

La costituzione di una chiesa intitolata a Cristo *Theotokos* e San Nicola<sup>13</sup>, in quanto espressione di "propaganda" e benevolenza seguita al periodo della conquista normanna della Sicilia, si inseriva nel contesto della politica di tolleranza religiosa e culturale perseguita dai Normanni, liberatori dalla minaccia saracena, che mirava a integrare - pacificandole - le diverse tradizioni culturali presenti sull'isola. In merito all'arco di tempo in cui fu realizzato il complesso monastico, il Gallo [ibid., 1756] riporta delle date precise, ossia il 1122<sup>14</sup>, anno in cui ebbe inizio la costruzione che si protrasse per 10 anni, e il giugno 1132<sup>15</sup> come data di completamento dell'edificio cultuale.

Le notizie sono confermate da un diploma dell'arcivescovo Ugo di Messina [Pirri, 1733] che consacrò la Chiesa del S. Salvatore nel 1168<sup>16</sup> alla presenza di Guglielmo II [Mess. Gr. Ff. 115W116r, nota marginale], dopo 35 anni dal termine della sua edificazione. La costruzione del monastero invece avvenne tra il 1121 (o 1122) e il 1131 (1132). Il Samperi riporta che: «Habitano in questo Monasterio della Lingua del Faro i Monaci di S. Basilio per lo spatio poco meno di 500 anni, con ogni Osservanza Regolare, governati da' suoi Archimandriti. [...]» [ibid., 1644].

La fondazione si attribuisce a San Bartolomeo Monaco di Simeri<sup>17</sup>, vissuto nella seconda metà del XVI secolo nel monastero di Trigona [Gallo C.D., 1756], con cui il San Salvatore ebbe contatti frequenti, che divenne anche il primo Abate del cenobio [Scaduto, 1947]; al suo ritorno in Calabria, venne sostituito con il monaco Luca, che il Re di Sicilia Ruggero II<sup>18</sup> mise a capo di 12 monaci nel maggio del 1131 [Boll. Reg. II]. San Luca Abate, precedentemente succeduto a Bartolomeo presso Santa Maria di Rossano (calabro), viene quindi scelto da Re Ruggero come egumeno<sup>19</sup> del monastero del SS. Salvatore [Diploma del 1131]. Il complesso sorgeva nella punta estrema del faro sullo Stretto e sulla Calabria, su una persistenza già voluta dal Conte Ruggero [Fazello, 1573<sup>20</sup>; Pirri, 1733; Samperi, 1742; Gallo C.D., 1756].

Sin dall'inizio, il monastero si distinse come centro di cultura greca e bizantina poiché i monaci basiliani che lo abitavano, seguendo la regola di San Basilio, mantenevano viva la liturgia esclusivamente in lingua greca. Dotato di una vasta biblioteca e di uno *scriptorium*<sup>21</sup> ferventemente attivo, divenne presto fucina e punto di riferimento per gli studi ellenistici in Sicilia.

Gli anni a cavallo del 1130 e il 1131 furono proprio quelli dei più profondi cambiamenti d'assetto religioso dell'Isola e delle grandi riforme monastiche ed ecclesiastiche da parte di Ruggero II, dopo l'accordo che con Anacleto II<sup>22</sup>; così, mentre Palermo diventa nuova provincia ecclesiastica [Boll. 27 sett. 1130], Messina viene elevata *archidiecesi* e Cefalù a sede vescovile, subito arricchita di una nuova Cattedrale (fondata nel 1130 e ultimata nel 1148). Per tali ragioni il Re di Sicilia ebbe un ruolo significativo nello sviluppo e nella successiva espansione del monastero peloritano, in quanto, durante il suo regno, il Santissimo Salvatore ricevette importanti privilegi e donazioni che accrebbero prestigio e influenza nel suo ruolo archimandritale del sud Italia [Gallo C.D., 1758, p.22].

Insieme al primo abate Luca, Ruggero II creò un nuovo statuto del monachesimo basiliano dipendente dal SS. Salvatore di Messina, che così divenne *mandra*<sup>23</sup>, ossia casa madre di tutti i cenobi; allo stesso modo l'Archimandrita Primate (*Magnus Abbas*) della Regola di S. Basilio da Cesarea venne posto come padre prelado di tutti i monaci<sup>24</sup> in essi presenti, da loro eletto e in seguito affermato con ratifica regia [Buonfiglio, 1606, p. 120].

Secondo il nuovo statuto, il monastero si libera/viene svincolato dall'autorità ecclesiastica e secolare, sebbene sia debitore annualmente di un censo al vescovo di Messina; resta, infine, come unico il diritto vescovile quello di consacrare le chiese basiliane e conferirvi gli olii benedetti per poter eseguire i riti liturgici [Pirri, 1733]. Si apprende dal suo stesso *Typicon*<sup>25</sup> che, durante la costruzione del San Salvatore, Luca abbia avviato una visita ai cenobi dipendenti, che intanto versavano in gravi crisi e profonda decadenza della disciplina religiosa, redigendo le nuove regole nel 1131. Tra il maggio del 1134 e quello del 1151, data dell'ultimo diploma di Ruggero II in favore dell'Archimandritato, il Re insignì il monastero di una serie di annessioni e donazioni di beni ed esenzioni, che assursero il SS. Salvatore di Messina ai più potenti e ricchi del regno.

Nel 1175 Alessandro III prese l'archimandrita Onofrio e il suo monastero sotto la protezione papale, sottomettendo i *metochia*<sup>26</sup> e i monasteri di Sicilia e Calabria con aggiunte rispetto al volere di Ruggero II del 1133. Dal XIII secolo vi fu una riduzione dell'influenza e del peso dei monasteri greci a Messina rispetto a quelli latini; in particolare, alla fine del secolo i monasteri di tutta la Sicilia erano stati investiti e fortemente vessati dalle guerre del Vespro, situazione che spinse il Papa Nicolò IV a latinizzarne la maggior parte.

Tuttavia, a Messina l'Archimandritato resisteva, ancora forte delle concessioni di Alessandro III, sebbene i monaci fossero stati scomunicati nel 1216 e relegati al minimo privilegio di esenzione che aveva impoverito alquanto il monastero e le sue afferenze.

Dalle fonti si evince che nel 1345, durante l'assedio delle galere napoletane nel porto di Messina, il SS. Salvatore venne sfollato dall'archimandrita e dai 60 monaci residenti verso il S. Salvatore di "Bordonari" (ossia in località Bordonaro), mentre monastero e chiesa venivano spogliati di beni mobili e immobili passando per espropri a causa della guerra. In particolare, negli ultimi decenni del XIII secolo la parte prospiciente al mare del monastero

era prossima al crollo, ma non si potevano sobbarcare le spese di accomodamento, nonostante il SS. Salvatore godesse delle rendite derivate dagli altri monasteri, che però erano ancora in più in decadenza e in forti ristrettezze [Scaduto, 1947]. Per far fronte a questa situazione, si procede a cessioni nei monasteri e nelle grange assoggettate al San Salvatore, così da porre rimedio almeno ai danni strutturali gravi presenti soprattutto nelle chiese, come avviene anche nella sede peloritana dell'Archimandritato. Sebbene le ragioni della decadenza basiliana partissero già da epoca Sveva, l'inasprimento definitivo si verificò sotto Carlo d'Angiò a causa della permanente guerra contro gli aragonesi; a seguito della IV crociata, che sancì la rottura tra Chiesa Greca e Romana e le inquisizioni contro le eresie a favore degli ordini mendicanti presenti nei cenobi (ossia domenicani e francescani), s'attestò la tendenza dei latini ad assorbire i greci [Samperi, 1644, p.118]. Questa pratica, in riva allo Stretto soprattutto nel 1300, era facilitata anche dalle visite al monastero del SS. Salvatore dell'Arcivescovo di Messina, che minavano così l'autorità dell'Archimandrita. Soltanto sotto Federico III si ritornò a quelli che erano stati i pacifici e benevoli rapporti con il clero greco intrattenuti da Federico II.

Nel 1383 venne ospitato al Monastero Archimandritale presso S. Raineri il Pontefice Urbano VI, durante la sosta che la sua galea effettuò nel viaggio da Bari in direzione Genova [Gallo C.D., 1758].

Durante tutto il corso del XIV secolo il monachesimo basiliano nell'Italia meridionale attraversò un ulteriore periodo di relativo declino, in parte dovuto alla progressiva ma inesorabile latinizzazione della Chiesa e alla conseguente penuria di clerici insegnanti di lingua greca, ormai quasi perduta a causa della latinizzazione dei riti greci. Le ripercussioni si ebbero anche sul SS. Salvatore stesso in termini non solo di drastica riduzione di monaci, in particolare dotti bibliotecari e copisti, ma anche di necessario ricambio generazionale per la mancanza di giovani seminaristi da introdurre alla vita basiliana. Tuttavia, il SS. Salvatore, in quanto sede di Sua Eminenza l'Archimandrita, mantenne la propria assodata importanza come centro di cultura greca con propri insegnanti, continuando a produrre - seppure in minor numero - e conservare codici manoscritti di grande valore allora e oggi inestimabile. In particolare, nel 1421 il mecenate Alfonso il Magnanimo ripristinò la scuola di Greco Scolastico o Attico [Gallo C.D., 1756] dietro un maestro remunerato ma senza grandi risultati.

Da qui si avviò un estremo tentativo di riforma, ossia di pacifica (ri-)unione con la Chiesa d'Oriente.

In seguito a ciò, nel SS. Salvatore di Messina, nel 1455, venne posto un Abate coadiuvatore, che iniziò un recupero di beni, insieme ai commissari latini, spogliando ancora di più il monastero e la chiesa, che officiava ancora il rito greco ma in lingua latina. Anche per tale ragione, dietro nomina del cardinale Bessarione, si volle che nel 1467 Costantino Lascaris insegnasse greco a Messina in veste di maestro dei padri Basiliiani; vi rimase quarant'anni fino alla morte avvenuta per peste nel 1501, lasciando la sua biblioteca in dono al clero messinese<sup>27</sup>.

Nel 1479, dalle fonti si apprende che il monastero versasse in condizioni talmente precarie da spingere l'Abate e Archimandrita Leonzio Crisafi, insieme al Re Ferdinando II e al Pontefice Sisto IV, a rivolgersi al Senato Mesinese affinché concedesse d'intervenire per ripristinarne lo stato: così l'Archimandrita «lo ristaurò con nuovi edifici, riparando la Chiesa, in cui alzò due colonne alla porta di essa; e ricuperò allo stesso Monistero molti beni alienati» [Gallo C.D., 1756, p. 238]

Per gli stessi scopi di "valorizzazione", in un contratto emerge che il 19 ottobre del 1491 l'illustre pittore Pietro Oliva fu incaricato di eseguire l'Adorazione dei Magi nella Sagrestia della Chiesa Archimandritale del SS. Salvatore [Gallo C.D., 1758, p. 447]

Infine, il XVI secolo vide un rinnovato interesse per la cultura greca in Italia, per cui la biblioteca del SS. Salvatore - finché ebbe una sede stabile - tornò ad essere mèta di studiosi e umanisti da tutta Europa, attratti dalla ricchezza dei suoi manoscritti. Quando però nel 1546, per ragioni militari e strategiche, l'imperatore Carlo V ordinò lo spostamento del monastero dalla sua sede originaria alla riviera del Ringo con lo scopo di fortificare la penisola falcata di S. Giacinto/S. Raineri<sup>28</sup>, i monaci e i relativi possedimenti librari vennero trasferiti prima presso la zona cosiddetta (della) Terranova presso il Monastero delle Monache di Santa Maria della Misericordia<sup>29</sup> allora abbandonato, per installarsi infine nel nuovo S. Salvatore sulla riviera del Ringo, il 6 agosto 1573 ossia poco prima della sua ultimazione. Qui avrebbero osservato non più l'antica regola di San Basilio, ma la Riforma della Santità di Papa Gregorio XIII, a causa della decadenza sia del vestiario rituale («né da Preti né da Monaci» in Samperi, 1644) che della lingua greca [Buonfiglio, 1606, p. 120]. Secondo quanto riporta il Gallo, invece, la nuova chiesa

sarebbe stata solo iniziata e realmente terminata "modernamente" solo nel 1743. Ancora lui riporta la notizia della definitiva distruzione di ciò che le fortificazioni di Carlo V - demolito il monastero - avevano risparmiato della Basilica del SS. Salvatore: il 13 luglio 1549<sup>30</sup> una tempesta si abbatté sulla città e un fulmine, colpita la Santabarbara (ossia la polveriera), fece saltare la Torre della Fortezza e «rovinato avendo la bella, e antichissima Chiesa del SS. Salvatore ivi edificata dal Conte Ruggiero» [Gallo C.D., 1758, p. 539], decorata con pregevoli marmi mischi, opere tesserate e musive<sup>31</sup> come somme espressioni artistiche del tempo [Samperi, 1742]. Nonostante il disastro, la Chiesa del S. Salvatore venne riparata in economia e continuò ad essere frequentata per officiare i riti basiliani grazie al richiamo del cosiddetto miracolo secondo cui l'antichissimo crocifisso ligneo donato per l'Altare dal Conte Ruggero fu estratto integro dalle macerie [Samperi, 1644].

Non è chiaro il motivo per cui in alcune rappresentazioni urbane il complesso sia denominato S. Basilio e altrove S. Salvatore de(II)i Greci, come tutt'oggi è inteso appellarsi: potrebbe trattarsi di una doppia definizione separata per monastero e chiesa, le cui fabbriche furono terminate a decenni di distanza tra loro, ossia l'adozione di una denominazione transitoria - quella di S. Basilio - per la non ultimazione della Basilica nella sua interezza. Dopo pochissimo tempo dal termine dell'edificazione, il terremoto del 1693, che devastò gran parte della Sicilia orientale, causò danni anche al complesso messinese, che fu restaurato. In questa occasione, furono aggiunti ulteriori elementi di gusto barocco alla decorazione interna della chiesa. Il successivo sisma del 1783 causò danni ancora maggiori alla struttura presumibilmente già indebolita dal precedente evento catastrofico, facendo crollare la grande cupola presente in mezzateria della Chiesa nella navata principale (Fig. 3.28), distruggendo il soffitto e buo-



Fig. 3.28 Incisione di F. Sicuro del complesso del SS. Salvatore prima del sisma del 1783 che distrusse la cupola e provocò danni consistenti [Fonte web]

na parte delle murature verticali svettanti tra cui in campanile della facciata e relativi ornamenti architettonici.

La nuova ricostruzione, infatti, venne eseguita con la revisione delle murature d'ambito, che furono abbassate rispetto al progetto originale dell'architetto Giovanni Ponzello, e gli altari laterali incassati in piccoli ambienti scatolari [De Ciocchis, 1818] così che agissero da contrafforti interni e concorressero così a irrobustire la struttura della Chiesa.

Nel XVIII secolo il monastero mantenne ancora la sua posizione di prestigio, sebbene risentisse dei cambiamenti culturali e politici in atto; in particolare, a seguito della soppressione dell'ordine dei Gesuiti nel 1767 che causò la chiusura del loro collegio a Messina, molti dei libri e manoscritti custoditi nell'annessa biblioteca furono trasferiti in quella del S. Salvatore, arricchendone ulteriormente il patrimonio.

L'inizio del XIX secolo segnò l'inizio di un periodo di declino per il monastero, a seguito delle leggi napoleoniche e, successivamente, a quelle del nuovo Stato italiano portarono alla soppressione di molti ordini religiosi e alla confisca dei beni ecclesiastici per pubblica utilità. Nel 1866<sup>32</sup>, infatti, anche il monastero del S. Salvatore dei Greci fu soppresso come istituzione religiosa e, mentre la chiesa rimase aperta al culto, gli edifici monastici furono destinati a usi militari. Quel che sopravvisse a queste ulteriori vicissitudini del contenuto della preziosa biblioteca, che durante i trasferimenti e le catastrofi aveva già perso numerosi tomi [Maurolico S., 1613<sup>33</sup>], fu trasferito alla Biblioteca Universitaria<sup>34</sup> di Messina. Qui ancora si trova il *corpus* documentale di Codici, Diplomi e interi Tomi che sono consultabili con le dovute precauzioni imposte per tutti i testi rari o unici e particolarmente antichi. Il 29 settembre del 1872 nell'atrio dell'ex convento del Salvatore dei greci si assistette all'ascensione di un pallone aerostatico per intrattenimento [Rizzo, 2007]. Infine, il destino del S. Salvatore fu segnato irrimediabilmente dal catastrofico terremoto del 28 dicembre 1908 che, seguito da un devastante maremoto, insieme a gran parte di Messina danneggiò pesantemente anche l'antico complesso monastico (Fig. 3.29). Sia la chiesa che il monastero vennero poco dopo definitivamente demoliti con le mine, a scopi di sicurezza preventiva spesso ingiustificata, lasciando posto alla cosiddetta "spianata dei Greci", una landa desolata ove vennero riuniti e accatastati pezzi architettonici ornamentali provenienti da numerosissimi edifici pubblici e privati danneggiati o distrutti dal sisma e che fanno parte del patrimonio decorativo sopravvis-



Fig. 3.29 Fotografia d'epoca che ritrae quel che rimane del complesso del S. Salvatore dei Greci (in località Annunziata) subito dopo il sisma del 1908 [collezione privata, in Principato e Molonia, 2002]

suto nei giardini del Museo Regionale M. Accascina di Messina sito nel medesimo luogo.

Con la distruzione del S. Salvatore dei Greci si segnò la fine di quasi otto secoli di storia ininterrotta del culto basiliano a Messina, cancellando uno dei più importanti centri della cultura greco-bizantina in Sicilia e in tutta l'Italia meridionale.

#### *Notizie storiografiche e archeologiche legate al SS. Salvatore in Lingua phari e al S. Salvatore dei Greci*

Secondo le poche descrizioni pervenute nelle fonti più recenti e delle volte non concordanti tra loro, l'architettura originale del complesso del SS. Salvatore *in lingua phari* rifletteva la fusione di elementi normanni e bizantini, con la chiesa a pianta basilicale a tre navate e la caratteristica cupola centrale, poi solo in parte ricalcata nella ricostruzione barocca effettuata in diverso luogo per sostituirla. Secondo la regola basiliana, nei templi doveva esservi l'uso continuo delle lampade perpetue oltre a queste, la chiesa del Santissimo Salvatore venne abbellita con reliquie di santi protettori e loro immagini (icone sacre)<sup>35</sup>. Dalle fonti emerge come nel 1456 un terremoto danneggiò gravemente il complesso, che fu successivamente restaurato e in parte ricostruito apportando alcune modifiche all'aspetto originale dell'edificio, pur mantenendone l'impianto generale [Samperi, 1742].

Nel 1876 P. Filippo Matragna trova all'interno del forte San Salvatore, nel luogo in cui era sita originariamente la chiesa parzialmente risparmiata dalle mura di fortificazione cinquecentesche di Carlo V, la conca (fonte battesimale) ornata con iscrizioni greche che ricordano lo scultore Gandolfo e l'archimandrita Luca [Orsi, 1920; Gallo C.D., 1758; Piacentini; Baeck].

Dal Gallo si apprende che, durante la pestilenza: «l'anno stesso del contagio 1743 il maestro Littorio Trupia, che finì e perfezionò la cupola eretta ingegnosamente senza appoggio, o modello di legname, appena finita ebbe l'opera che tocco di peste morì nella chiesa stessa. A questa insigne una famosissima libreria non tanto per la grandezza quanto per il copioso cumulo di manoscritti

#### MONISTERO DE' PP. BASILIANI,

ornato di magnifico tempio con portico avanti. In esso all'altare maggiore si vede la bellissima tavola della Trasfigurazione di Deodato Guinaccia, ed altri quadri del Tuccari. Altro quadrona a fresco dello stesso Tuccari degno di vedersi, è dipinto nel refettorio: finalmente merita di essere osservata la biblioteca, ricca di preziosi manoscritti greci e latini.

La situazione di questo monistero alquanto elevata dal suolo, e col prospetto all'oriente, ha certamente pochi uguali pella ridente sua amenità: la strada consolare che mena al Capo Peloro tra le sue mura e la ripa del mare: la Calabria dirincontro, non più che cinque miglia distante tutta sparsa di vari paesi, ed un canale animato da cento navigli, che passano ad ogni momento, offrono delle scene incantatrici, ed uno spettacolo affatto nuovo e sorprendente. Re Carlo III lo scelse per sua dimora, quando venne fra noi nel 1735, e laterale alla finestra della sua stanza da letto sopra bianco marmo sta scritto:

IN OBSEQUIUM REGIS CAROLI BORBONII.

Fig. 3.30 La descrizione del Monastero del S. Salvatore dei Greci curata dal Grosso Cacopardo nella Guida per la città di Messina [ibid., 1841]



in pergamena da autori greci antichi da cui ricavare si sono le più celle prime memorie storiche della Sicilia e di altrove ha benché molti originali dei più rinomati per negligenza sono perduti. Ragguardevole pure anche è il santuario dove si conservano varie e insigne reliquie; il quadro celebre della Trasfigurazione di nostro signore all'altar maggiore opera di Deodato nella sacrestia si conservano altre varie insigne pitture. In questo monastero alloggiò il nostro sovrano Carlo borbonico allorché la prima volta venne a felicità a questo Regno approdando a Messina nel 1730 le onde legge nella finestra murata della camera dove dormì l'iscrizione» [Gallo, 1756, p. 238], come riporta anche il Grosso Cacopardo (Fig. 3.30). Qui una riflessione di carattere tecnico-costruttivo è possibile grazie all'accenno al fatto che la cupola, che nell'incisione del Sicuro svetta poderosa e monumentale sull'edificio sacro, sia stata “eretta ingegnosamente senza appoggio o modello di legname”, ovvero senza centine o sostegni provvisori (Fig. 3.31); è stata quindi progettata e resa autoportante alla stregua, non tanto della cupola del Brunelleschi in Santa Maria del Fiore a Firenze, quanto della versione finale del “cupolone” di San Pietro nella Città del Vaticano a Roma. Il confronto con i trattati e soprattutto con il più grandi esempi di architettura chiesastica rinascimentale (Fig. 3.32) e manierista può fare ipotizzare che la tecnica costruttiva sia stata simile a quest'ultima cupola, così come esternamente denunciano la costolonatura (irrobustimento strutturale in fase di cantiere, di costruzione e infine di esercizio) che - includendo le vele - crea otto spicchi e anche il tamburo in forma cilindrica, non poligonale come la brunelleschiana.

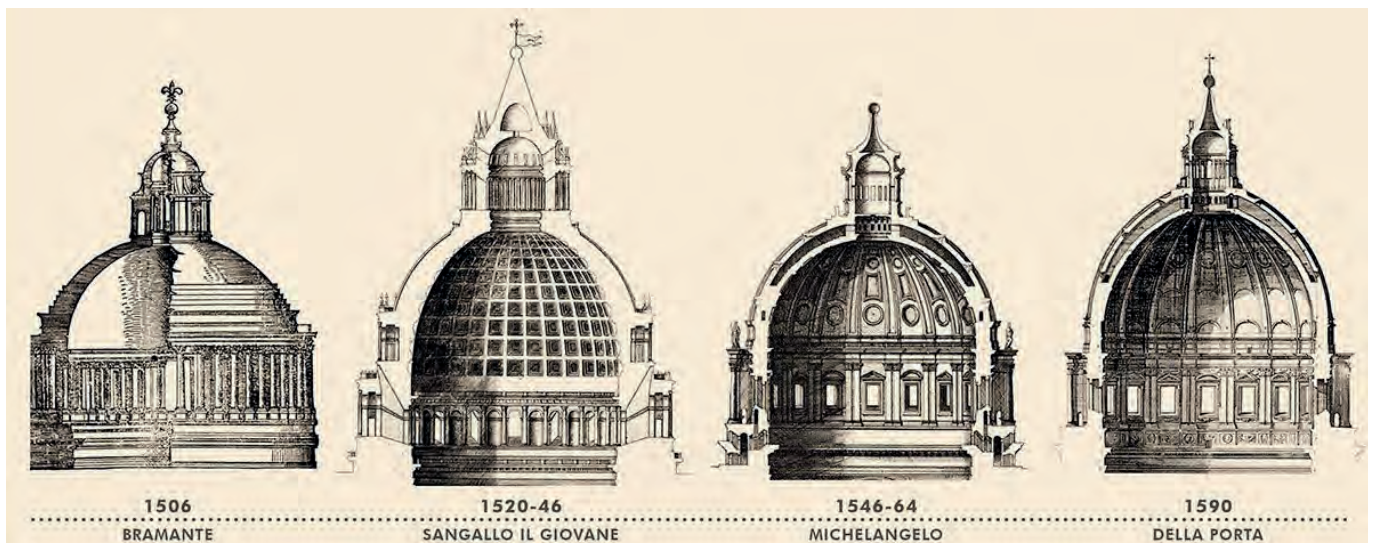


Fig. 3.31 In alto il dettaglio della cupola del S. Salvatore dei Greci prima del sisma del 1783 [Incisione Francesco Sicuro XVIII sec., web 2024]

Fig. 3.32 Le cupole autoportanti di alcune chiese rinascimentali [fonte: web, 2025]

Soltanto dalle Regie Visitazioni eseguite nel XVIII sec. da Monsignor G.A. De Ciochis nelle strutture ecclesiastiche messinesi si risale alla descrizione del complesso del nuovo SS. Salvatore [ibid., 1836]; in particolare per la Chiesa, ossia l'*Ecclesia Archimandritalis*, registra:

## VISITATIO LOCALIS

## Status materialis

## § I.

## De Ecclesia Archimandritali.

Antiquum templum Ss. Salvatoris ad extremum isthmum, postquam ubi erat Coenobium, arx per Imperatorem Carolum V extracta fuit Ecclesia evasit Sacramentalis, sive Parochialis, cuius Capellanus Cumtus per Siculum Regem electus, per Archimandritam confirmatur.

Novum ergo templum Ss. Salvatoris in Lingua Phari extractum fracturae magnificentia pollet, licet adhuc non expletum. Ad altum templi tres inspicuntur portae; quarum una major inter duas minores assurgit. Septem habet Capellas cum suis altaribus praeter aram maximam. In primo autem altari dexteri lateris templi extat tabernaculum ad Ssma Eucharistiam observandam. Eminent Chorus, in quo per Monachos graeco ritu, Divina Officia decantantur; ibique extant organa. Reliquam templi partem complet Sacristia turrisque campanaria, tribus instructa campanis.

Itaque Illmus et Rmus Dnus Regius Genlis Visitor comitantibus quampluribus Nobilibus Civitatis Messanae, et Vicario Generali Archimandritae, eo absente, se contulit ad Ecclesiam Archimandritalem, ubi a Priore Monasterii et Monachis cum mortuorum explosione, solitoque campuam honorificatissimè pro more exceptus est. Ecclesiam inde omnibus pro more adhibitis solemnitatibus, subiens, visitavit Summum Sacramentum, pixides, tabernaculum interius, exteriusque; olea Sacra, Sacras reliquias, altaria omnia, Chorum, librosque Chorales, pavimentum Ecclesiae, tectum, muros omnes, Sacristiam, turrimque campanariam, ac omnes Ecclesiae partes. Sacrae vero Reliquiae, quas Illmus et Rmus Dnus Regius Genlis Visitor invenit, sunt, quae sequuntur.

Per quanto riguarda, invece, l'architettura del monastero e le destinazioni d'uso dei locali, alcuni direttamente annessi e altri connessi ma separati dalla ritirata vita monacale, ancora dal *Typikon* del SS. Salvatore si evince che, sulla base del numero di minimo e massimo di monaci e delle loro funzioni, i monasteri basiliani dovessero avere una infermeria, oppure addirittura un ospedale, e un albergo per secolari (foresterie laiche) che accogliessero gli avventori senza disturbare i monaci. Si descrive chiaramente nel documento come, in particolare, nel SS. Salvatore l'infermeria si trovasse confinata in un recinto di bastioni e fosse collocata accanto all'albergo, a una panetteria e al forno, asserviti da un mulino, e celle per le abitazioni dei servi secolari.

Probabilmente poi, legato al compito "giuridico" dell'Archimandrita, il monastero di Messina doveva avere anche un sistema penitenziario per la correzione mediante segregazione per gli inobbedienti e i contumaci. Infine, la biblioteca, in quanto parte essenziale di tutti i cenobi basiliani, conservava in questa sede predominante manoscritti sacri e profani provenienti da tutto l'Oriente<sup>36</sup> e che divenne asilo di eruditi di ogni derivazione.

Come visto, anche il Grosso Cacopardo descrive sommariamente il tempio e il monastero, che si aprono sulla riviera del Ringo: nella sua Guida per la città di Messina del 1841 riserva sintetiche parole che nulla perpe-

tuano dell'architettura o della situazione generale in cui le strutture del complesso monastico versassero nel momento in cui appunta di un luogo che, tuttavia, rimanda a fasti passati e di cui rimane almeno una flebile eco.

Anche nel caso del complesso monastico, però, la descrizione del De Ciochis fornisce alcuni elementi rilevanti:

## § II.

## De Monasterio

Cum Rogerius Comes primum, deinde Rogerius Rex extracto templo Ss. Salvatoris nuncupato, et adjuncto Coenobio, ea perampla dote douasset Monachis Ordinis Sancti Basilii, tradiderunt una cum integra dote. Tunc Archimandrita ejusdem Ordinis erat monachus qui iis praeerat, sed postmodum Archimandritatu in Comendam redacto ius omne Archimandritale in Commendatarios pervenit. Quoniam vero vari abusus inde proluxerunt ex Monachorum parte, ob Monasticae Disciplinae relaxationem, et ex Procuratorum, et Arrendatariorum excessibus ad jurisdictionis usurpationem: Regii Visitatores, et potissimum Franciscus Puteus Archimandritale Monasterium perustrantes, suis decretis obviam ire praedictis abusus satagerunt.

Nunc praedictum Monasterium, licet adhuc incompletum, duobus constat conclavibus, duodeviginti cellis instructum cum necessariis officinis; habet insignem monasteriorum Bibliothecam, nec non viridarium. Est in Monasterio Novitatus, sive Professus locus, quem Seminarium appellant pro studio Philosophiae, Theologiae, et Linguae Graecae.

Expleta itaque Visitatione Ecclesiae, Illmus et Rmus Dnus Regius Genlis Visitor perlostravit Monasterium, dormitoria, cellas, officinas, Bibliothecam, fabricas omnes interiores exterioresque, et viridarium, nec non Novitatum, sive Seminarium.

Discussis inde relationibus circa statum materiale ecclesiae, et Monasterii, praesentatis in officio Sanctae Regalis Visitationis per Vicarium Generalem Archimandritae, eo absente, respectivè, et per Monachos, Illmus et Rmus Dnus Dnus Genlis Visitor praecepit, atque mandavit.

Quod Confessionalia ad formam a Sancto Carolo praescriptam reformentur. Altaria vero omnia curata, stragulis, et stratis instruantur.

Item caveatur, quod insignes Reliquiae cum exponi contigerit, non sine custode Monacho publicè praesentent, ne ut haecenus evenit furti periculum subeant.

Quod totius Ecclesiae fabrica intra decennium integrè perficiatur, et ad effectum ejusmodi ex unciis biscentum, quae nunc Archimandrita persolvit pro fabricis, et joalibus, quidquid merè necessitati joalium et suppellectilium Ecclesiae, et reparationi Monasterii supererit totum in Ecclesiae praedictae fabricis, ab ipsis Deputatis juxta beneplacitum ejusdem Archimandritae, sive ejus Vicarii Generalis et non alias impliceatur.

Forma Archimandritatus ea est, ut summum Archimandritam ad Regiam praesentationem obtineat. Is enim quasi Episcopalem, et Spiritualem exercet in Diocesi per Archiepiscopos, sive Curatos, suam vero audientiam et jurisdictionem explet per Vicarium Generalem.

Administratos Divini Cultus habet in Ecclesia Archimandritali Monachos Ordinis Sancti Basilii. In Diocesi vero simplices Presbyteros, quibus diversorum ordinarum adjutorem Religiosi manum praestant.

Pure Giuseppe La Farina [ibid., 1840] scrive così del S. Salvatore ripercorrendone sommariamente la storia:

Prendendo per quella via deliziosissima, che si stende lungo il lido, s'incontra la CHIESA DI GESÙ E MARIA DEL RINGO confraternita della gente di mare, ov'è osservabile una N. Donna di Porto Salvo di Simone Comandè. Siegue quindi il grande edificio de' PP. Basiliani del SALVATORE DE' GRECI. Leggiamo nelle nostre istorie che allorchando il normanno Conte Ruggiero veniva in ajuto della Sicilia, che liberare si volea dalla ignominiosa schiavitù saracena, vedea alla punta del braccio, detto in antico di S. Giacinto, ed oggi di S. Raniero, pendere appesi ad un patibolo i cadaveri di dodici generosi messinesi messi a morte dagl' infedeli, onde faceva voto d' ivi dopo la vittoria innalzare un tempio, che ricordasse a' posteri il martirio di que' buoni e la pietà di lui. Scacciati i credenti in Maometto nel 1082, il tempio venne quivi dal Conte innalzato e dicato al Salvatore de' miseri; e quattro anni dopo vi unì un monistero, che concesse a' monaci di S. Basilio, con ricco patrimonio di feudi, terre e villaggi. Nel 1421 il Re Alfonso fece in Messina restituire l' insegnamento della greca favella, essendosene allora qui perduta ogni conoscenza, tanto che gli stessi Basiliani la leggevano appena. Un Filippo Ruffo calabrese professava il primo, con lo stipendio di onze 25 all' anno, con la condizione espressa *si Monachi non adirent, Monasteriū Graecis privarentur, eaque Monachis latinis traderentur*. L' intero edificio minacciando rovina venne restaurato verso gli anni 1479; ma nel 1546, regnando Carlo V., volendosi munire l' entrata del porto, il monistero venne disfatto per dar luogo alle fortificazioni, che attualmente esistono, e che nel nome della chiesa s' intitolarono: allora si fondè l' edificio, del quale trattiamo, nella spiaggia peloritana, e verso il 1573 fu condotto a tale da essere abitato, sebbene non avea perfezionamento che nel 1743. Bella e spaziosa è la chiesa; ma oggetti d' arti

143

degni di considerazione altri in essa non sono che una Trasfigurazione su a tavola di Deodato Guinaccia, ed alcune pitture del Tuccari. Ricchissima era altra volta la Biblioteca di manoscritti greci e latini, che sventure ed avarizia barbaramente sfioravano,

Infine in alcuni documenti datati 1866 del Ministero di Grazia e Giustizia dei Culti, Direzione Generale del Fondo per il Culto a seguito della migrazione dei possedimenti religiosi allo Stato e, in particolare dei Basiliani del SS.mo Salvatore de' Greci, si riscontra oltre alla consistenza dei locali del Monastero (Figg. 3.33 e 3.34) anche una descrizione sommaria della Chiesa annessa al Convento (Fig. 3.35), che definisce il nuovo edificio come ricostruito «sul grand'arco della navata di destra oltre la metà del secolo decimosesto, dopodiché la sua dedicazione fu l'anno 1573.»

Se ne deducono altre utili descrizioni sulla distribuzione interna: «Sul portico di essa a tre archi esiste il Coro con i suoi stalli e spalliere di noce a seduta a scultura

e dai piedi di questi stalli esistono due grandi panche, un Desco con leggio è un Genuflessorio anche di noce. Nel medesimo Coro trovasi un Organo di buon Autore. Sono annesse due Sagrestie a destra e a sinistra dell'Altare Maggiore non più usate fin dai tremoti del 1783. La provvisoria Sagrestia, in atto, trovasi occupata da' Militari. Di presente s'adopra ad uso di Sagrestia in mancanza d'altro conveniente locale, il Cappellone dietro l'Altare Maggiore. La Chiesa è Cattedrale dell'Archimandrita ed i Religiosi ne formano il Capitolo. La medesima è molto utile all'esercizio del Culto per la sua posizione lungo la Riviera del Ringo appartenente al Villaggio della SS.ª Annunziata ove manca la Chiesa Parrocchiale distrutta dall'alluvione del 1863».

| SITUAZIONE E CONSISTENZA DEGLI IMMOBILI                                                    |                                                                                        |                                                                       |                                         |           |         |                    |            |                                                    |                                                    |                              |                              |                              |                              |                                                    |              |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|---------|--------------------|------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------|
| DESCRIZIONE                                                                                |                                                                                        | INDICAZIONE                                                           | SITUAZIONE E CONSISTENZA DEGLI IMMOBILI |           |         |                    | RENDITA    |                                                    | RENTATA                                            |                              | SPESA                        |                              |                              | VALUTAZIONE                                        | UFFICIO      | OSSERVAZIONI |
| 1° Del piano e stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso |                                                                                        | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | 2                                                                                      | 3                                                                     | 4                                       | 5         | 6       | 7                  | 8          | 9                                                  | 10                                                 | 11                           | 12                           | 13                           | 14                           | 15                                                 | 16           |              |
| 1°                                                                                         | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in lire italiane | Ufficio in cui versa detta la dazione di stato-più | OSSERVAZIONI |              |
| 1                                                                                          | Il piano è stato per ogni piano comparso la parte della del Belgio e cetera a loro uso | 2° Del piano e stato come sopra comparso in affito e prodotti rendita | Provincia                               | Municipio | Cantone | Regione o località | Superficie | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Rendita annua ed estimo catastale in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Spesa annua in lire italiane | Valutazione in               |                                                    |              |              |

Fig. 3.33 Il documento originale del 1886 conservato presso il Ministero di Grazia e Giustizia dei Culti - Direzione Generale del Fondo per il Culto in cui si evince la consistenza del monastero [Min. Gr. e Giust., fondo FEC, 2024]

DESCRIZIONE DEL  
PARTE

| CANTO<br>di<br>cassa | INDICAZIONE DEI PIANI | NUMERO<br>dei tavoli<br>per ciascuna<br>pianta | NUMERO<br>degli ordini |     | SUPERFICIE |    |      | SISTEMA<br>di<br>costruzione | NUMERO<br>di<br>coperte | IMPORTO<br>del<br>reddito accertato e tenuto<br>per anno-morta | TASSA<br>di<br>anno-morta |    |
|----------------------|-----------------------|------------------------------------------------|------------------------|-----|------------|----|------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|----|
|                      |                       |                                                | lati                   | del | Esse       | de | lati |                              |                         |                                                                |                           |    |
| 1                    | 2                     | 3                                              | 4                      | 5   | 6          | 7  | 8    | 9                            | 10                      | 11                                                             | 12                        | 13 |
| 1                    | Piano terreno         | 10                                             | 1                      | 1   | 5          | 15 | 06   | 1                            | 188                     |                                                                |                           |    |
|                      | • 1°                  | 23                                             |                        |     |            |    |      |                              |                         |                                                                |                           |    |
|                      | • 2°                  |                                                |                        |     |            |    |      |                              |                         |                                                                |                           |    |
|                      | • 3°                  |                                                |                        |     |            |    |      |                              |                         |                                                                |                           |    |
|                      | • 4°                  |                                                |                        |     |            |    |      |                              |                         |                                                                |                           |    |

DESCRIZIONE della parte del suddescritto

FABBRICATO DEL CONVENTO

PRIMA

| UFFICIO<br>in<br>cui viene fatta<br>la descrizione<br>per nome<br>di ogni-cassiera | PAGHETTA<br>speciale<br>col tabellaccio<br>del computo<br>N° d'ordine<br>del quadro N. 7<br>col. 9 |    | OSSERVAZIONI             |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------|
| 18                                                                                 | 19                                                                                                 | 20 | 21                       |
|                                                                                    |                                                                                                    |    | Cassa delloggia e loggia |

convento abbate produttori rendita

| Numero progressivo | DESCRIZIONE<br>della chiesa<br>o chiesa annessa al convento<br>e relative sagrature                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | INDICAZIONE<br>se reversibile<br>ed a chi                         | SUPERFICIE |     |         | NUMERI<br>di mappa<br>o di catasto |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------|-----|---------|------------------------------------|
|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                   | Estero     | Are | Centari |                                    |
| 1                  | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                                                                 | 4          | 5   | 6       | 7                                  |
| 1                  | <p>Chiesa a tre navate di forma ovale, ed alla Barocca sotto il titolo di S. M. Lello, sita in S. Paolo costruita secondo legge di sul gran l'area della Chiesa di Santa Maria la nuova del secolo decimasesto, la facciata ha una Adornazione già l'anno 1572. L'alt. portico d'edifici ha archi uniti al coro con suoi stelli e quel coro d'arco a sinistra due piedi d' S. stelli esistono due grandi panche con arco con legge d'una famiglia storica, arco d'arco. Nel medesimo coro si vede un "Organo" di buon "Autore".</p> <p>Chiese annesse due Caprele a destra e sinistra dell'Altare maggiore non più usate già due tempi del 1763. La provvidoria Caprele in tutte le cose occupate da "Militari".</p> <p>Di presenti s'edifica ad uso di Chiesa in mancanza l'alto convenzione locale il Cappellano della l'Altare Maggiore.</p> <p>La Chiesa e' Castellone del "Re" mandata ed i Religiosi ne formano il Capitolo. La medesima è molto utile all'esercizio del Culto per la sua posizione lungo la riva del fiume appartenente al Villaggio della S. Annunziata ove manca la Chiesa Parrocchiale distrutta dalla alluvione del 1863.</p> |                                                                   |            |     |         |                                    |
|                    | <p>Chiesa di S. Luigi Martire di S. Paolo</p> <p>bell' Arcangelo Martire</p> <p>Amministrazione</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Il Delegato del Demanio</p> <p>Cav. Uff. Domenico Martiner</p> |            |     | 14. 40. |                                    |

Fig. 3.34 In alto uno stralcio del documento originale del 1886 conservato presso il Ministero di Grazia e Giustizia dei Culti - Direzione Generale del Fondo per il Culto in cui si evince la consistenza del monastero del S. Salvatore dei Greci [Min. Gr. e Giust., fondo FEC, 2024];

*Fig. 3.35 Il documento originale del 1886 in cui viene descritta la Chiesa del S. Salvatore dei Greci annessa al Monastero [ibidem, 2024].*

*Repertorio grafico storico e iconografico del S. Salvatore dei Greci*

Per quanto riguarda altri supporti alla comprensione, sono stati ricercati e reperiti non solo tra le testimonianze storiche ma soprattutto tra le opere di carattere più artistico che scientifico, ma che purtuttavia rispecchiano una accettabile fedeltà alla situazione reale dei luoghi e degli edifici d'interesse. Tra questi la più rilevante è un'unica testimonianza del Foti [ibid., 1994] che include nella sua trattazione generale delle chiese dei casali peloritani una planimetria generale che - per la prima volta nella documentazione in possesso - inquadra l'intero complesso del SS. Salvatore dei Greci (Fig. 3.36).

Il disegno, di cui purtroppo l'autore tace la fonte archivistica, restituisce non solo la geometria interna della Chiesa ma anche la distribuzione degli ambienti nel Monastero accorpato come unico corpo di fabbrica, come si evince dal muro nord della chiesa in comune. Proprio dalla morfologia della chiesa, si può ipotizzare che si tratti della conformazione sicuramente successiva al crollo della cupola dovuta all'evento sismico del 1783 e, probabilmente, del rinforzo delle murature interne ed esterne al monastero, dati gli spessori diversi. Un lieve dubbio potrebbe sorgere sul reale spessore del muro nord-est della chiesa, a dividere dal chiostro interno, che nella planimetria è piuttosto sottile rispetto a quelli del monastero. Su queste basi potrebbe quindi rispecchiare la conformazione della cartolina pre-terremoto 1908 che inquadra da lontano la zona cosiddetta del Ringo (Fig. 3.37)



Fig. 3.37 Cartolina postale del Ringo con in lontananza il complesso monastico del S. Salvatore dei Greci sulla riviera [Principato e Molonia, 2002]

Un altro documento fondamentale è l'elenco dei monumenti perduti nel terremoto e maremoto del 28.12.1908 [Ciuccarelli, 2008], in cui con il numero 143 si descrive il San Salvatore dei Greci come una Chiesa (ricostruita su diverso sito, ora in via Don Bosco al centro della città) che ha subito un crollo parziale, sebbene non meglio precisato, mentre la parte rimasta in piedi - divenuta pericolante - col tempo fu demolita con le mine dopo la rimozione dei dipinti conservati nella chiesa. Lo sgombero delle macerie era ancora in corso nel maggio 1911 [BCPA numero 2, fondo Francesco Valenti; Oliva, 1914]. Con il numero 144 si descrive l'annesso (ex) convento, già divenuta caserma della Guardia di Finanza a fine Ottocento, che ha subito un crollo quasi totale. Risulta che rimasero in piedi solo porzioni del muro perimetrale posteriore e alcuni muri divisorii [Oliva, 1914; cartoline 2]

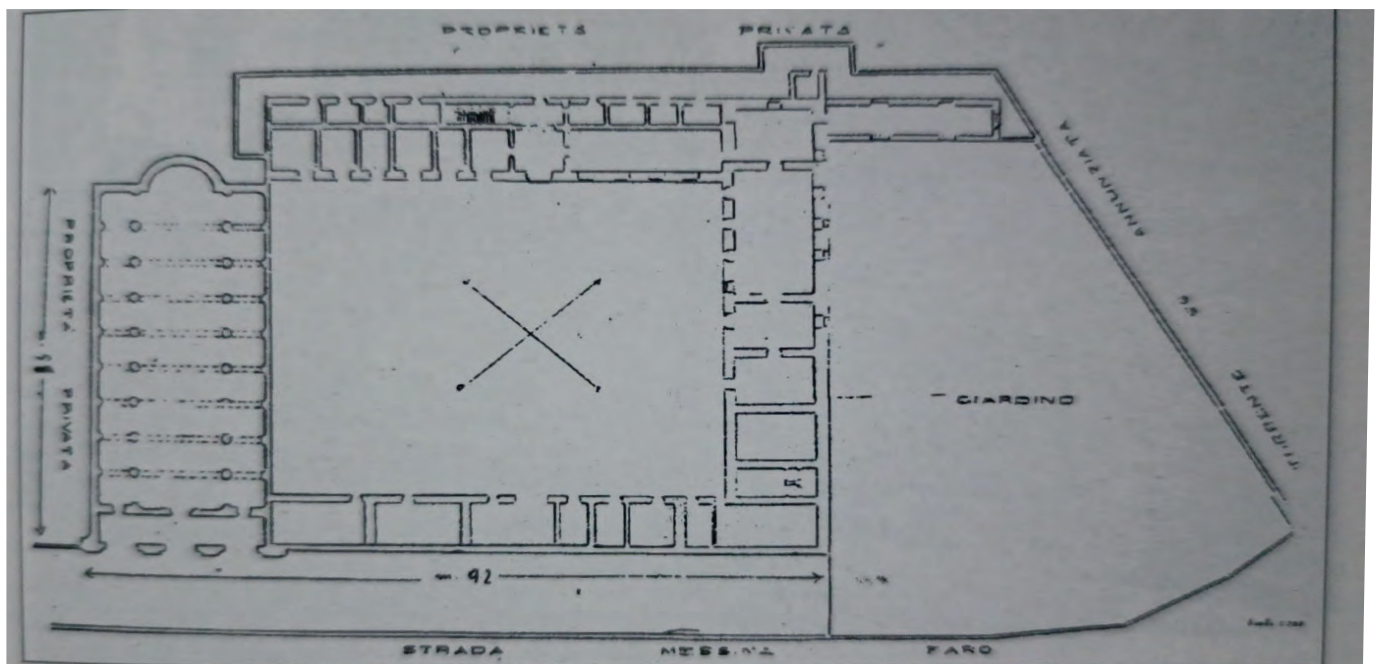


Fig. 3.36 Planimetria del complesso monastico del S. Salvatore dei Greci sulla riviera del Ringo [in Foti, 1994]

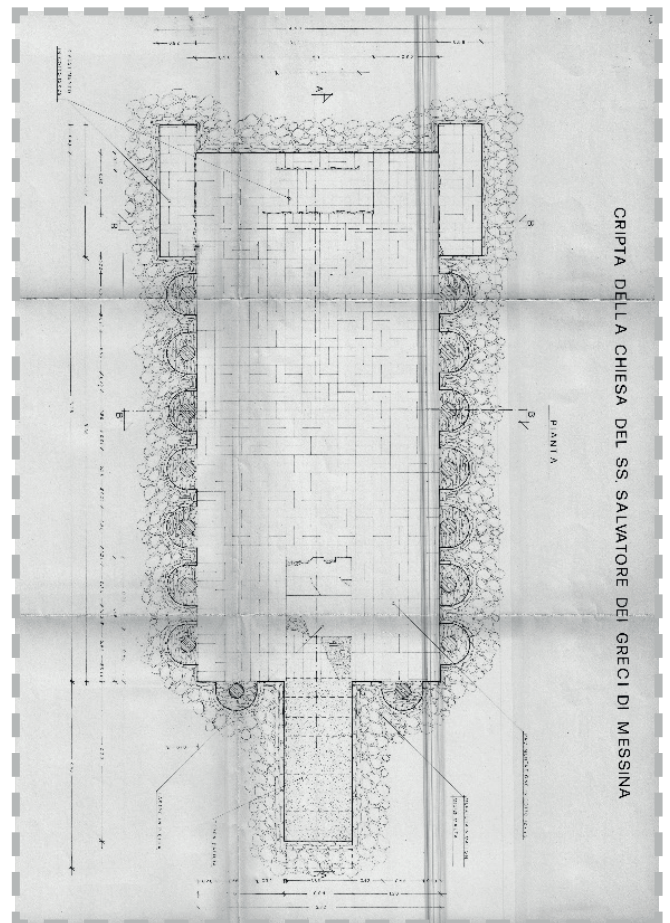
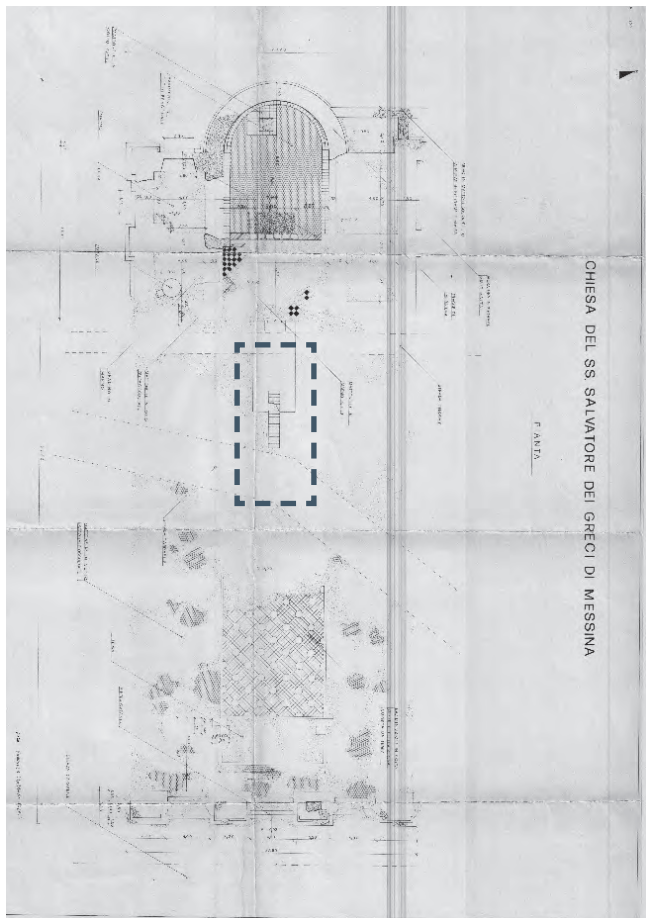
I danni al complesso sono rappresentati anche nella fotografia pubblicata nella guida storico-artistica al quartiere del S. Salvatore. dei Greci [Molonia e Principato, 2002], in cui si vede chiaramente quel che rimane della volta sopra l'altare maggiore e grosse porzioni di murature rimaste in piedi e demolite successivamente agli sgomberi di calcinacci misti a oggetti, ultime testimonianze antropiche inghiottite dal doloroso silenzio post-sismico.

Infine, l'unica pubblicazione scientifica in cui si dà notizia dello scavo archeologico avviato, nei primi anni Ottanta del Novecento a seguito dei lavori fondativi per la realizzazione del nuovo Museo Regionale, sulle vestigia della chiesa del S. Salvatore dei Greci dopo la distruzione nel sisma del 1908 e l'ulteriore atterramento o azzeramento con le mine delle murature pericolanti del monastero, è quella della Dott.ssa Emanuela Barbaro Poletti [ibid., 1986].

In particolare, i rilievi restituiti della chiesa e della sottostante cripta, insieme a un sintetico repertorio fotografico<sup>37</sup>, sono stati la base di partenza per le prime riflessioni sullo stato dei luoghi e sulle scelte di conservazione delle sopravvivenze parzialmente inglobate nei locali espositivi e in parte lasciate in vista nelle pertinenze esterne.

Gli stessi elaborati grafici (Figg. 3.37) sono stati gli unici riferimenti di confronto geometrico per il rilievo strumentale eseguito, con ausilio di laserscanner e antenna GPS<sup>38</sup>, tra aprile e maggio 2024 sulle strutture in vista nelle pertinenze del Museo Regionale. Inoltre, si sono rivelati un ulteriore ausilio alla lettura materica nella catalogazione tecnico-costruttiva e dei materiali di base impiegati nella costruzione delle strutture stratificate e restituite in rapporto stratigrafico.

Dagli appunti inediti della stessa studiosa, conservati presso l'Archivio del Museo, e alcuni atti notarili [senza fonte] si apprendono ulteriori notizie circa le vicende del grande cantiere allestito presso il Villaggio dell'Annunziata per la costruzione del S. Salvatore; tuttavia l'esiguità dei resti pervenuti e le laconiche informazioni fornite dalle fonti storiche, non permettono di definire quale fosse l'aspetto assunto dalla chiesa e dal monastero sul finire del XVI secolo. I soli indizi deducibili dai suddetti atti notarili riguardano i materiali impiegati all'epoca della ricostruzione post 1783, ovvero le grosse pietre provenienti dal torrente prossimo al sito costruttivo. Però, malgrado le pochissime strutture superstiti presen-



Figg. 3.37 Rilievi planimetrici di scavo della chiesa (sin.) e della cripta elaborati dalla dott.ssa Arch. E. Barbaro Poletti durante lo scavo archeologico del 1982-1983 sull'area di nuova edificazione dell'odierno Museo Regionale di Messina [Archivio del Museo Regionale Accascina ex MuMe, 2024]

tino in vista materiali analoghi, l'uso delle maestranze di perpetuare nel tempo metodi costruttivi tradizionali e spesso superati, non permette di dare una categorica datazione alle vestigia della chiesa che ancora insistono nel cortile del Museo Regionale.

Nonostante la Poletti lamenti l'impossibilità d'avanzare ipotesi relative alla situazione morfologica tardo cinquecentesca, rimanda a fonti - non riportate - indicanti che la nuova sede archimandritale, ricostruita con "fabbriche maestose, e di molta bellezza", rimase incompleta per cause imprecisate e fu sottoposta a modifiche nel corso del tempo. In particolare, il monastero subì mutamenti già nell'ultimo decennio del XVI secolo, a causa degli ampliamenti resi necessari dall'erezione di un seminario. Notizie maggiori sulla monumentale costruzione sono pervenute, invece, relativamente l'epoca seicentesca.

In tal senso viene in aiuto la documentazione grafica derivata da incisioni e opere artistiche in generale, tutte degne di nota per gli indizi riconducibili alla prima conformazione della chiesa, terminata in anticipo rispetto al monastero. In un'immagine del S. Salvatore dei Greci, anteriore alla rivolta antispannola del 1674-'78 e quindi precedente alla costruzione della "Cittadella" sulla falce del porto, il complesso monastico appare costituito dalla sola chiesa, ritratta sproporzionata e molto più vicina al margine sinistro del torrente di quanto in realtà fosse (Fig. 3.38). Malgrado le imprecisioni, alcuni dati appaiono attendibili, in quando presenti nell'incisione del Sicuro. Quindi, pur non presentando l'assetto morfologico definitivo, la chiesa secentesca sembra già caratterizzata da una spartizione planimetrica tripartita, rimasta inalterata nei secoli successivi, e da un'imponente cupola che sarà ultimata soltanto nel 1743. Nella seconda metà del seicento il monastero e la chiesa vengono sottoposti a lavori che, secondo il Susinno [fonte non presente negli appunti Poletti], furono eseguiti dall'architetto napoletano Andrea Gallo presente a Messina dal 1657 al 1685 [Aricò, 2013]. Il Susinno non riporta quando ebbero luogo tali lavori, ma certamente dovette accadere prima del 1685, poiché già quell'anno D'Ambrosio [ibid., 1701] scriveva: «[...] al presente abitano [...], in una sontuosa fabbrica, con magnifico Tempio, che di vaghezza, e valore non cede a qualunque altro di quella Regione, e ridotto già in ottima perfettione dal zelo, ed industria del R.P.D. Dionisio Cápagna Messinese, Abbate perpetuo di questo Monasterio [...]».

Confrontando questa descrizione con quanto sintetizzato dal De Ciochis sulla Chiesa, si può affermare che Gallo

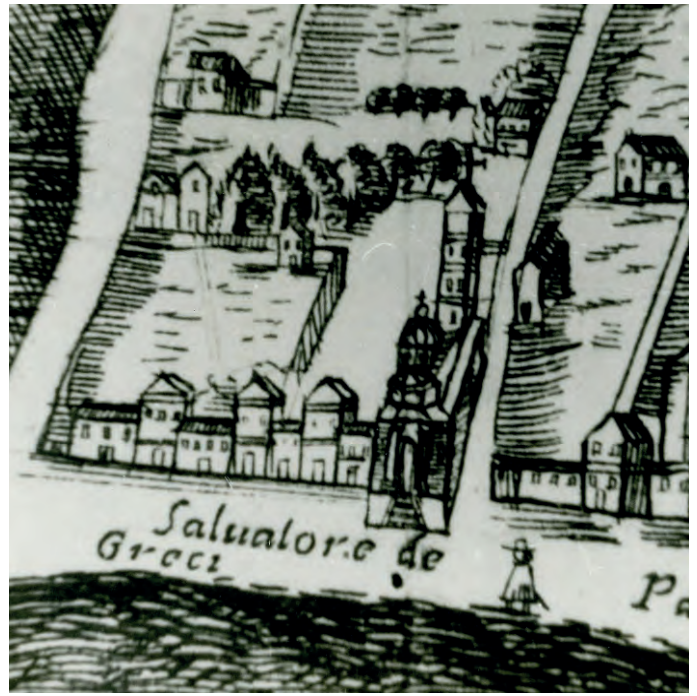


Fig. 3.38 (rit.) Gio. Batta Rossi, Pie. Paolo Girelli, *Veduta di Messina, sec. XVII*. Da notare la gradinata verso il sagrato, grande cupola, il campanile accanto all'abside e il monastero probabilmente ancora in costruzione [Archivio fotografico E. Brai, Palermo]

non si sia spinto in approfondimenti compositivi; infatti l'edificio, conservando uno spazio frammentario, a causa della presenza delle sette cappelle, si pone in antitesi con la concezione unitaria del "Grande Secolo" che, in quegli stessi anni, a Messina veniva espressa nelle opere del Guarini. In merito alle decorazioni interne alla chiesa si sa soltanto che, per esplicito divieto, non vi erano monumenti funebri di privati, statue od insegne che non fossero quelle reali o dell'Archimandrita, mentre più dettagliate sono le notizie relative ai ricchi arredi sacri con la "Trasfigurazione" di Deodato Guinaccia posta sull'altare maggiore [Grosso Cacopardo, 1841]. Sarà lo stesso De Ciochis che, dopo aver accuratamente visitato il plesso, ordinerà la ripresa dei lavori, inspiegabilmente interrotti. Perciò, sul finire del 1742, secondo le disposizioni ricevute, vengono ripresi i lavori sul complesso (prevalentemente sul monastero) per essere definitivamente ultimato l'anno successivo.

Facendo riferimento alla restituzione grafica del Sicuro, il monastero, posto tra il torrente e la chiesa, presentava anteriormente al sisma del 1783 la stessa giacitura e le caratteristiche dell'acquarello eseguito da C. M. Minaldi agli inizi del XIX secolo (Fig. 3.39). Dal confronto, oltre all'individuazione dei danni causati dal terremoto e le conseguenti modifiche subite dalla costruzione, si può comprendere quale fosse l'andamento plano-volumetri-

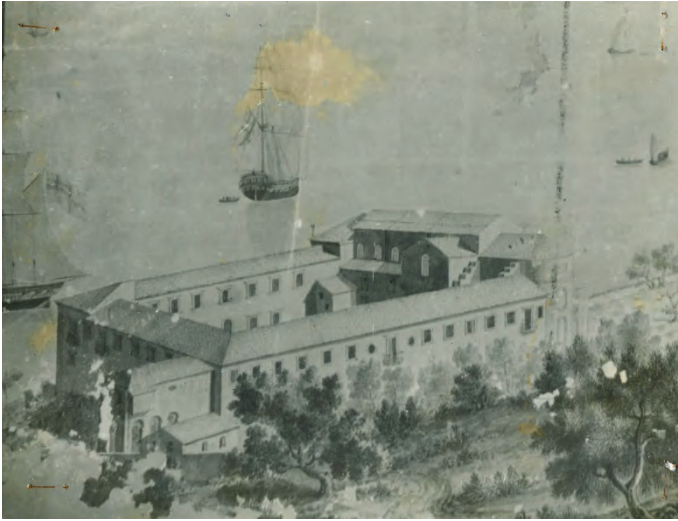


Fig. 3. 39 Minaldi C. M. acquerello che ritrae il complesso dallo spigolo nord-ovest del monastero [Archivio MuMe, aprile 2024]

co della casa monastica, di cui non si hanno memorie in sito, se non qualche breve tratto di pavimentazione presente nelle immagini di scavo e nelle piante Poletti. Da qui si può dedurre che, anteriormente al sisma del 1783, il monastero fosse organizzato in tre fabbricati disposti a U, lateralmente alla chiesa, con cui si congiungevano circoscrivendo un ampio cortile rettangolare. In facciata, il portale d'ingresso ed il sovrastante balcone rappresentavano il punto focale della costruzione che, secondo l'uso del tempo, coincideva con l'asse mediano. Le ampie finestre ad architravi rettilinee s'aprivano ad intervalli regolari secondo un rapporto 1:1; questa euritmia compositiva veniva interrotta dai due balconi posti al di sopra della seconda e della penultima finestra. Dal corpo parallelo alla chiesa -che, nel Minaldi, aveva un assetto differente rispetto alle altre due ali- sporgeva ortogonalmente un piccolo fabbricato affiancato da una costruzione lievemente staccata dal monastero, forse annessa successivamente.

Infine il terzo edificio, nel prospetto lato monte, presentava quattordici aperture che, sempre seguendo un rapporto 1:1, si aprivano sul secondo piano. Il ritmo regolare delle finestre veniva interrotto, a differenza del corpo parallelo, soltanto da due balconi di cui quello centrale era affiancato da due aperture circolari.

Purtroppo l'elencazione dei locali del monastero fornita dal De Ciochis non dà alcun indizio relativo alla relativa disposizione all'interno dei fabbricati, sebbene il balcone centrale in facciata che, a causa della fastosa decorazione, potrebbe suggerire di appartenere all'abitazione dell'Archimandrita o a un locale di rappresentanza.

Analoghe considerazioni possono essere avanzate sulla chiesa, che il Sicuro raffigura a croce latina con impianto basilicale a tre navate, precedute da un atrio lungo e stretto a cui s'accedeva mediante un'unica ed ampia scalinata che all'altezza del quarto gradino si divideva in tre setti. In facciata i tre portali di eguale altezza venivano replicati da altrettante grandi aperture poste superiormente. Un ordine gigante, scandendo il prospetto in tre campate regolari, imprimeva un moto ascensionale che si concludeva in un breve e liscio paramento murario, su cui un'alternanza di vuoti e di pieni sottolineava l'ispirazione classica del tema compositivo.

Il corpo longitudinale parrebbe interrotto dal transetto poco aggettante che, innalzandosi sino all'altezza della navata principale, prendeva luce mediante due ampie aperture terminali con archi a tutto sesto. La nave centrale -illuminata da otto finestre simili a quelle del transetto- proseguiva senza variazioni d'altezza sino all'abside semicircolare, su cui s'innestava. All'incrocio tra la navata ed il transetto s'innalzava una grande cupola emisferica sorretta da un alto tamburo, su cui s'aprivano otto finestroni inframmezzati da colonne binate. Il tamburo poi proseguiva con una fascia a specchiature lisce, raccordata alla cupola mediante delle nervature convergenti, al culmine della calotta, in una slanciata lanterna. Infine, le navate laterali, su cui quella centrale scaricava il peso mediante contrafforti, presentavano nei prospetti un doppia fila di finestre rettangolari, che dovevano dare luce alle sette cappelle menzionate dal De Ciochis, di cui però non si può conoscere l'esatto posizionamento. Riguardo l'organizzazione interna, il rilievo restituito dalla Paoletti ha permesso di verificare soltanto la perimetrazione della chiesa - fatta eccezione del transetto to, di cui si sono perdute le tracce - l'ubicazione di alcuni locali ed il posizionamento dell'altare maggiore; quest'ultimo, situato nello spazio antistante l'abside, veniva, a sua volta rialzato rispetto il livello della chiesa mediante una breve e sagomata gradinata.

Il terremoto che sconvolse Messina nel 1783, provocò gravi danni al patrimonio architettonico cittadino, già duramente colpito dalla crisi economica conseguente alla pestilenza del 1743. I testi che si riferiscono sullo stato della città in seguito al sisma non fanno cenno al S. Salvatore dei Greci, che, dall'osservazione delle fonti iconografiche, pare essere rimasto danneggiato limitatamente alla chiesa. Il Minaldi infatti raffigura il monumentale

complesso modificato nella sola chiesa che, nell'acquarello, appare mutilata della grande cupola e, rispetto l'incisione del Sicuro, alterata nelle proporzioni. Per cui i danni dovettero riguardare prevalentemente la parte alta dell'edificio, attorno alla cupola crollata, e dei contrafforti. In occasione dei restauri successivi, la copertura della nave centrale fu sopraelevata dal punto in cui precedentemente sorgeva la cupola che, per motivi statici, non fu mai ricostruita, così come furono parzialmente murate le finestre delle navate laterali, trasformate in aperture quadrate.

Nel 1870, in seguito alle leggi di confisca dei beni ecclesiastici, il S. Salvatore viene privato dell'antichissima biblioteca ed adibito ad Accademia di Finanza (Fig. 3.40), subendo profonde modifiche che riguardarono prevalentemente la distribuzione interna della casa monastica.

Infine, nella cartolina fotografica precedente al sisma del 1908 la chiesa presenta il corpo antistante le navate che appare più profondo e che, occultandone due aperture, occupa parte del prospetto sinistro dell'edificio militare (Fig. 3.41).



Fig. 3. 40 Nel panorama del Ringo, il complesso monastico in una fotografia di fine dell'800 [Archivio MuMe, aprile 2024].



Fig. 3. 41 Il complesso monastico ripreso da vicino in una cartolina fotografica del 1906 [Archivio MuMe, aprile 2024]

### 3.2.2 IL PROGETTO ZANCLE TRANSITA IN MESSANA: LA DIGITALIZZAZIONE GIS ARRICCHITA DELLE SCHEDE USM E USR

Nell'approccio ermeneutico allo studio di un manufatto architettonico si profila un'istanza epistemologica fondamentale, ovvero la necessità di superare una prospettiva riduzionista che concepisca l'opera come entità monolitica e immutabile. La dimensione critica implica, invece, un'indagine che tenga in profonda considerazione le trasformazioni strutturali e materiche, considerando ogni intervento quale elemento costitutivo della genealogia architettonica. In quest'ottica, l'orizzonte interpretativo richiede una decostruzione analitica che contempli tanto le modificazioni additive quanto le sottrazioni, inquadrandole in una cornice ermeneutica che trascenda la mera descrizione formale. Infatti, ogni atto manutentivo, anche minimale, configura una risignificazione dell'assetto originario, introducendo stratificazioni che testimoniano la processualità evolutiva dell'organismo edilizio a seguito di differenti necessità e accadimenti. L'intersezione tra archeologia e architettura si configura, quindi, come terreno di convergenza metodologica, ove la prima fornisce gli strumenti per una lettura micrologica degli indizi materiali, mentre la seconda propone una sistemazione interpretativa che riconduce le trasformazioni a coordinate storico-culturali più ampie. Tale approccio multidisciplinare consente di restituire una comprensione composita che integra dimensioni tecnologiche, economiche, sociali e culturali. L'archeologia dell'architettura si pone così come paradigma analitico che concepisce gli edifici quali palinsesti stratificati, ove ogni traccia materica diviene significativa di una narrazione storica pluridimensionale. In questo contesto, l'intervento architettonico e, in particolare, il restauro e la ricontestualizzazione – come quelli avvenuti per le sopravvivenze del S. Salvatore dei Greci - assumono una valenza critica non più come meri interventi conservativi, bensì in termini di processi ricostruttivi filologici che richiedono un'articolata strumentazione analitica. Per tale ragione le metodologie d'indagine si configurano come dispositivi complessi di studio e conoscenza; così la stratigrafia muraria, la mensiocronologia, la cronotipologia materica rappresentano tecniche di decodificazione che consentono di ricostruire le genealogie materiche e culturali del manufatto. Queste in aggiunta alle indagini non invasive – fisico-chimiche *in situ* e di laboratorio – che si configurano quali pratiche

di ricerca volte a preservare l'integrità documentale del manufatto, garantendo una comprensione critica che rispetti la complessità degli strati storici.

Per lo studio dei manufatti architettonici, l'osservazione globale richiede poi una progressiva focalizzazione analitica che contempli l'indagine puntuale degli elementi costruttivi, in modo tale che la comprensione critica si attui attraverso l'interpretazione di "prove indiziarie" intrinseche alla materialità strutturale, ove ogni singolo elemento diviene testimone di una complessa interconnessione costruttiva. Per cui l'analisi tende a configurarsi più come un processo graduale e sistematico di decodificazione che si concentra maggiormente sulle discontinuità costruttive che sulla continuità organica, esplorando le modalità di assemblaggio, le relazioni reciproche tra i sistemi murari e le differenze materiche. Le variazioni si manifestano, infatti, in una molteplicità di dimensioni che spaziano dalla composizione dei materiali alle loro caratterizzazioni cromatiche, dimensionali e morfologiche, fino alle specificità delle lavorazioni e delle tecniche di realizzazione. Per questa ragione, è necessario che l'attenzione si rivolga all'articolazione sistemica delle strutture murarie, considerando non solo gli elementi resistenti, ma l'intera complessità costruttiva, così che vengano indagate le modalità di connessione tra i componenti, le caratteristiche dei leganti, le finiture e gli inserti che arricchiscono la tessitura architettonica di significative stratificazioni. In sintesi, la lettura critica che si è voluta attuare ha contemplato le misure generali, l'organizzazione tessiturale e le eventuali elaborazioni tecniche che qualificano l'opera quale schematizzazione tangibile di interventi e trasformazioni. Infine, la produzione della documentazione si configura quale mezzo imprescindibile di trasmissione conoscitiva, in una progressione che muove dall'osservazione diretta sul campo a una ricostruzione analitica definitiva con lo scopo di restituire una comprensione integrata che trascende la mera descrizione formale, interpretando l'architettura quale superficie di iscrizione di pratiche costruttive, dinamiche culturali e stratificazioni storiche in lettura diacronica. Nell'articolazione dello studio architettonico, l'indagine stratigrafica avviata si è configurata quale operazione interpretativa che ha richiesto un'attribuzione identificativa per la catalogazione sistematica delle

Unità Stratigrafiche (U.S.), rendendo intelligibile la stratificazione architettonica delle poche sopravvivenze della Chiesa del S. Salvatore dei Greci attraverso un processo di numerazione univoca delle superfici murarie e dei rivestimenti.

La descrizione analitica si è, quindi, sviluppata contemplando la molteplicità degli aspetti materici, a partire dalle configurazioni geometriche alle caratterizzazioni cromatiche, dalle modalità di fabbricazione alle tecniche di assemblaggio. L'attenzione si è rivolta alla dimensione spaziale nella sua totalità, indagando le superfici orizzontali, verticali e curvilinee quali testimonianze uniche delle trasformazioni costruttive avvenute. Nello specifico, l'interpretazione critica si è concentrata sulle relazioni intercorrenti tra gli elementi costruttivi, decodificando i rapporti stratigrafici attraverso una lettura che restituisse le interconnessioni presenti e alle volte non facilmente rilevabili a una prima veloce lettura.

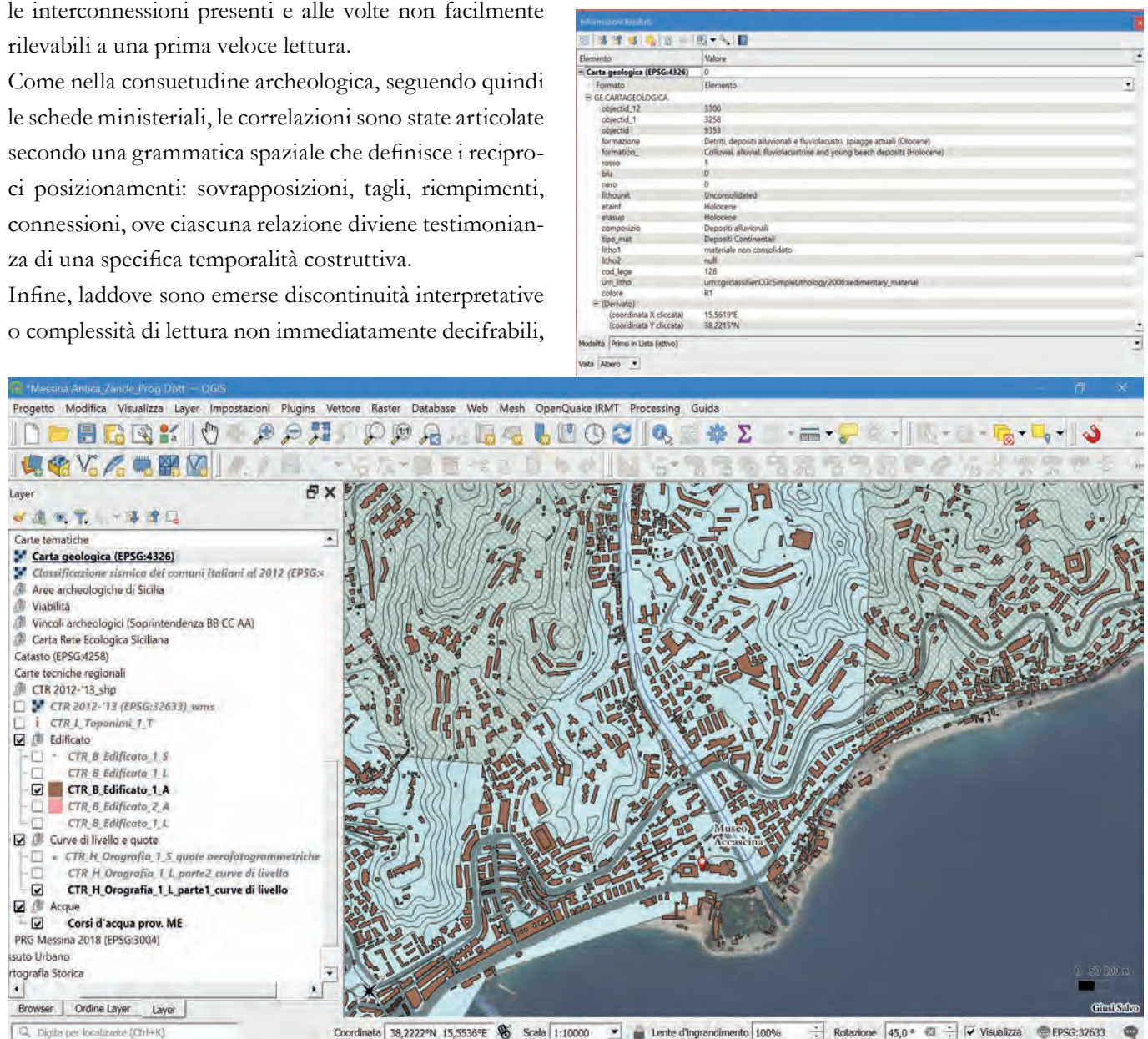
Come nella consuetudine archeologica, seguendo quindi le schede ministeriali, le correlazioni sono state articolate secondo una grammatica spaziale che definisce i reciproci posizionamenti: sovrapposizioni, tagli, riempimenti, connessioni, ove ciascuna relazione diviene testimonianza di una specifica temporalità costruttiva.

Infine, laddove sono emerse discontinuità interpretative o complessità di lettura non immediatamente decifrabili,

l'approccio critico ha richiesto una descrizione esaustiva che risolvesse l'apparente opacità; ogni elemento di incertezza è divenuto così occasione per una riflessione più ampia sulle dinamiche di trasformazione architettonica, sottolineando una volta in più la natura processuale e non lineare delle pratiche costruttive e ricostruttive.

#### *Dalle fonti grafiche alle elaborazioni in QGIS*

Nell'approccio alla propedeutica conoscenza del caso studio, l'indagine preliminare è stato il sopralluogo e la comprensione dei luoghi per avviare un inquadramento topografico e territoriale (Figg. 3.42) che consentisse di spiegare le ragioni della scelta del sito rifondativo del San Salvatore "spostato" dalla penisola di San Raineri e delle successive calamità occorse nella vita del complesso. Sicuramente, come era stato per la *lingua phari*,



Figg. 3.42 Localizzazione territoriale e analisi geomorfologica (alto) in QGIS del Museo contenente le vestigia del S. Salvatore dei Greci [Elab. Antrice, 2024]

la necessità di un ritiro quasi eremitico ha concorso a tale ragione di posizionamento, così come la presenza di terreni particolarmente fertili grazie all'immediata torrente (oggi) Annunziata (altrove anche Fiumara dei Greci), ma anche fragile e soggetta a esondazioni del tratto più a valle e presso la foce del corso d'acqua periurbano. Presso l'Archivio di Stato di Torino sono state rintracciati alcuni faldoni che testimoniano i danni subiti dalla viabilità litoranea verso il villaggio di Torre Faro a metà Ottocento in "località Salvatore dei Greci" a seguito di pesanti alluvioni ed esondazioni (anno 1863, come nel succitato documento FEC); sebbene non siano stati ulteriormente indagati tali documenti, è impossibile che non siano rimaste coinvolte strutture o pertinenze del monastero affacciato – come la Chiesa Parrocchiale della SS. Annunziata – sul corso d'acqua e sulla suddetta strada principale.

Dalla visione territoriale si è passati allo stato di fatto del "contenitore" archeologico (Fig. 3.43), per poter collocare con la maggiore precisione possibile (errore di 25 cm su 95 mt lineari) i documenti grafici reperiti tra le poche fonti a disposizione. In particolare, la planimetria generale del complesso monastico è stata georiferita a partire dalle preesistenze della chiesa (gradini d'ingresso a sud-est e abside a nord-ovest), battute con GPS in fase di rilievo strumentale, e - con buona approssimazione - con i confini della proprietà e del letto del fiume

a nord-est. Una riflessione sulla possibile datazione del documento grafico, di cui il Foti non fornisce fonte archivistica, deriva dalla conformazione della chiesa, che sprovvista della monumentale cupola (cfr. incisione del Sicuro) è sicuramente successiva alla ricostruzione fatta a seguito dei danni del 1783, mentre per quanto riguarda il monastero l'unico confronto è possibile con l'acquaforte di Minaldi<sup>39</sup> del XIX sec. che, presentando alcuni corpi di fabbrica annessi dopo le riparazioni, è non di molto successiva. Un ulteriore apporto nella conoscenza del Monastero arriva dalla descrizione degli Stati di Consistenza del verbale FEC redatto il 25 ottobre 1866, grazie al quale è stato possibile risalire al numero di locali e alla loro distribuzione funzionale interna per piani, al fine di restituirne una carta tematica specifica.

Dal raffronto dei limiti degli odierni spazi espositivi esterni del Museo e di quelli riportati dalla pianta generale del complesso (Foti), sembrerebbe che per l'arretramento dal letto/dall'alveo e la realizzazione della copertura carabile del Torrente Annunziata sia stata espropriata dopo le dannose inondazioni del 1863 una striscia di terreno riferibile a quel che era il giardino dell'ex monastero, poi accademia della Guardia di Finanza.

Per confrontare i danni e le riparazioni che hanno alterato la morfologia del San Salvatore, la planimetria del complesso è stata sovrapposta allo stralcio delle poche

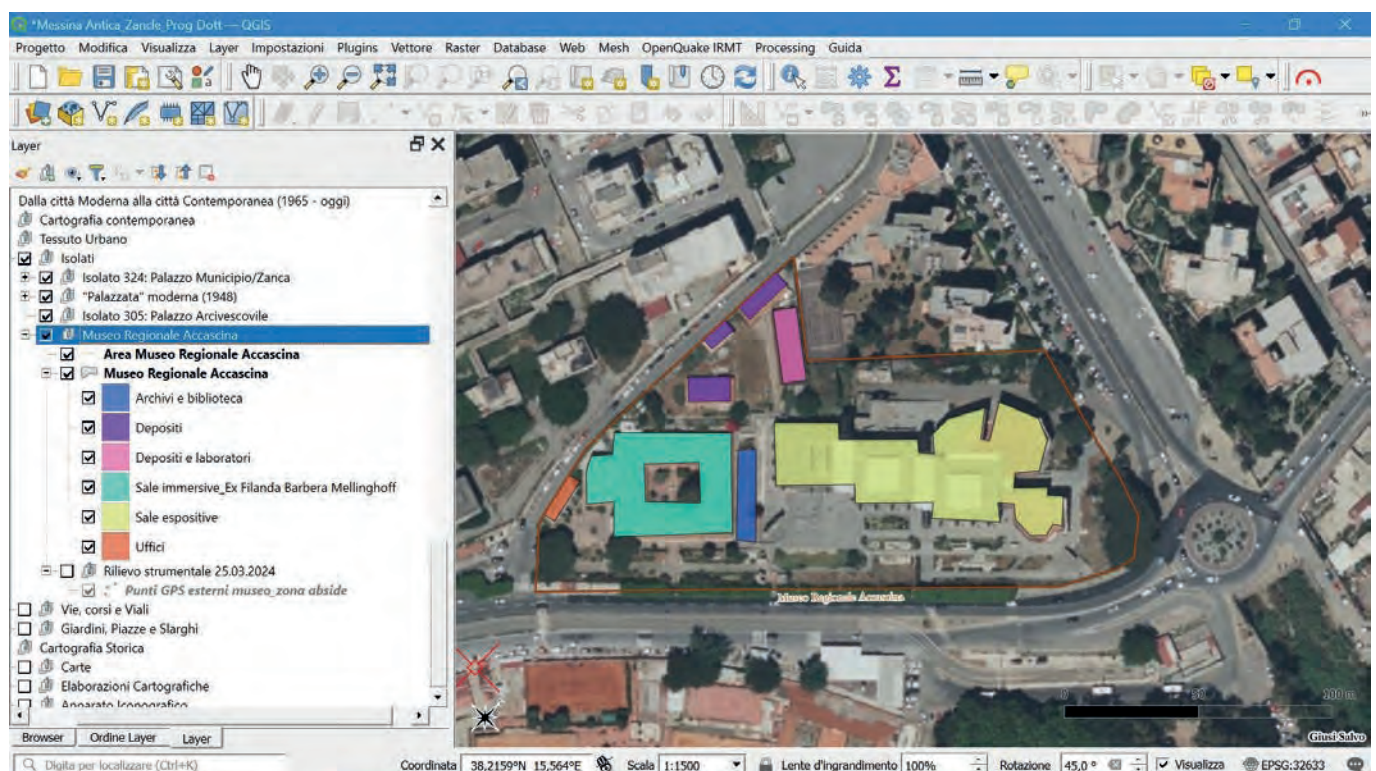
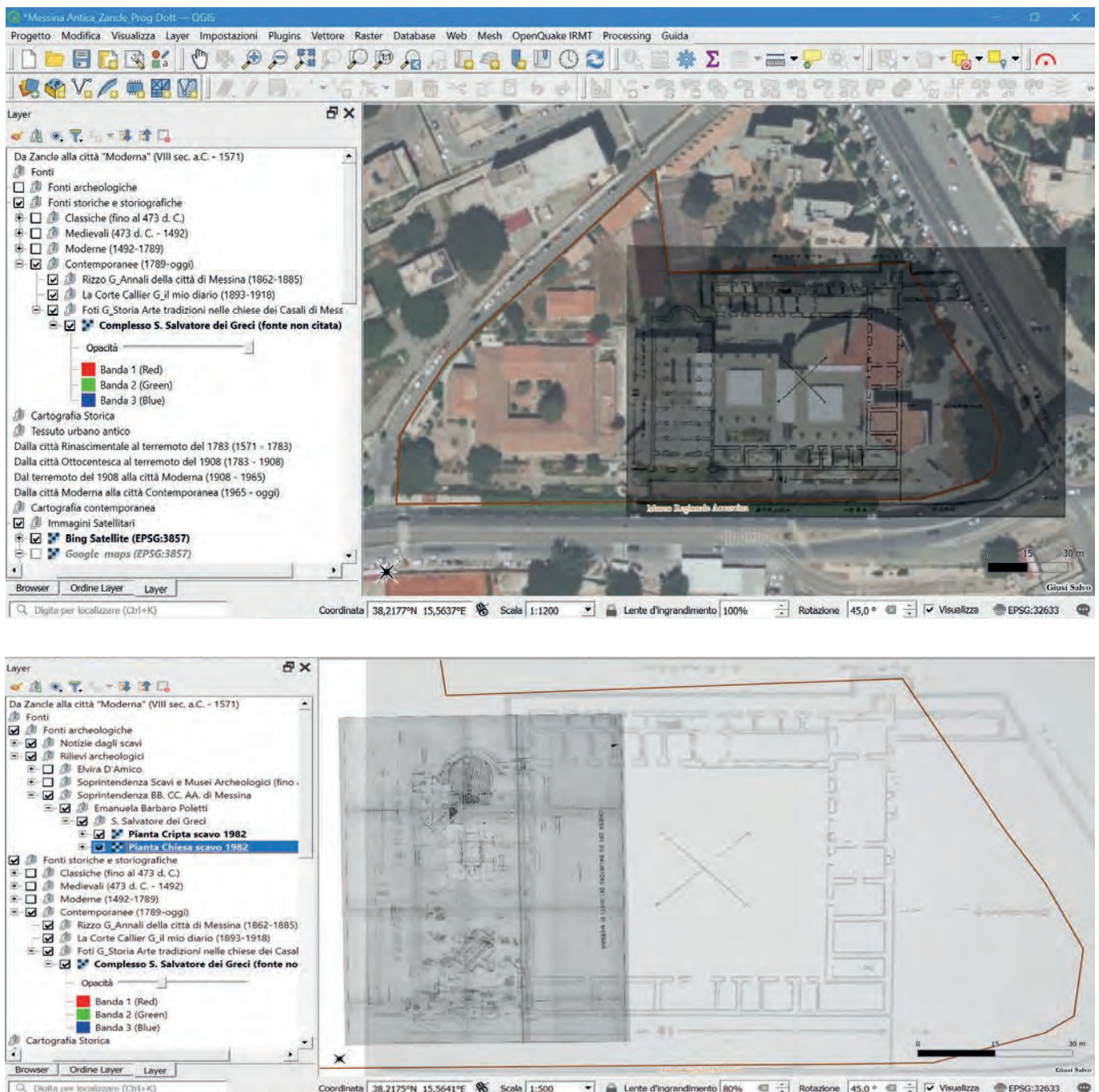


Fig. 3.43 Inquadramento e analisi in QGIS degli spazi costruiti del Museo Regionale Accascina, ex MuMe [Elab. Autrice, aprile 2024]

carte storiche che abbracciavano il territorio fino alla SS. Annunziata<sup>40</sup>; in particolare da quella allegata alla guida urbana del 1902, *Messina e Dintorni guida a cura del Municipio* (ristampa del 1980 a cura della Società di Storia Patria) in cui il San Salvatore – senza la sua chiesa – risulta riportato in modo schematico anche in ragione della scala di rappresentazione ma che testimonia l'ultimo atto prima della distruzione sismica del 1908. Infine, sono stati localizzati i punti di scatto del repertorio fotografico d'epoca, allegato a sua volta come database così da essere consultabile e richiamabile dalla

relativa tabella attributi QGIS, e georiferiti i rilievi di scavo archeologico (scala 1:20) della chiesa e della relativa cripta (Figg. 3.44). Le restituzioni grafiche restano tuttavia mancanti delle relative informazioni stratigrafiche, che sicuramente erano parte della documentazione (Figg. 3.45-3.47) e dei diari di scavo depositati presso gli Uffici della locale Soprintendenza BB. CC. AA. Tutto ciò fatto al fine di avviare lo studio dal livello architettonico, sia geometrico-spaziale che tecnico-costruttivo, fino al dettaglio materico, riportato nelle schede sinottiche collegate anch'esse alle geometrie digitalizzate in GIS.



Figg. 3.44 (sopra) Georeferenziazione e sovrapposizione in QGIS della pianta Foti e ortofoto satellitari del Museo;  
(sotto) Georeferenziazione e sovrapposizione in Qgis delle piante Foti e Barbaro Poletti [Elab. Antrice, maggio 2024]



Fig. 3.45 Foto dello stato di fatto prima dello scavo, con in primo piano il presunto portale monumentale della Chiesa del S. Salvatore insieme a tantissimi altri elementi architettonici decorativi presenti nella cosiddetta Spiana dei Greci [Faldone Archivio MuMe]



Fig.27 Veduta generale della cripta. Sul margine superiore della fotografia si vede la strada pedonale costruita in occasione dei lavori di scavo.

Fig. 3.46 Foto di scavo della cripta da nord ovest (sopra.) e sud-est (sotto, ds) [Archivio MuMe]



Fig.32 Parete lato Sud-Est a cui è addossata la scala d'accesso. Dietro la scala si vede l'ingresso del vano adibito ad os-  
sario.

Fig. 3.47 (sotto) Foto di scavo dal cantonale est della Chiesa verso l'abside [Archivio MuMe]



Fig. 3.47 (sopra) Particolare delle muraure appartenenti alla sacrestia. In primo piano si vede una parte dell'ossario, che è stato manomesso.

*Criteri di scomposizione in Unità Stratigrafiche*

Nella fase di schedatura utile alle analisi stratigrafiche archeologiche e costruttive, è stata stilata la Scheda di vulnerabilità classica - Monumento Archeologico (MA) per il I livello di approfondimento, secondo lo standard ICCD (Scheda 1). L'utilità di questo strumento ai fini dello studio sul S. Salvatore è chiaro in termini di "car-

ta d'identità" per i primissimo approccio alla conoscenza delle vestigia e contestualmente per lasciare traccia delle informazioni desunte dai documenti e dallo studio autop-tico delle rimanenze. In particolare, le sezioni compilate, oltre all'anagrafica di base, sono state quelle riferibili agli spiccati murari fuoriterza, sebbene in stato di "rudere" e pochi lacerti di pavimentazione originale sopravvissuta alla costruzione del Museo.

SCHEDA DI VULNERABILITÀ CLASSICA – MA (MONUMENTO ARCHEOLOGICO) ILIVELLO DI APPROFONDIMENTO (SCHEDA SINTETICA)

SCHEDA DI VULNERABILITÀ CLASSICA

| ANAGRAFICA       |                                                                        |  |                                                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------|
| Note Impianti    | Resti del complesso monastico del San Salvatore dei Greci              |  | Note Elementi Ruder chiesa basiliana costruttivi |
| Data sopralluogo | 25.03.2024                                                             |  | Nome compilatore Ing. Giuseppina Salvo           |
| DETTAGLIO BENE   |                                                                        |  |                                                  |
| Denominazione    | Chiesa del San Salvatore dei Greci                                     |  | Regione Sicilia                                  |
| Provincia        | ME                                                                     |  | Comune Messina                                   |
| Gerarchia        | <input type="checkbox"/> componente <input type="checkbox"/> individuo |  | Bene complesso .....                             |

| ELEMENTI COSTRUTTIVI        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------|------------------|----------------|---------|------|-----------------|
| FONDAZIONI                  | <input checked="" type="checkbox"/> Presente<br><input checked="" type="checkbox"/> Originale<br><input type="checkbox"/> Restaurato | Ispezionabilità <input checked="" type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40%<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input type="checkbox"/> 81-100%<br>Note ..... |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             | Tecnica                                                                                                                              | Materiale                                                                                                                                                                                                                               | Tipo di danno | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
| STRUTTURE DI ELEVAZIONE     | <input checked="" type="checkbox"/> Presente<br><input checked="" type="checkbox"/> Originale<br><input type="checkbox"/> Restaurato | Ispezionabilità <input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40%<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input checked="" type="checkbox"/> 81-100%<br>Note ..... |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             | Tecnica                                                                                                                              | Materiale                                                                                                                                                                                                                               | Tipo di danno | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |
| STRUTTURE DI ORIZZONTAMENTO | <input type="checkbox"/> Presente<br><input type="checkbox"/> Originale<br><input type="checkbox"/> Restaurato                       | Ispezionabilità <input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40%<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input type="checkbox"/> 81-100%<br>Note .....            |               |         |                  |                |         |      |                 |
|                             | Tecnica                                                                                                                              | Materiale                                                                                                                                                                                                                               | Tipo di danno | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
|                             |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |               |         |                  |                |         |      |                 |

## SCHEDA DI VULNERABILITÀ CLASSICA – MA (MONUMENTO ARCHEOLOGICO) I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (SCHEDA SINTETICA)

|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|-----------------|
| COPERTURE                                                                    | <input type="radio"/> Presente                                                            | Ispezionabilità <input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40% <input type="radio"/> Originale<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input type="checkbox"/> 81-100% <input type="radio"/> Restaurato                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              | <input type="radio"/> Originale<br><input type="radio"/> Restaurato                       | Note                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
| Tecnica                                                                      | Materiale                                                                                 | Tipo di danno                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione                                                                                                                             | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
| SCALE E COLLEGAMENTI VERTICALI                                               | <input checked="" type="radio"/> Presente                                                 | Ispezionabilità <input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40% <input checked="" type="radio"/> Originale<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input checked="" type="checkbox"/> 81-100% <input checked="" type="radio"/> Restaurato |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              | <input checked="" type="radio"/> Originale<br><input checked="" type="radio"/> Restaurato | Note L'unica sopravvivenza è la scala litica che porta alla cripta                                                                                                                                                                                                                                               |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
| Tecnica                                                                      | Materiale                                                                                 | Tipo di danno                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione                                                                                                                             | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
| Muratura a sacco nucleo incastrato con rinzeppi fittili, ricoperta di lastre | Scapole litiche con cocciame fittile; copertura di lastre in pietra vulcanica             | Due gradini mancanti                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Media   |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
| PAVIMENTI                                                                    | <input checked="" type="radio"/> Presente                                                 | Ispezionabilità <input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40% <input checked="" type="radio"/> Originale<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input checked="" type="checkbox"/> 81-100% <input type="radio"/> Restaurato            |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              | <input checked="" type="radio"/> Originale<br><input type="radio"/> Restaurato            | Note L'unica sopravvivenza è il pavimento della cripta controterra                                                                                                                                                                                                                                               |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
| Tecnica                                                                      | Materiale                                                                                 | Tipo di danno                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione                                                                                                                             | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
| Pavimento in piastrelle fittili prob. allettato direttamente controterra     | Piastrelle 25x12 cm in cotto, originali e databili tra la fine del '500 e il '600.        | Imperfezione planarità localizzata                                                                                                                                                                                                                                                                               | Minima  |                  | Pavimentazione della cripta sita nella navata centrale a una profondità di circa 5 mt. dall'originario livello di calpestio ormai perduto. |         |      |                 |
| RIVESTIMENTI E DECORAZIONI                                                   | <input type="radio"/> Presente                                                            | Ispezionabilità <input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40% <input type="radio"/> Originale<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input type="checkbox"/> 81-100% <input type="radio"/> Restaurato                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              | <input type="radio"/> Originale<br><input type="radio"/> Restaurato                       | Note                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
| Tecnica                                                                      | Materiale                                                                                 | Tipo di danno                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gravità | Tipo di localiz. | Localizzazione                                                                                                                             | Diff. % | Urg. | Tipo di interv. |
|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |
|                                                                              |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |                  |                                                                                                                                            |         |      |                 |

| IMPIANTI                                                               |                  |                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                                            |                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| SISTEMA DI DEFLUSSO ACQUE                                              |                  |                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                                            |                                                                      |
| <input type="radio"/> Presente<br><input type="radio"/> Danno presente |                  | Ispezionabilità <input checked="" type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 1-20% <input type="checkbox"/> 21-40%<br><input type="checkbox"/> 41-60% <input type="checkbox"/> 61-80% <input type="checkbox"/> 81-100% |  | <input type="radio"/> Funzionante<br><input type="radio"/> Non funzionante | <input type="radio"/> Adeguato<br><input type="radio"/> Non adeguato |
| Gravità                                                                | Tipo di Localiz. | Localizzazione                                                                                                                                                                                                            |  | Urgenza                                                                    | Tipo di intervento                                                   |
|                                                                        |                  |                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                                            |                                                                      |

DG SICUREZZA - ICR - CARTA DEL RISCHIO DEL PATRIMONIO CULTURALE

Successivamente alla MA, si è proceduto alla compilazione delle schede sinottiche dei materiali presenti in murature (Scheda 2) e rivestimenti (Scheda 3), dividendole per classi costruttive e tipologiche.

I campi delle schede sono stati organizzati per contenere al tempo stesso una descrizione esaustiva e un supporto veloce alla consultazione sul sito: oltre alla classe, sono state indicate le tipologie murarie d'impiego, la loro localizzazione rispetto alle vestigia originali, la stratificazione sia orizzontale che verticale (differenza principale tra archeologica dell'architettura e i procedimenti archeologici puri di US positive e negative) e le dimensioni medie dei pezzi.

Lo studio delle unità stratigrafiche murarie (USM) ha, quindi, restituito solo due classi di materiali: litici (classe A) e fittili (cl. B). A queste due appartengono, per ordine, apparecchi irregolari in bozze lapidee impiegate con tre differenti tecniche costruttive (A1-A3), cortine laterizie (B1) e parti decorative con parti originali (XVII sec.) e restauri o consolidamenti (cl. W) in parte storici (dopo sisma 1783) e in parte contemporanei (post scavo 1983). Per i rivestimenti (USR), a parte pochi intonaci (cl. D) e stucchi decorativi sopravvissuti (cl. E), le indicazioni circa le pavimentazioni stratificate (cl. C), rinvenute in fase di scavo e ormai quasi interamente perdute, arrivano dai pochi appunti inseriti dal disegnatore sui rilievi planimetrici.

### Scheda 2: USM

| Classe A: Bozze | Tipologia muraria                                                                                                                                                            | Localizzazione                                                                                                                                             | Stratificazione                                                                                                                                                                                                                                       | Dimensioni                                                                                                         |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1              | Apparecchio irregolare in bozze lapidee e trovanti fluviali con nucleo incastrato                                                                                            | Parte inferiore dell'abside della chiesa                                                                                                                   | Dalla fondazione allo spiccatto di 1,5 mt nell'abside della chiesa; si presenta lacunoso in varie parti della fodera interna                                                                                                                          | Bozze lapidee di piccole e medie dimensioni;<br>Pietre fluviali di medie e grandi dimensioni                       |
| A2              | Apparecchio irregolare in bozze lapidee e nucleo incastrato, con zeppe in sottili laterizi piani o curvi                                                                     | Abside e brani della navata sinistra della chiesa; parti del grande lacerto in crollo pertinente al tamburo della cupola o semicupola sovrastante l'abside | Sovrastanti la fondazione sia nella cripta, che nell'abside (oltre 1.5m) e nelle mura-ture d'ambito esterne (a quota calpestio). Nel crollo sono sorrette da un arco in laterizi e non supera-no il tamburo che sorregge la cortina curva in mattoni. | Bozze lapidee di piccole e medie dimensioni;<br>Laterizi di dimensioni variabili                                   |
| A3              | Apparecchio irregolare in bozze lapidee e nucleo incastrato, con ricorsi laterizi di dimensioni variabili e zep-patura con schegge lapidee e frammenti fittili piani o curvi | Parte centrale dell'abside della chiesa                                                                                                                    | Strati più alti delle murature conservate, in cui si osservano vani tamponati (forse finestre), stanti al di sopra di A1 e A2.                                                                                                                        | Bozze lapidee di piccole e medie dimensioni;<br>Laterizi di dimensioni variabili (riutilizzi e trovanti sporadici) |

| Classe B: Laterizi | Tipologia muraria                                                                                            | Localizzazione                                       | Stratificazione                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Dimensioni                                   |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| B1                 | Cortine laterizie con mattoni di dimensioni variabili (spesso reimpieghi) legati con malte di diversa natura | Nella cripta e nel lacerto in crollo presso l'abside | Nella cripta, a tamponatura del corridoio di servizio, posto sotto la scala litica di accesso, per le operazioni legate alla cura dei monaci deposti;<br><br>Nel lacerto in crollo, come cupola o semi-cupola leggera stante al di sopra del tamburo che presumibilmente insi-steva sull'abside | Più antichi: 25x12x2<br>Più recenti: 25x12x6 |

|    |                                                                                                                      |                           |                                                                                                                                                                              |                                                         |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| B2 | Stipiti fittili legati con malta di calce aerea bianca                                                               | Cripta                    | Impostati sulla A2 di base e realizzati con laterizi posti di coltello a creare pilastri a due teste per creare le nicchie dei colatoi ( <i>putridaria</i> )                 | 25x12x2 cm                                              |
| B3 | Sottili strati di mattoncini aggettanti, a sostegno di decorazioni plastiche, legati con malta di calce aerea bianca | Cripta                    | Livello d'imposta della volta a botte di copertura, decorato con cornici a stucco (in tracce) di cui i mattoncini fungevano da negativo e da parte resistente per l'aggetto. | 25x12x2 cm                                              |
| B4 | Archi e coperture voltate                                                                                            | Cripta e zona dell'abside | Laterizi della volta a botte della cripta e degli archi portanti della cupola                                                                                                | Volta a botte: 25x12x2 cm;<br>Cupola: non più esistente |

Classe W: Ricostruzioni e consolidamenti moderni e contemporanei (ovvero non originali del XVII sec.)

### Scheda 3: USR

| Classe C: Rivestimenti pavimentali | Tipologia                                                                                                    | Localizzazione | Stratificazione                                                                                                          | Dimensioni                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| C1                                 | Pavimento in mattonelle quadrate di cotto                                                                    | Chiesa         | Sopravvivenze ormai perdute nella navata centrale a quota più alta (h=0 m di rilievo)                                    | 25x25 cm                                        |
| C2                                 | Pavimento in mattonelle esagonali di cotto                                                                   | Chiesa         | Pavimentazione dell'abside (in parte sopravvissute) e della navata laterale sinistra (totalmente perdute) sottostanti C1 | 25 cm                                           |
| C3                                 | Pavimento in mattonelle quadrate di marmo bianche e nere poste a 45° (rombi)                                 | Chiesa         | Pavimentazione della navata centrale alla stessa quota di C1                                                             | 50x50 cm                                        |
| C4                                 | Pavimento misto in cotto e pietra serena (tondi e strisce) a creare un decoro a quadretti reticolari bicromi | Chiesa         | Pavimentazione della navata centrale, più vicino all'ingresso e sotto C3                                                 | Cotto: 25x25 cm<br>Pietra serena in tondi: n.r. |
| C5                                 | Pavimento in mattonelle di cotto poste a 45° (rombi)                                                         | Chiesa         | Pavimentazione della navata centrale, anche questo sotto C3                                                              | 25x25 cm                                        |
| C6                                 | Gradini in marmo                                                                                             | Chiesa         | A dividere abside (più alta) e navata centrale                                                                           | 2 gradini senza indicazione della quota         |
| C7                                 | Pavimentazione in mattonelle di cotto                                                                        | Cripta         | Unico rivestimento pavimentale della cripta a quota -5mt (dallo zero del rilievo)                                        | 25x12xN.R.                                      |

| Classe D:<br>Rivestimenti<br>parietali | Tipologia                                                                                                                                   | Localizzazione | Stratificazione                                                                                                                                                                                                                                                 | Spessore     |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| D1                                     | Intonaco di calce color rosa tendente al giallo con aggregato fine (prob. sabbia)                                                           | Cripta         | Sopravvivenze ancora visibili su buona parte delle superfici ad altezza delle nicchie laterali di tutte le pareti e in tracce sull'altare                                                                                                                       | N.R.         |
| D2                                     | Intonaco di calce color crema con aggregato fine (prob. sabbia)                                                                             | Chiesa         | Presso l'abside e soprattutto sulla fodera esterna                                                                                                                                                                                                              | circa 1,5 cm |
| D3                                     | Intonaco di calce idraulica(?) color rosa antico tendente all'arancio con aggregato mediam. fine (prob. sabbia mista a polvere di laterizi) | Chiesa         | Presso la navata laterale sinistra, sulla fodera esterna e quasi interamente su quella interna, sebbene le murature siano pesantemente rimaneggiate (inclusi rottami ceramici d'interesse archeologico, come un puntale di anforretta o una presa di coperchio) | 50x50 cm     |

| Classe E: Elementi architettonici | Tipologia                                                                   | Localizzazione | Stratificazione                                                                                                       | Dimensioni          |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| E1                                | Cornici in pietra scura tagliata e modanata riconducibili a vani e aperture | Chiesa         | Frammento (probabilmente ancora in posto) di una cornice di vano finestrato al di sopra dell'abside (quota circa 3 m) | Frammentato<br>N.R. |
| E2                                | Cornici decorative in pietra scura tagliata e modanata                      | Chiesa         | Fascia curva alla base del tamburo della cupola crollata                                                              | Frammentato<br>N.R. |

A valle della classificazione di tecniche e materiali, sono state digitalizzate in QGIS le Unità Stratigrafiche Murarie e di Rivestimento sulla base grafica definita dalle planimetrie rilevate a chiusura dello scavo degli anni ottanta del Novecento [Poletti, 1983].

L'elaborato restituito è una pianta georiferita (Fig. 3.48) che include la stratigrafia ancora esistente, ma che distingue pure le indicazioni fornite dai rilevatori riguardo ciò

che non è sopravvissuto alla rimozione utile alla costruzione del nuovo edificio museale della città di Messina. In particolare, negli spazi esterni antistanti rimangono poche tracce delle basi dell'ordine gigante presente in facciata e i gradini d'intercolumnio, in quelli retrostanti alcuni brani dell'abside e lacerti pavimentali, mentre la cripta si è quasi del tutto conservata all'interno di una delle sale principali, essa stessa musealizzata.

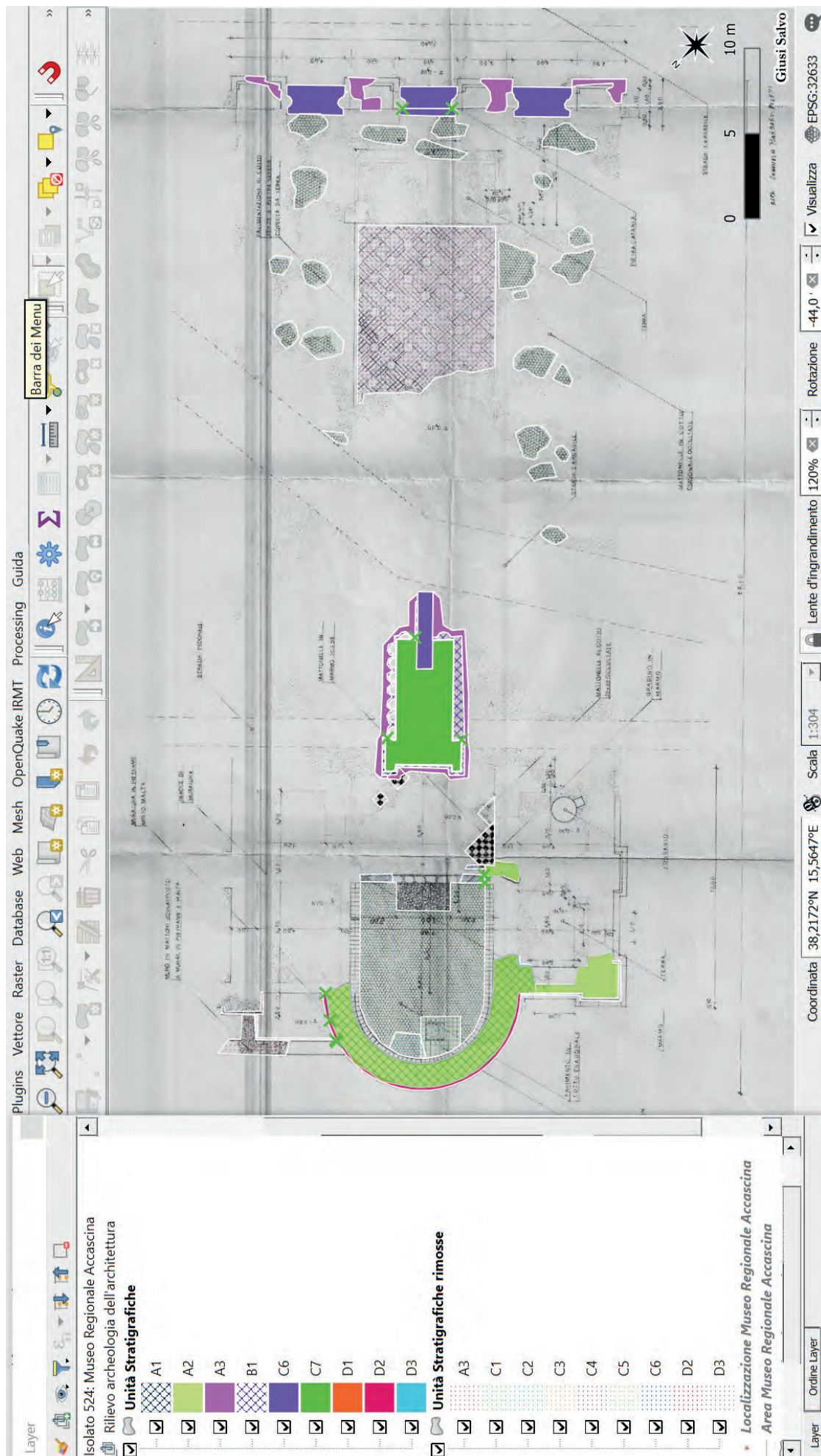


Fig. 3.48 Pianta con le Unità Stratigrafiche Murarie e di Rivestimento esistenti e perdute per far spazio all'edificio museale [elab. QGIS Autrice, 2025]

### 3.2.3 LE RESTITUZIONI 3D E LA PREDISPOSIZIONE AL METAVERSO

L'ulteriore fase di digitalizzazione, ossia passaggio dal 2D al 3D riguardante il caso studio delle vestigia archeologiche della Chiesa del S. Salvatore dei Greci e, in particolare, della cripta originale seicentesca, ha comportato anche una profonda riflessione circa l'affidabilità scientifica del prodotto in relazione alle seppur poche notizie verificabili e verificate sul complesso monastico basiliano. Infatti, nella modellazione 3D derivata dal rilievo strumentale delle persistenze, ove non si è arrivati con le fonti, si è proceduto per similitudini con architetture coeve, esprimendo - sempre ove possibile - sicurezza o, altrimenti, incertezza grafica.

Innanzitutto, la scelta dei programmi si è basata su procedure di prova e resa che hanno spesso obbligato a variare strategie e migrare verso altre sperimentazioni. La prima delle ragioni, o meglio delle cause, si riferisce ai problemi di compatibilità riscontrati nel passaggio da una piattaforma 3D all'altra tra le tante testate.

Questo ha comportato l'impossibilità di poter contestualmente arricchire il modello delle informazioni sulle tecniche costruttive con i materiali originali e produrre un oggetto architettonico navigabile, già predisposto per il Metaverso. I programmi sperimentati sono stati, per l'iniziale volontà di creare l'*H-BIM* tipologico della chiesa, *Archicad 26* che, con il *plug-in Datasmith*, ha permesso soltanto la visualizzazione e non il trasferimento del modello su *Unreal Engine 5*, ossia il motore di creazione e navigazione in realtà virtuale oppure aumentata, (con ausilio o meno di visori). Purtroppo il limite che impediva ad *Archicad* di poter importare nuvole di punti che superino il peso di 4 GB, ha imposto la migrazione su *Revit 2025*. Ciò ha quindi comportato conseguenti ritardi nella informatizzazione dei modelli per l'ulteriore conversione delle nuvole di punti nel programma di gestione delle nuvole di punti *Recap Pro*, così da essere predisposte per la visualizzazione (non l'importazione fisica) dal programma BIM. Sebbene anche *Revit* disponga di un *plug-in* di collegamento al motore *Unreal*, le informazioni relative a USM e USR non vengono ugualmente rese disponibili. In sintesi, le fasi di digitalizzazione 3D si sono esplicitate inizialmente nel rilievo *laserscanner* e nella post-produzione mediante i programmi dello strumento geomatico (*Leica Register 360*) per la creazione delle nuvole di punti e l'esportazione nei formati *.e57* e *.las/.laz*.

Dal rilievo fotografico terrestre effettuato *in situ* durante i tempi di attesa del *laserscanner*, è stata prodotta la fotogrammetria della sola cripta con *Metashape pro* vers.1.8.3, così da rettificarla geometricamente grazie alla precisione del rilievo strumentale e da arricchire la nuvola, altrimenti senza *texture*, con il modello così elaborato.

Successivamente si è tentata l'unione delle nuvole e la loro ottimizzazione in *CloudCompare*, ma per la pesantezza delle stesse che ha sempre indotto il programma in *crash*, non è stato possibile portare a termine il tentativo. Per tale ragione e per il limite di importazione rilevato in *Archicad 26*, si è passati ai programmi *Autodesk*: si è proceduto alla suddetta operazione di unione in *Recap pro* e di esportazione in formato leggibile da *Revit* (.rcp) al fine di avviare la modellazione tipologica H-BIM a partire dalle suddette nuvole di punti.

Quel che ancora non si è riuscito a produrre è, in ordine, il collegamento delle schede USM e USR in *Revit* per la successiva esportazione del modello "informato" (ossia senza perdita di metadati) per l'importazione in *Unreal Engine 5*. In questo motore di modellazione e virtualizzazione, si sta testando la possibilità di rendere il modello navigabile e interrogabile anche senza un programma BIM collegato in modo contestuale (ossia con plugin *datasmith*), ma soprattutto di lasciarne una copia sempre online, in un prototipo di Metaverso creato *ad hoc* (in assenza di quello generale della città di Messina). Lo scopo è cioè quello di rendere il gemello digitale navigabile e manipolabile in tempo reale ovunque ci si trovi al mondo e contestualmente alla presenza di un numero rilevante di altri utenti collegati).

#### Creazione delle nuvole di punti

##### 1. Laserscanner (vestigia della Chiesa)

Il primo passo nella virtualizzazione 3D è stato quello di eseguire il rilievo con il solo ausilio di *laserscanner* - data l'impossibilità di volo in ambienti interni (soprattutto perché museali) del drone - in due missioni successive per un totale di 24 stazioni (Fig. 3.49).

Durante il primo giorno di operazioni sono state effettuate 18 stazioni, la maggior parte delle quali all'interno e intorno alla cripta (Fig. 3.50) inglobata nella sala espositiva principale all'ingresso del percorso museale e soltanto 5 nella parte esterna nord-ovest presso cui si trovano le poche sopravvivenze dell'abside (Figg. 3.51-3.52).

Un secondo giorno di operazioni è stato necessario per arricchire di altre 5 stazioni la nuvola già ripulita, post-processata e ricostruita, per integrarvi le seppur esigue tracce delle gradinate antistanti il sagrato, conserva-

tesi in una grande aiuola negli spazi esterni del museo. Ciò al fine di avere una misura longitudinale, reale di riferimento, da confrontare con i rilievi cartacei Poletti e contestualmente acquisire ulteriori dettagli fotografici.

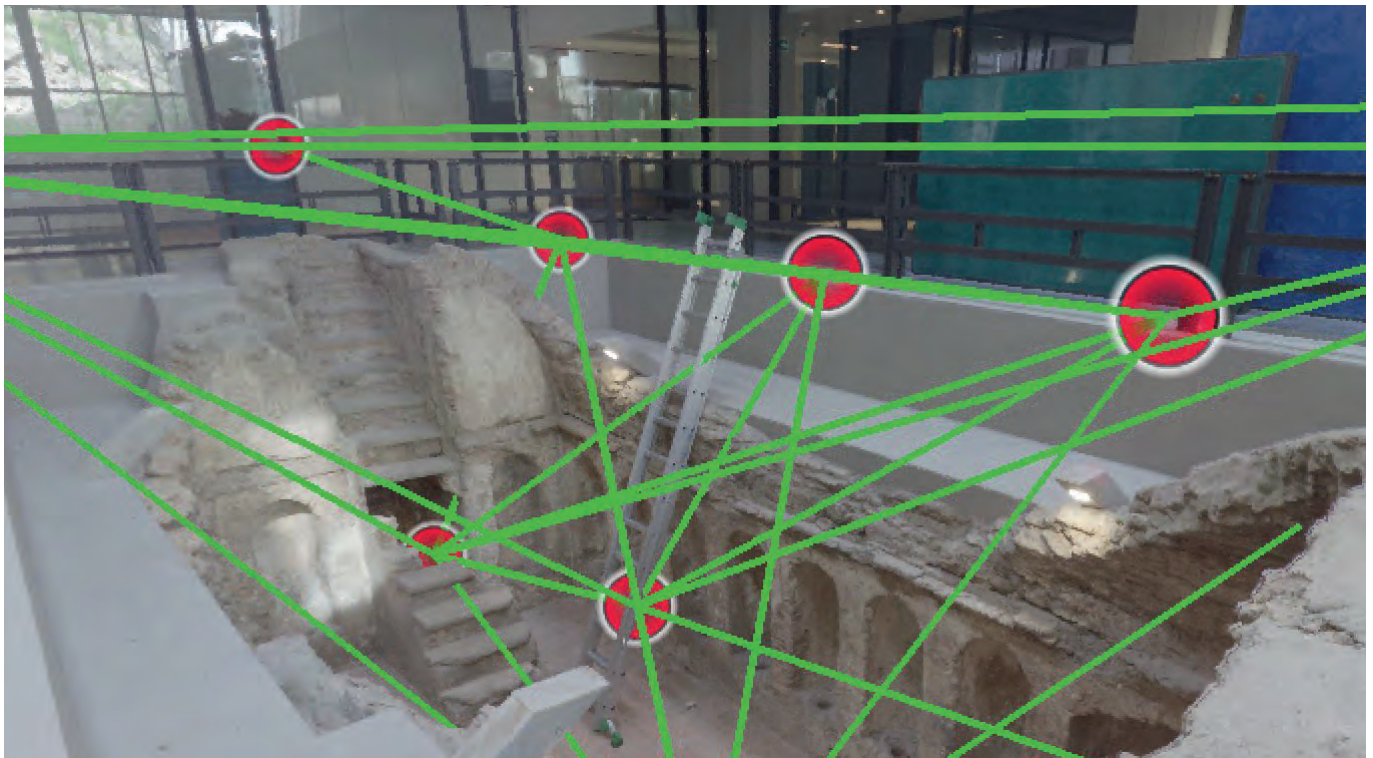
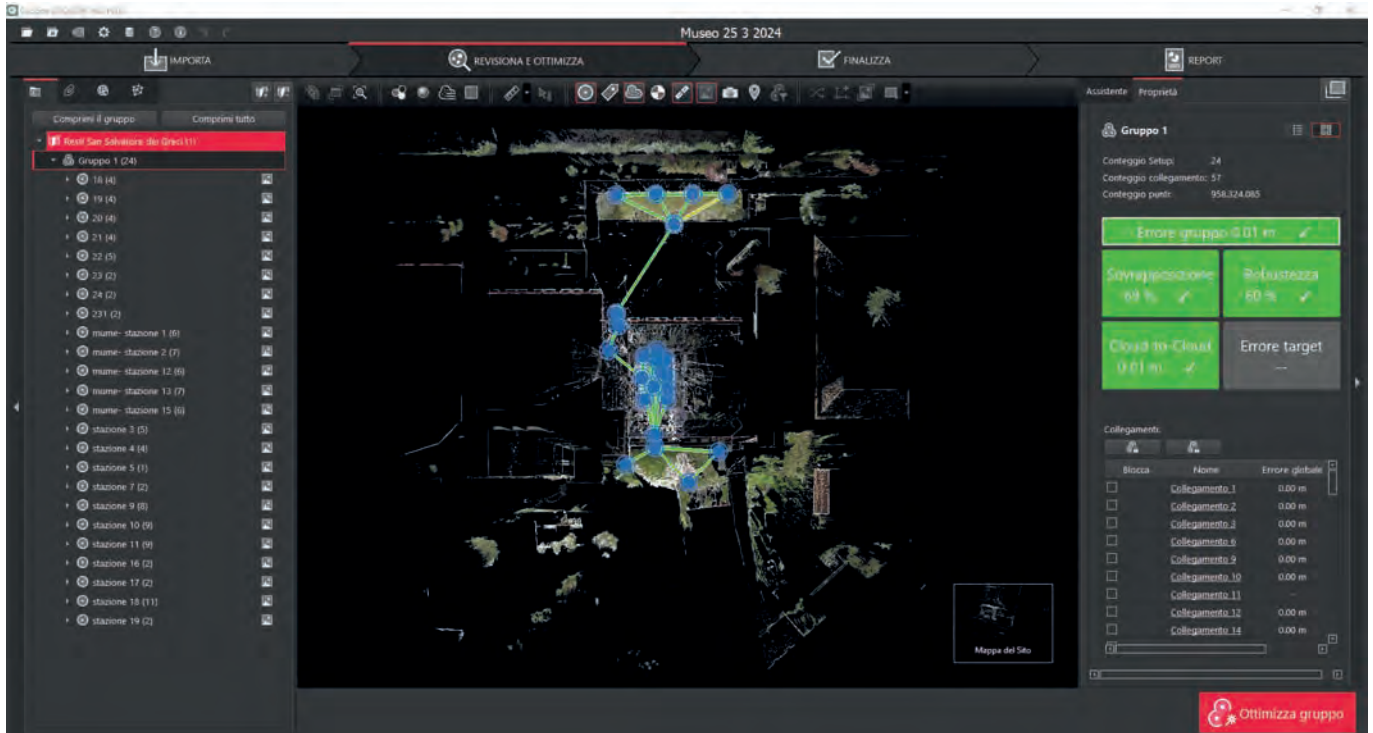


Fig. 3.49 (sopra) Pianta generale delle stazioni di scansione delle vestigia archeologiche della Chiesa del S. Salvatore dei Greci [elab. Autrice, marzo 2024]

Fig. 3.50 (sotto) Vista da una delle stazioni di scansione della Cripta interna alla Chiesa del S. Salvatore dei Greci [elab. Autrice, marzo 2024])

Durante la fase finale di post produzione, dopo l'aggiunta delle ulteriori stazioni, sono state inizialmente allineate e collegate tutte le 24 prese strumentali in *Leica Register* 360°. Le nuvole così restituite sono state poi nuovamente pulite da rumori e artefatti luminosi in *Recap Pro*.

Da questo modello 3D, in tal modo ottimizzato, sono state estrapolate viste per facilitare le analisi della struttura e dei materiali e, infine, realizzate planimetrie e sezioni sia della chiesa nel suo complesso (Figg. 3.53-3.54) sia della cripta nel particolare (Figg. 3.55-3.56).

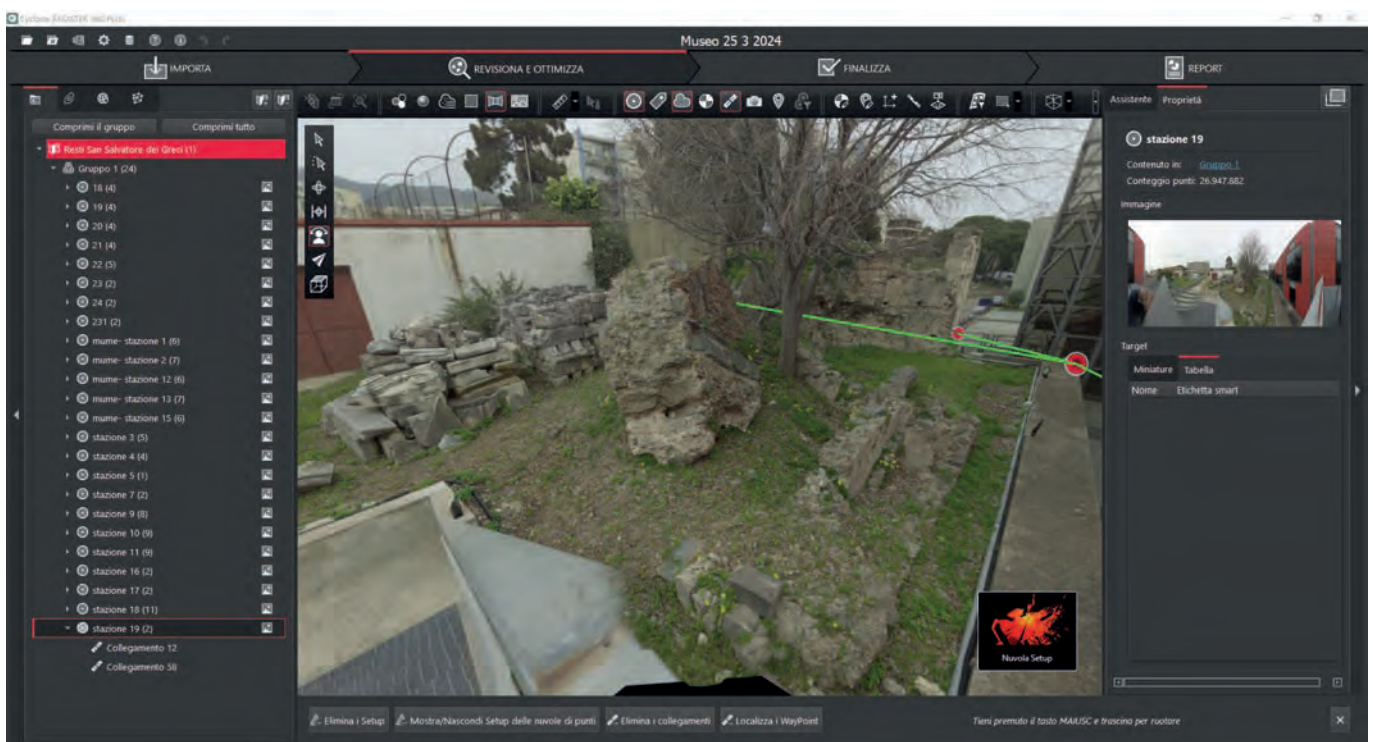
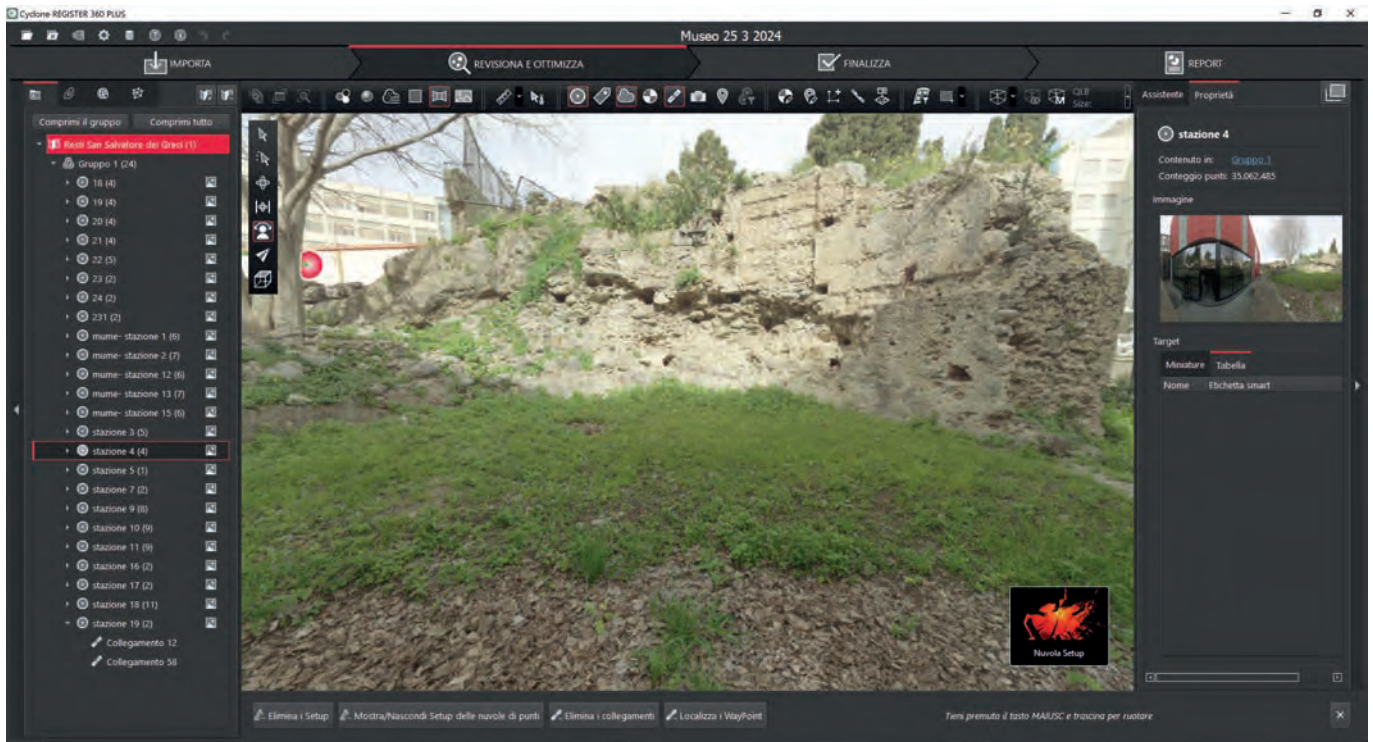


Fig. 3.51 (sopra) Vista da una delle stazioni di scansione presso l'abside della Chiesa del S. Salvatore dei Greci [elab. Autrice, marzo 2024]

Fig. 3.52 (sotto) Vista da una delle stazioni di scansione delle rimanenze della navata laterale sinistra della Chiesa del S. Salvatore dei Greci

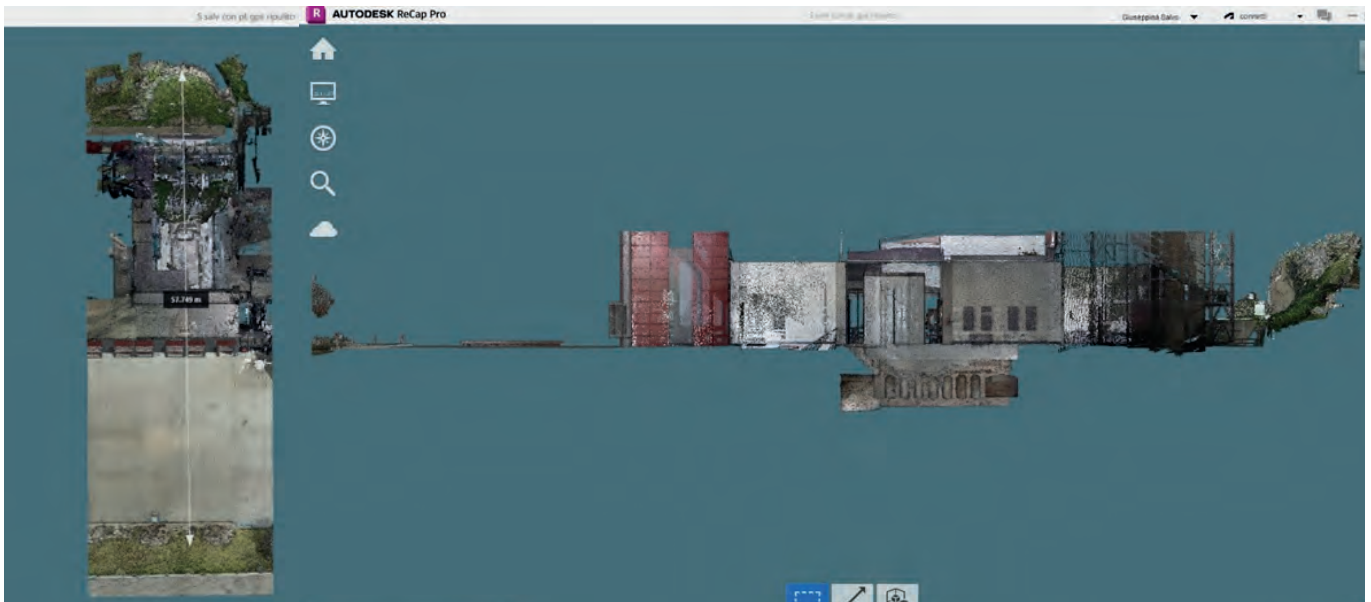


Fig. 3.53 (sin.) Vista planimetrica della scansione della chiesa compresa di cripta inglobata nella sala museale e dei resti delle gradinate d'ingresso (basso) e dell'abside (alto) negli spazi esterni del Museo; Sezione trasversale delle vestigia [Scansione e post-produzione Prof. A. Altadonna e Autrice, aprile 2024]



Fig. 3.54 Scansione della vestigia delle gradinate antistanti la chiesa presenti negli spazi esterni del Museo in RecapPro [Scansione e post-produzione Prof. A. Altadonna e Autrice, aprile 2024]

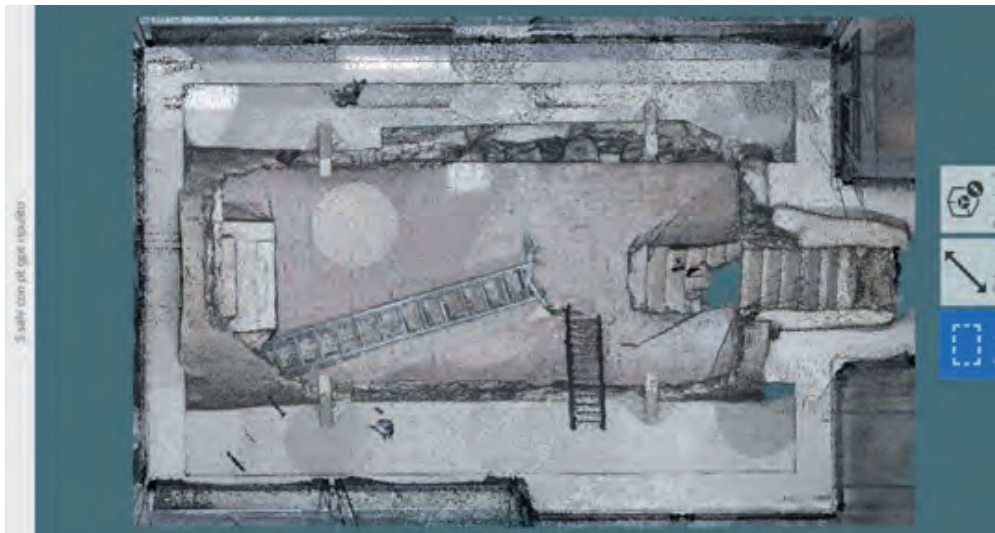
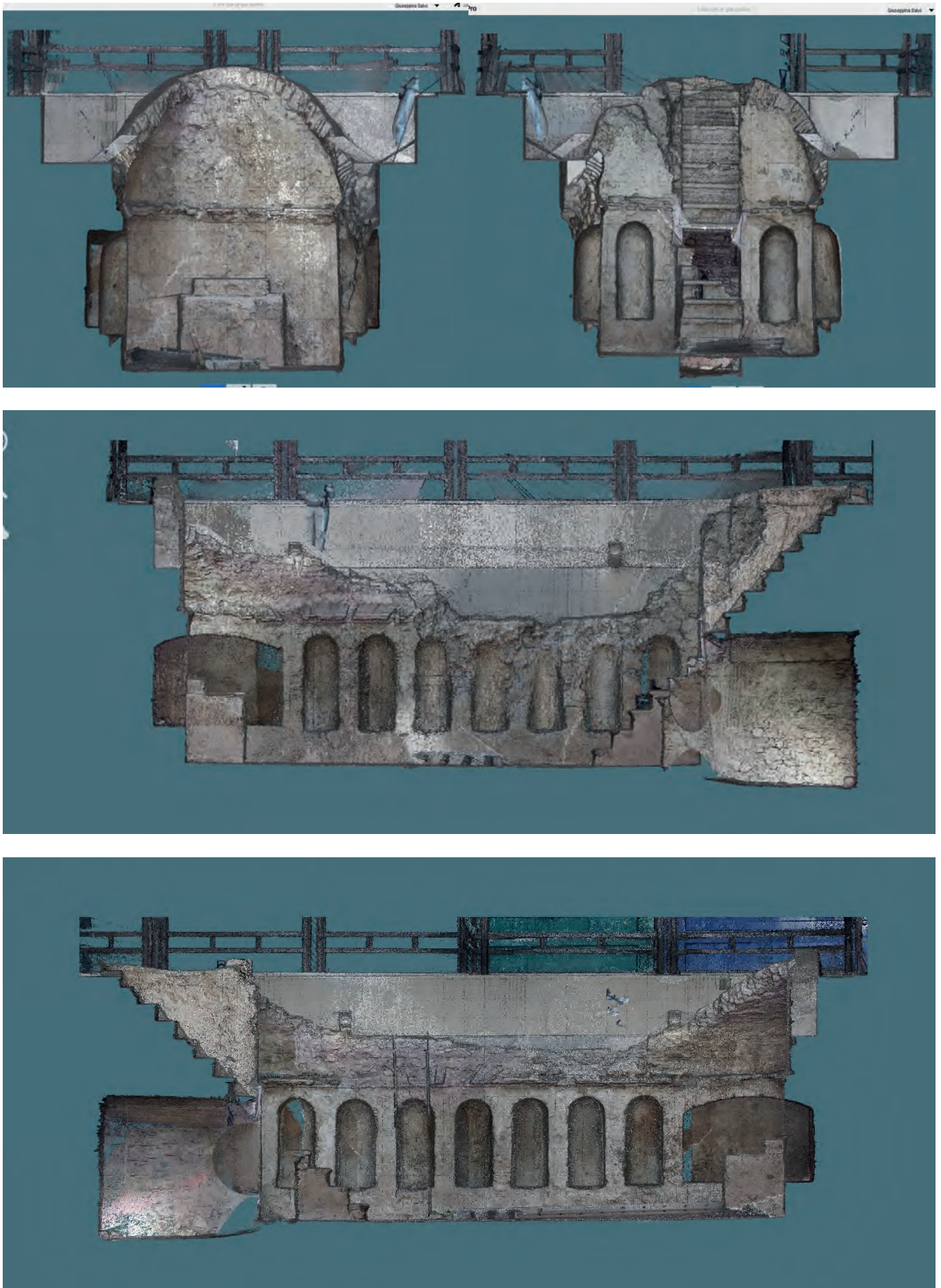


Fig. 3.55 Vista planimetrica della scansione laserscanner, ripulita e ottimizzata in RecapPro, della cripta inglobata nella sala museale principale [Scansione e post-produzione Prof. A. Altadonna e Autrice, aprile 2024]



Figg. 3.56 Sezioni trasversali (alto) e longitudinali della Cripta presente nel sito originale all'interno del Museo [Scansioni e post-produzione Prof. A. Altadonna e Autrice, aprile 2024]

## 2. Metashape Professional vers. 1.8.3 (solo cripta)

Durante la prima sessione di rilievo strumentale, è stato prodotto un database fotografico generale a supporto dello studio stratigrafico, ma anche al fine di sperimentare una ricostruzione fotogrammetrica terrestre della porzione meglio conservata - ossia la cripta originale - con il programma *Agisoft Metashape*.

Per questo test sono state caricate 125 camere (scatti terrestri) che, una volta ottimizzate manualmente e allineate automaticamente mediante il riconoscimento di punti di vincolo comuni (Fig. 3.57), hanno restituito una nuvola cosiddetta rada già colorata. L'infittimento dei punti con algoritmi interni al programma ha poi prodotto la nuvola densa dai suddetti scatti (Figg. 3.58-3.60).

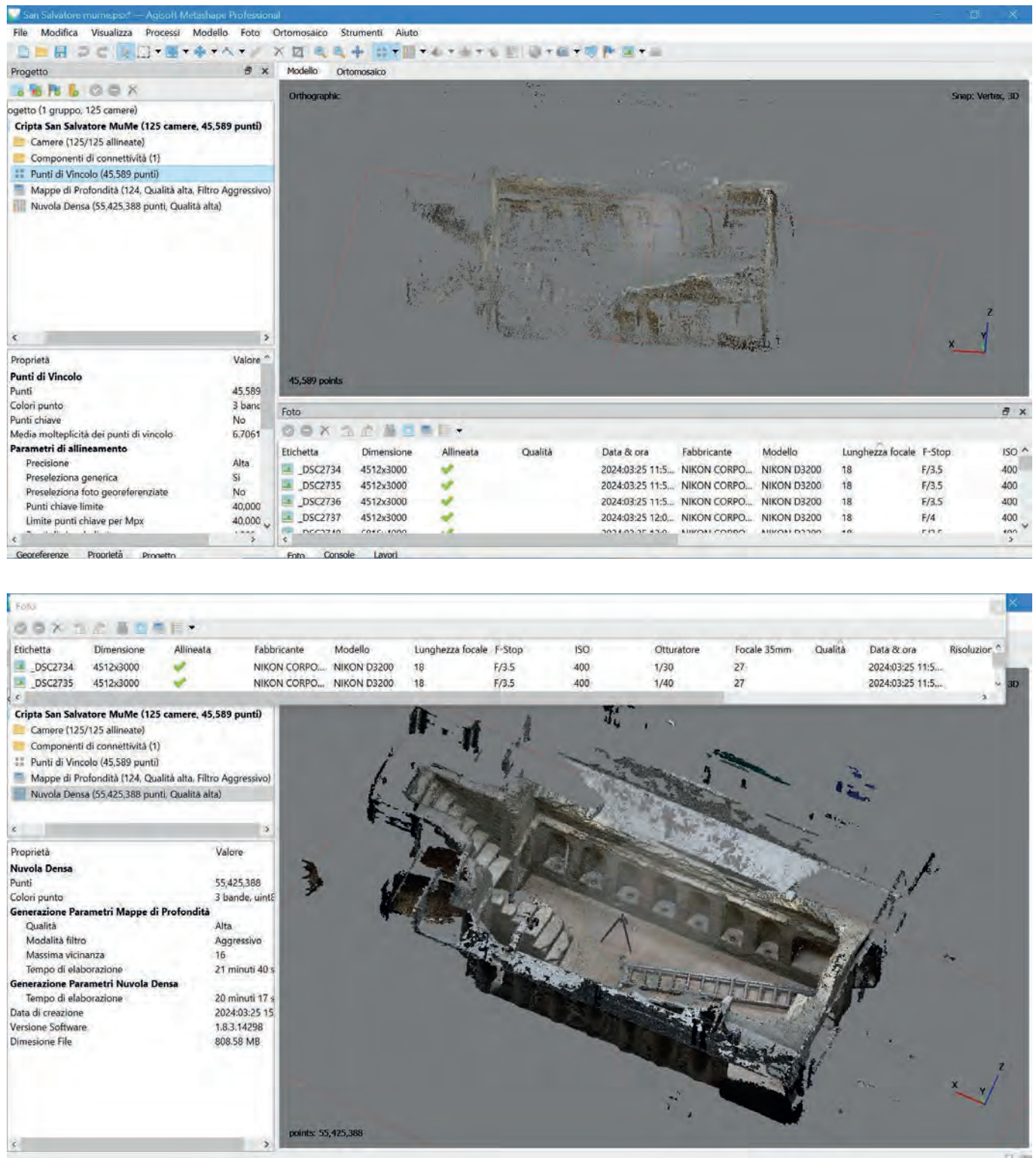


Fig. 3.57 Elaborazione fotogrammetrica in Metashape Pro dei punti di vincolo a partire dal rilievo fotografico terrestre [Elab Autrice e Arch. A. Chillemi]

Fig. 3.58 Elaborazione fotogrammetrica della nuvola densa a partire dai punti di vincolo [Elab Autrice e Arch. A. Chillemi, maggio 2024]

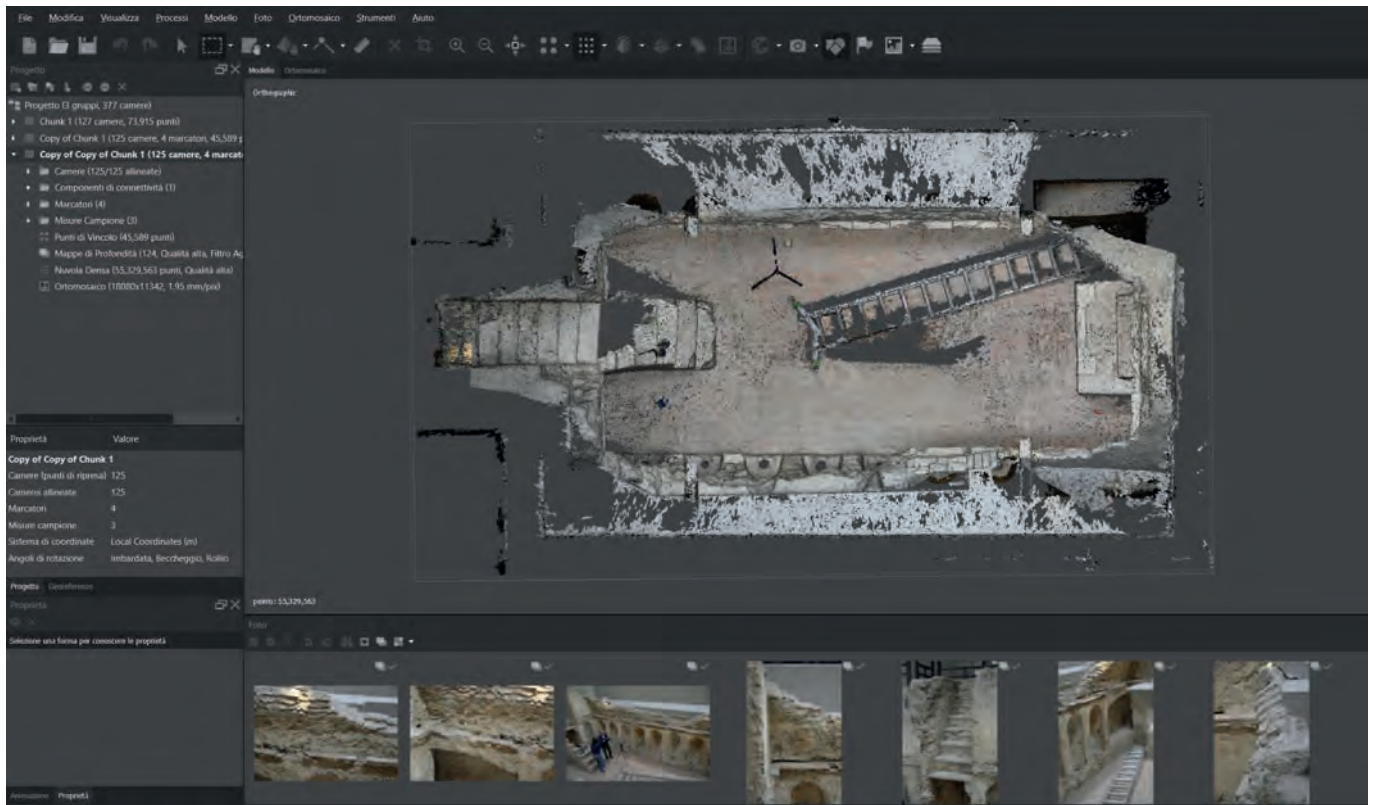


Fig. 3.59 Vista dall'alto della nuvola densa in Agisoft Metashape Pro [Elab Autrice e Arch. A. Chillemi, giugno 2024]

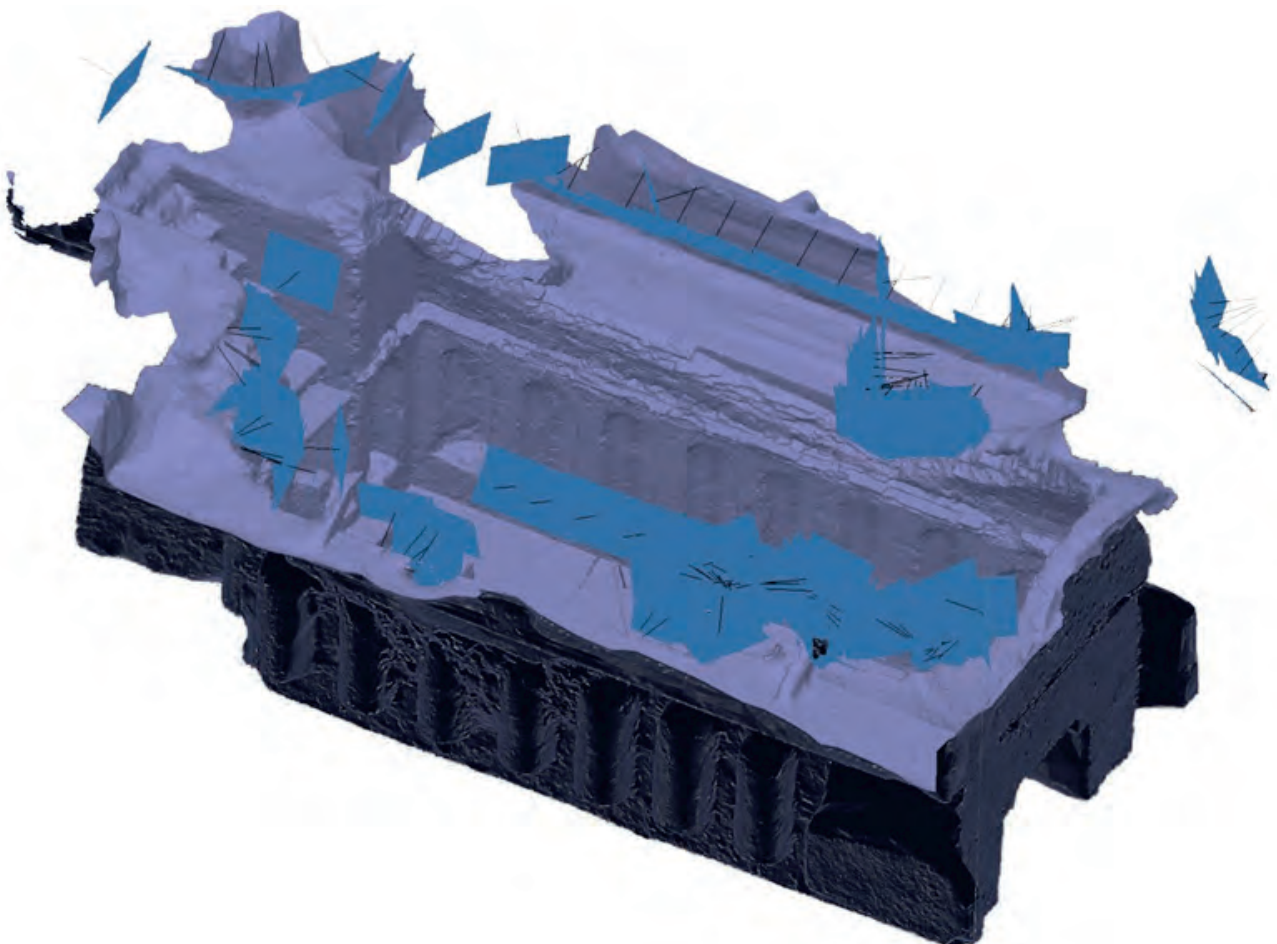
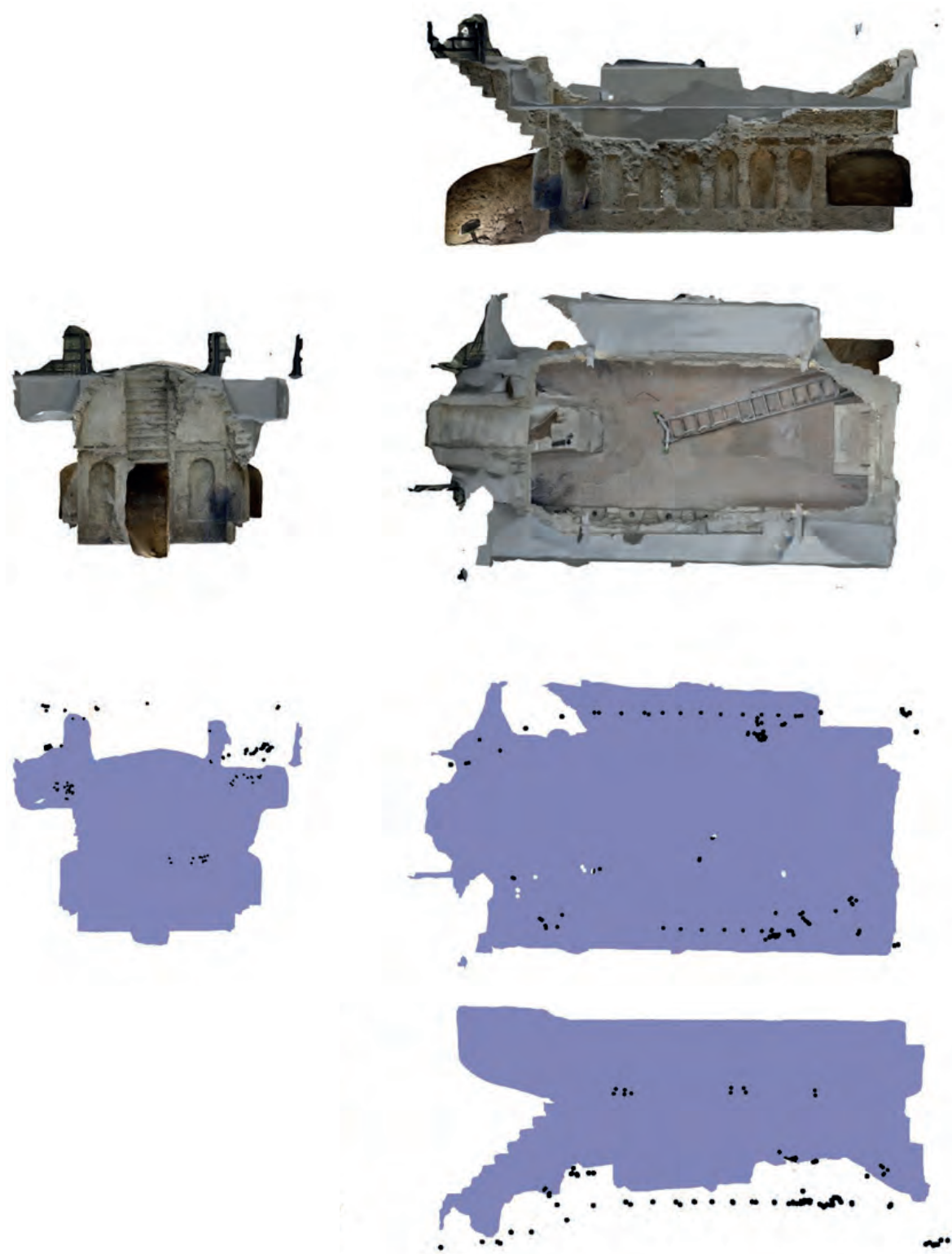


Fig. 3.60 Modello 3D meshato con indicazione degli scatti fotografici, ossia 125 camere, in Agisoft Metashape Pro [Elab Autrice e Arch. A. Chillemi]

Come fatto con le produzioni strumentali, anche da queste elaborazioni sono state estrapolate planimetrie e sezioni (Figg. 3.61) da confrontare geometricamente, ed eventualmente rettificare in precisione, con le misure derivate dalla nuvola di punti laserscanner.

Infine è stato prodotto anche un modello di elevazione digitale (DEM, Fig. 3.62) della cripta per chiarificare i

dislivelli interni tra i piani di quota del rilievo ( $h=0$ ) e quella pavimentale interna alla cripta ( $h=-5\text{mt}$ ) così da raffinare le informazioni presenti nelle schede USM riferiti ai piani costruttivi (livelli di cantiere e buche pontarie, riprese di costruzione, specchiature murarie e decorazioni plastiche, livello d'imposta della volta a botte di copertura, etc.)



Figg. 3.61 Prospetti interni della Cripta: in alto la texture fotografica e in basso la localizzazione dei singoli punti di scatto (125 camere) o di presa attorno all'oggetto, prodotti in Agisoft Metashape Pro [Elab Autrice, maggio 2024 e agg- marzo 2025]

## Modello di Elevazione Digitale (DEM)

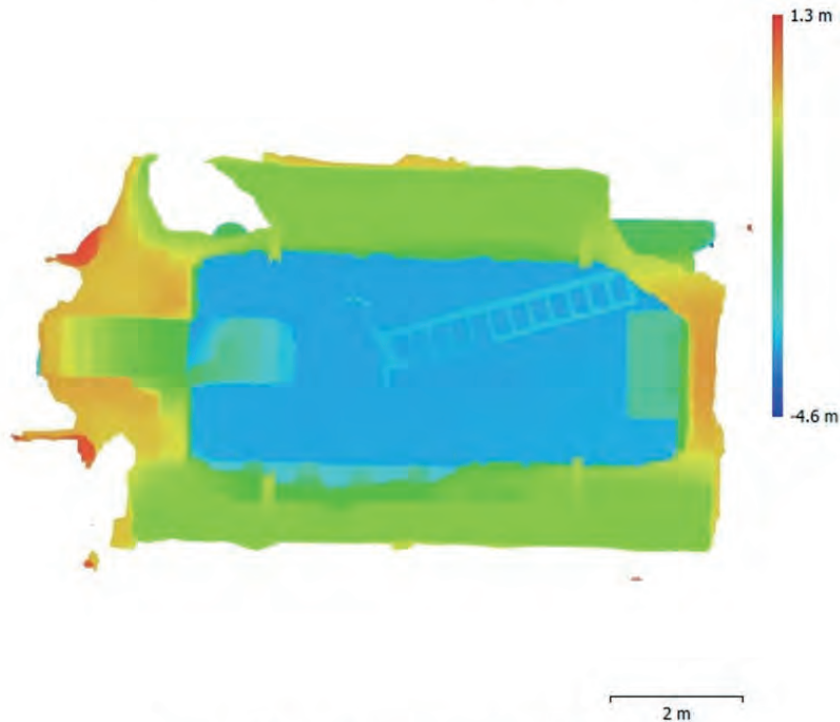


Fig. 25. Modello di elevazione digitale ricostruito.

Risoluzione: 2.3 mm/pix  
Densità punti: 18.8 punti/cm<sup>2</sup>

Fig. 3.62 Modello di elevazione (DEM) della Cripta con quota zero coincidente col livello di calpestio della sala museale in Agisoft Metashape Pro [Elab Autrice e Arch. A. Chillemi, maggio 2024]

### 3. Unione delle nuvole prodotte da laserscanner e da Metashape pro in Cloudcompare v.2

Per aumentare la precisione del modello restituito da *Metashape* sotto il profilo geometrico-dimensionale e arricchirlo delle *textures* fotografiche, si sono unite le due nuvole, per la sola parte della Cripta, nel programma *open source CloudCompare v.2* (Fig. 3.63).

La procedura è stata volta all'alleggerimento dei due modelli fusi insieme (originariamente del peso di circa 30 GB), alla successiva pulizia da artefatti o rumore e il loro inserimento nell'apposita piattaforma per la successiva creazione dell'H-BIM della cripta "informato" con il *matrix* derivabile dalle schede U.S. Purtroppo, oltre alle risorse computazionali a disposizione su pc che non siano potenti *workstation*, il limite di importazione di nuvole che non superassero il peso di 4GB evidenziato dal *software Archicad26*, ha obbligato il cambio in corso d'opera in favore di Revit 2025 per realizzare il modello informato

### 4. Importazione e modellazione parametrica in BIM

Una volta unite e alleggerite le nuvole di punti, sono state inizialmente inserite in *Graphisoft Archicad 26*, che ha permesso solo la visualizzazione in colori non personalizzabili della parte della cripta in modo piuttosto scomodo per una modellazione precisa (Figg. 3.64). Per tale ragione si è passati ai *software Autodesk*: ripreso il ritaglio propedeutico dell'intera nuvola del museo già eseguito in *Recap Pro* e una volta collegato, è stata avviata la modellazione in Revit 2025. Alla creazione di famiglie, ricalcanti le USM e le USR precedentemente riconosciute (Fig. 3.65), è seguita un non agevole ricalco delle geometrie complesse come le cornici aggettanti all'imposta della volta della cripta o i cantonali/stipiti delle nicchie dei *putridaria*. Sulla base di questi limiti e di quello ancora maggiore della perdita delle informazioni in fase di esportazione, si è deciso di abbandonare il modello per usare quello *Metashape* già dotato di *mesh* e *texture* in modo realistico.

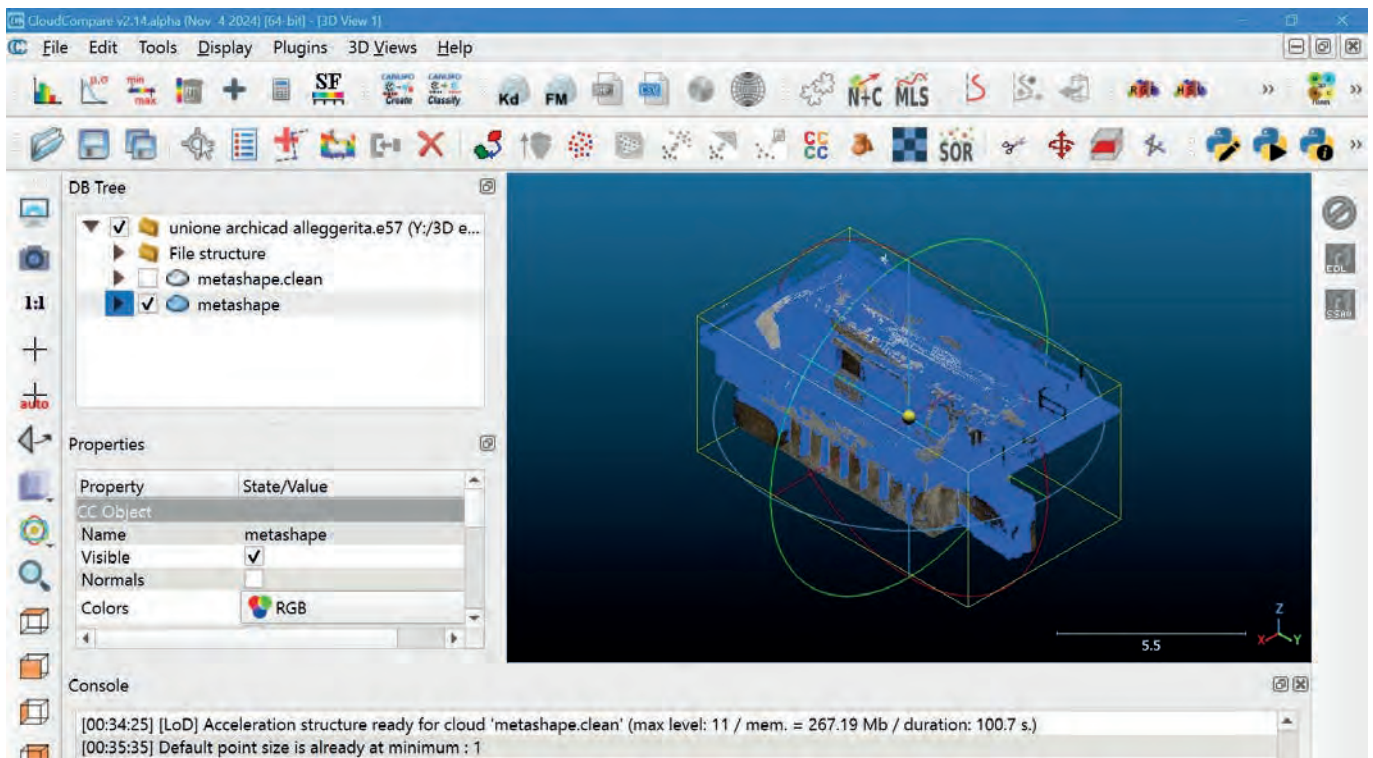


Fig. 3.63 Sovrapposizione in CloudCompare delle nuvole prodotte da laserscanner (blu) e Metashape Pro (texture fotografica) per colmare le lacune prodotte da rumore o artefatti luminosi automaticamente rilevati e asportati dai rispettivi programmi di ottimizzazione delle nuvole di punti [elab. Autrice, 2024]

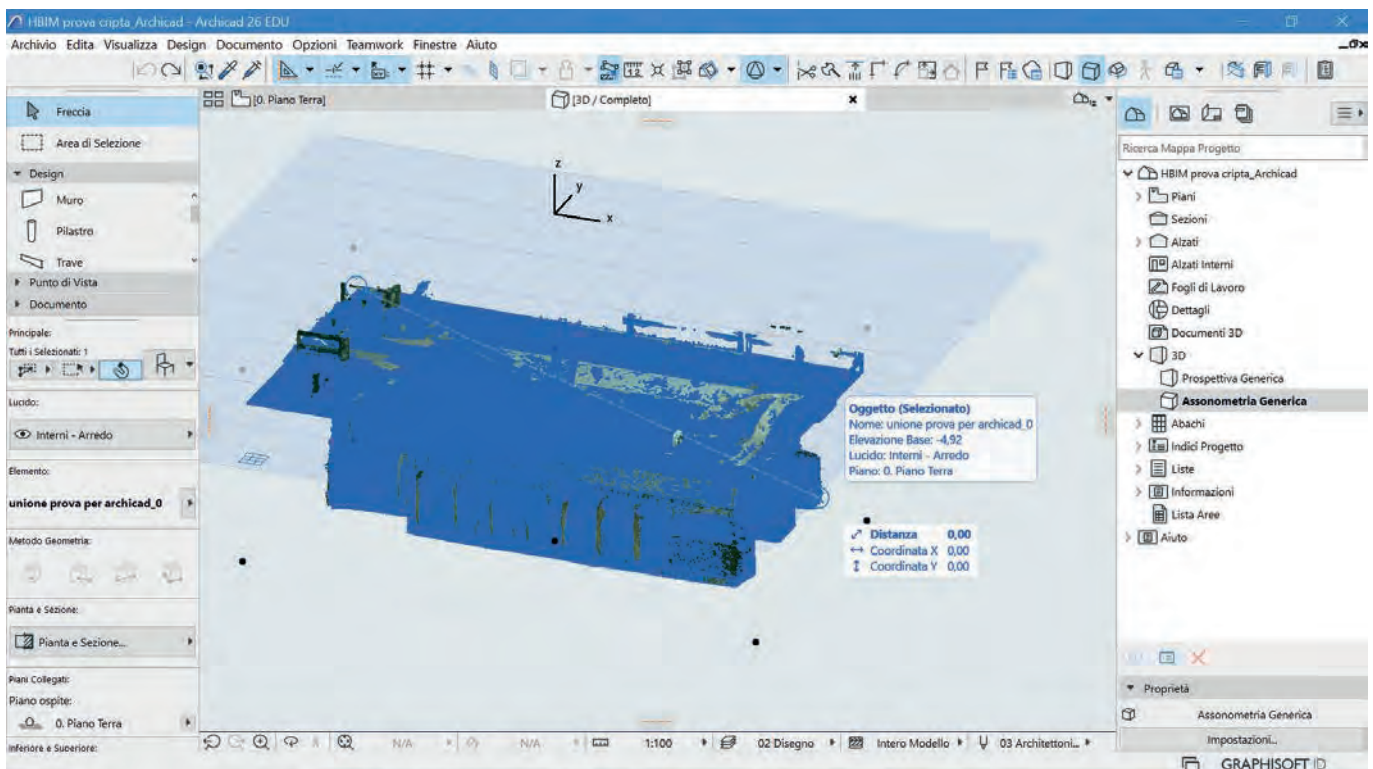
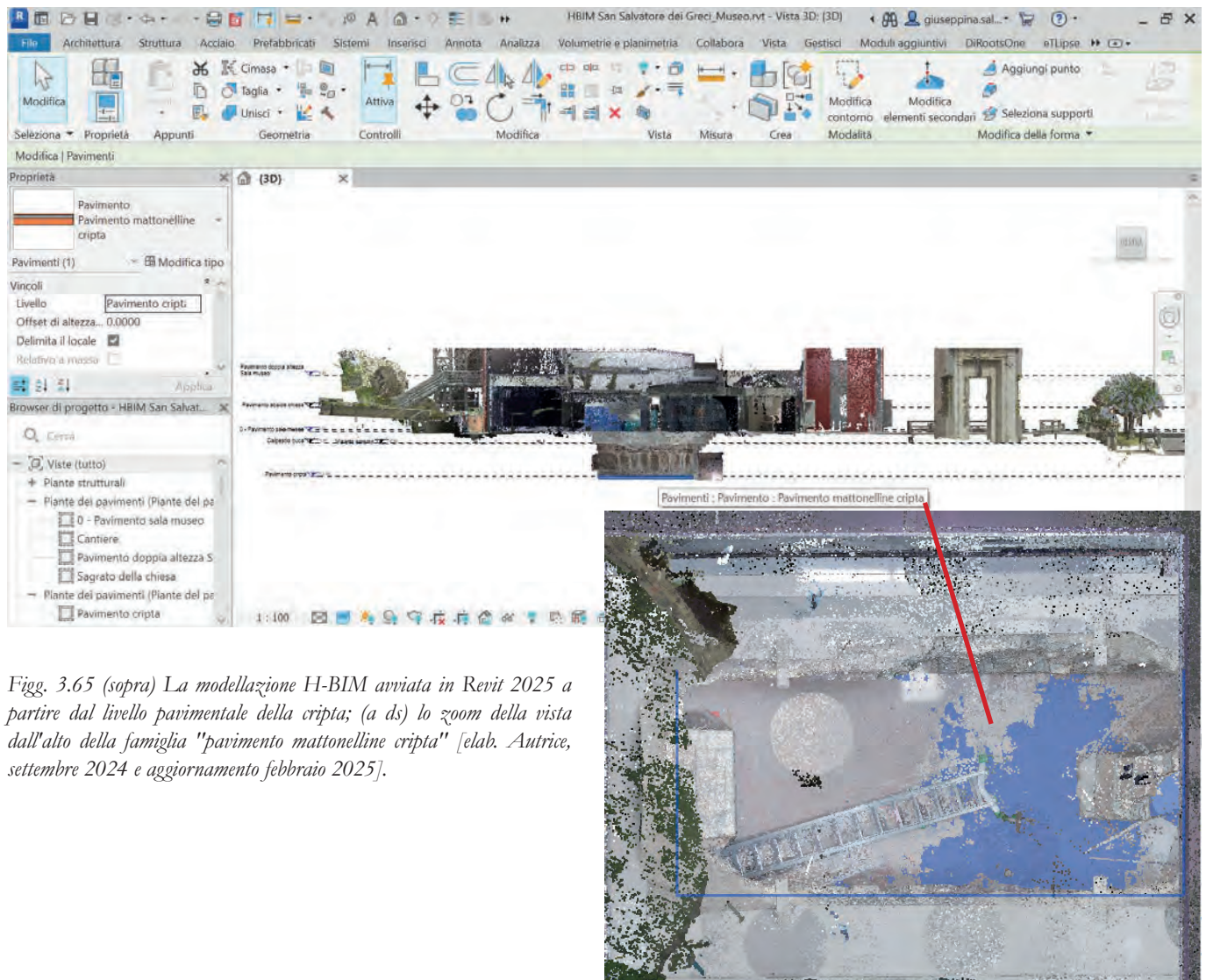


Fig. 3.64 La modellazione H-BIM, inizialmente predisposta in Archicad 26, con la nuvola di punti della sola cripta in due falsi colori che rendono impossibile distinguere gli elementi architettonici da modellare [elab. Autrice, aprile 2024]



Figg. 3.65 (sopra) La modellazione H-BIM avviata in Revit 2025 a partire dal livello pavimentale della cripta; (a ds) lo zoom della vista dall'alto della famiglia "pavimento mattonelline cripta" [elab. Autrice, settembre 2024 e aggiornamento febbraio 2025].

## 5. Creazione della scena 3D per la predisposizione al Metaverso di Messina in Unreal Engine 5.5 e Twinmotion 2024

Al fine di predisporre i modelli 3D creati per un futuro Metaverso della città di Messina, si è proceduto all'inserimento di sfondi fotorealistici già esistenti nel motore di realtà virtuale Unreal Engine 5.5, per creare lo scenario di base, ovvero la quinta retrostante, per l'ambiente navigabile. Si è effettuata inizialmente una prova con una navigazione in locale (*offline*), senza integrarvi il modello H-BIM che avrebbe appesantito l'ambiente virtuale, con lo scopo di testare quale fosse la migliore soluzione tra quelle possibili senza elaborazioni ambientali 3D da creare da zero. Inizialmente si è applicata alla sfera in cui l'utente si muove una foto a 360° degli esterni del Museo, con visione alla strada estrapolata da *Google Street View*. Per quanto fosse una soluzione sbrigativa e relativamente efficace in un'ottica di immersione virtuale, la qualità grafica purtroppo si è rivelata molto bassa motivo che ha spinto ad accantonare il test per quanto positivamente riuscito (Fig. 3.66).

Si è quindi optato per una procedura operativamente più complessa, ma visivamente d'impatto e di resa non paragonabile al precedente in termini di libertà di navigazione (con estensione all'intera città e oltre). Sfruttando le potenzialità della piattaforma online *Cesium ion*, che può paragonarsi a una sorta di *webGIS* 3D in cui alla visione di *Google Earth* si sovrappongono le geometrie dell'edilizia costruita (sebbene con altezze forfettarie e geometricamente verosimili), mediante l'omonimo *plug-in* di U.E.5.5, è stato possibile importare il suddetto ambiente virtuale realistico della città di Messina e, in particolare, della zona del Museo Regionale Accascina (Fig. 3.67).

Sebbene le prestazioni di visualizzazione e soprattutto quelle di navigazione, proprio perché in tempo reale, abbiano richiesto risorse *hardware* non indifferenti per il test e ne richiederanno anche per la fruizione, è stato predisposto l'ambiente 3D avvolgente per accogliere il modello derivato dalle nuvole di punti.

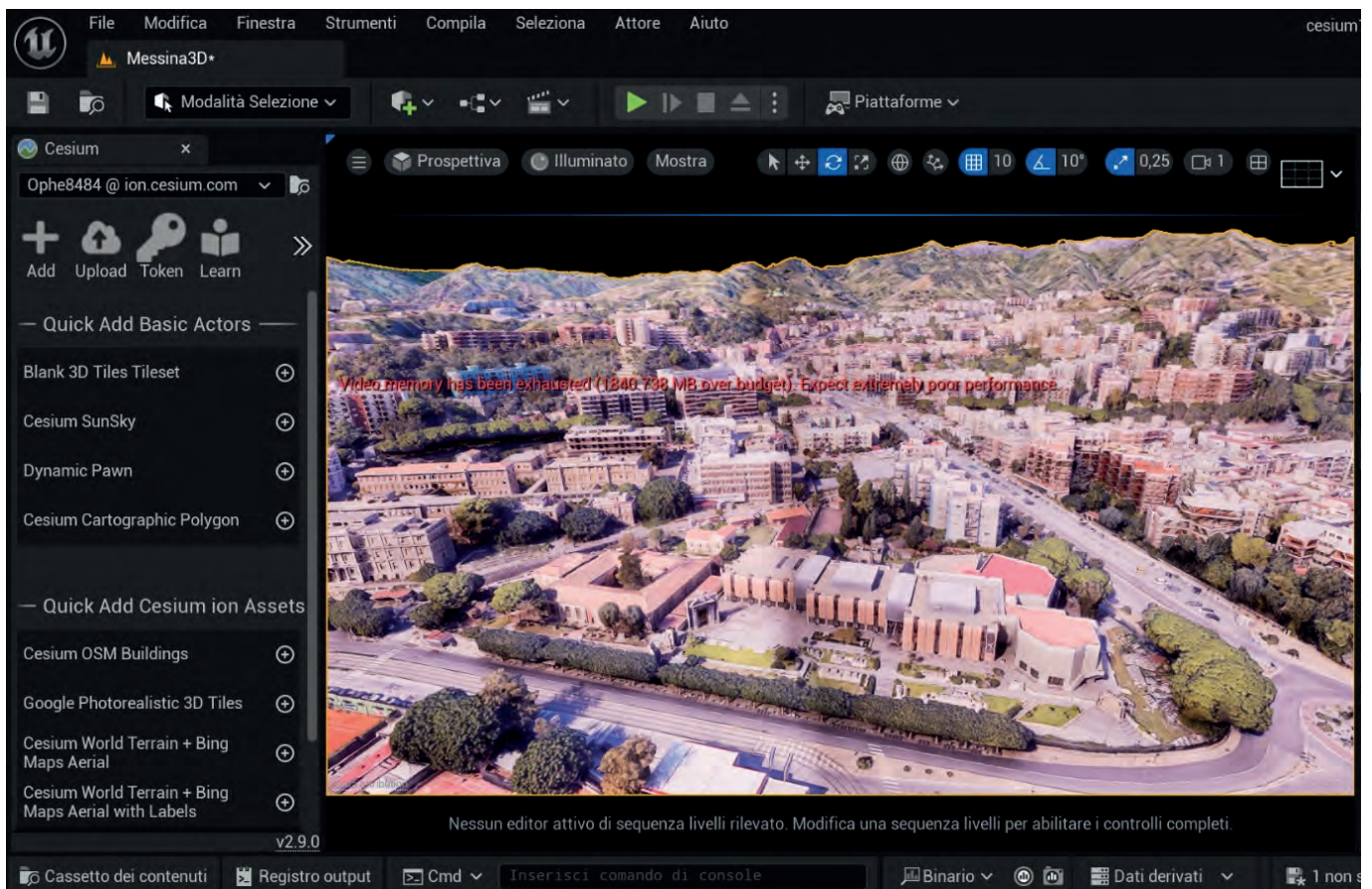
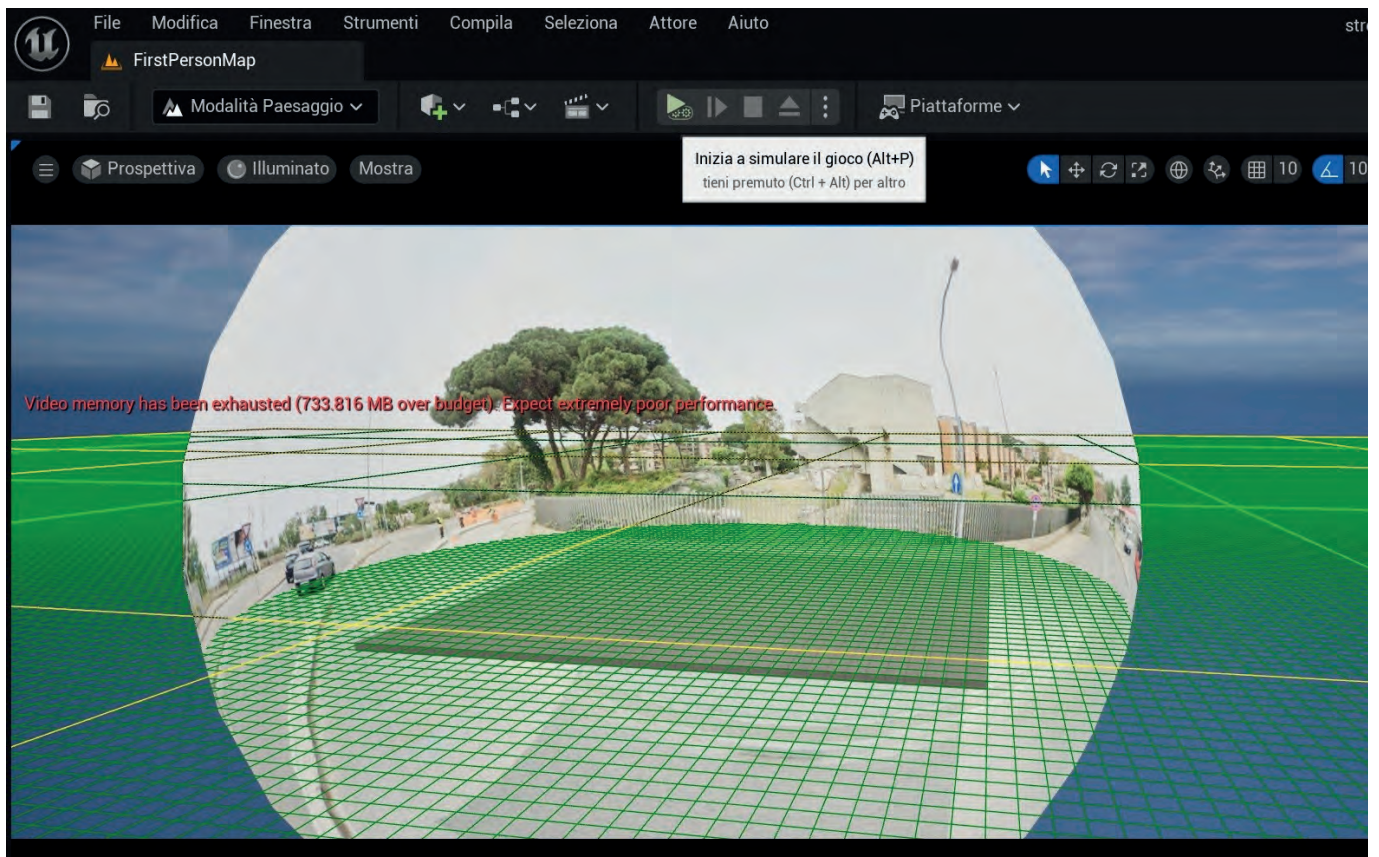


Fig. 3.66 (sopra) Prototipo di ambiente 3D navigabile degli esterni del Museo Regionale creato per il Metaverso di Messina in Unreal Engine 5.5 mediante foto a 360° derivate da Google Street View [elab. Autrice, 2024];

Fig. 3.67 Prototipo di Metaverso per Messina creato in Unreal Engine 5.5 con collegamento a Cesium OSB Buildings e Google Photorealistic 3D Tiles [elab. Autrice, 2024]

Infine, è stata creata una prima porzione di Metaverso peloritano per la zona del Museo nel programma *Twinmotion*, sempre sviluppato da Epic e funzionante con motore U.E., mediante un prototipo non texturizzato, per problemi di esosità delle risorse necessarie alla modellazione della scena e degli oggetti urbani (strade, edifici 3D, mare, sfondo fotorealistico di Messina da *Google Street view*, etc.).

La modellazione è stata avviata per la parte di città racchiusa tra il viale Annunziata a nord, viale Giostra a sud, il viale della Libertà a est e il viale Regina Elena a ovest (Fig. 3.68). Dalla scala urbanistica, si è poi passati a calare il modello architettonico tipologico "Cripta S. Salvatore" all'interno della sala espositiva, navigabile sia su pc che in modalità VR con l'ausilio di visori (Figg. 3.69).

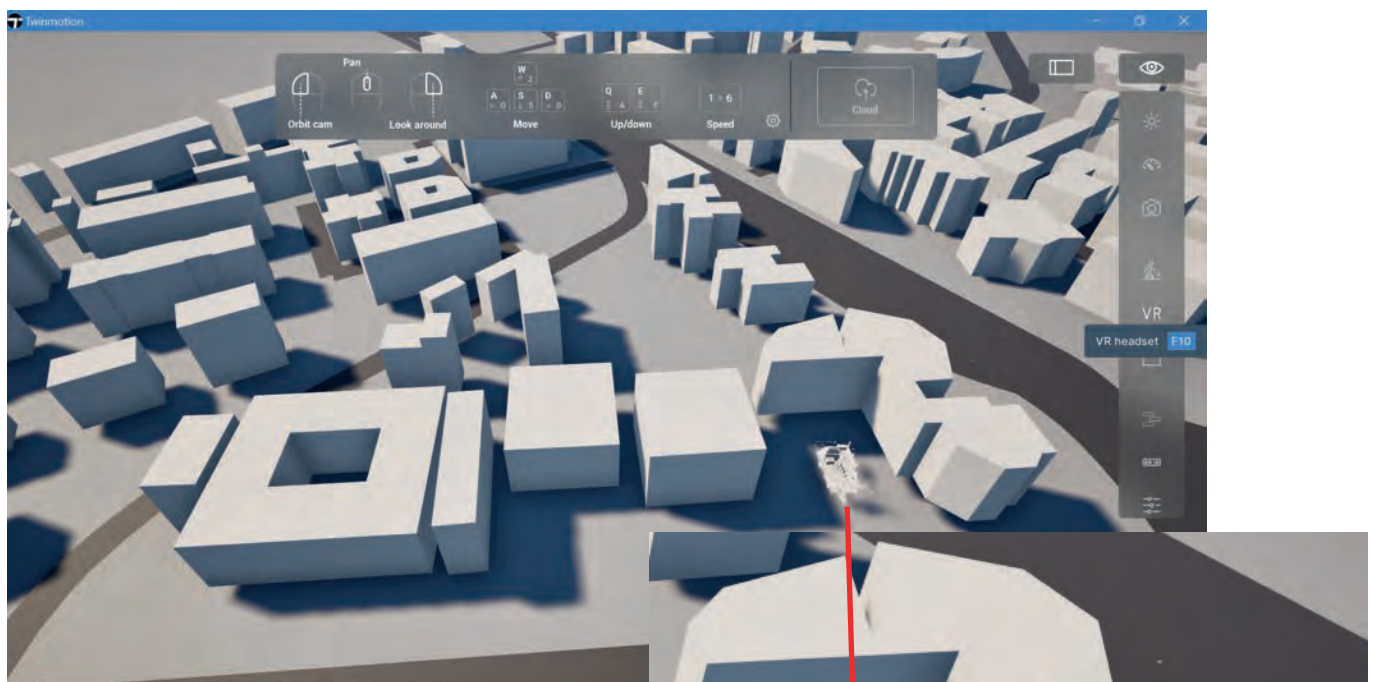
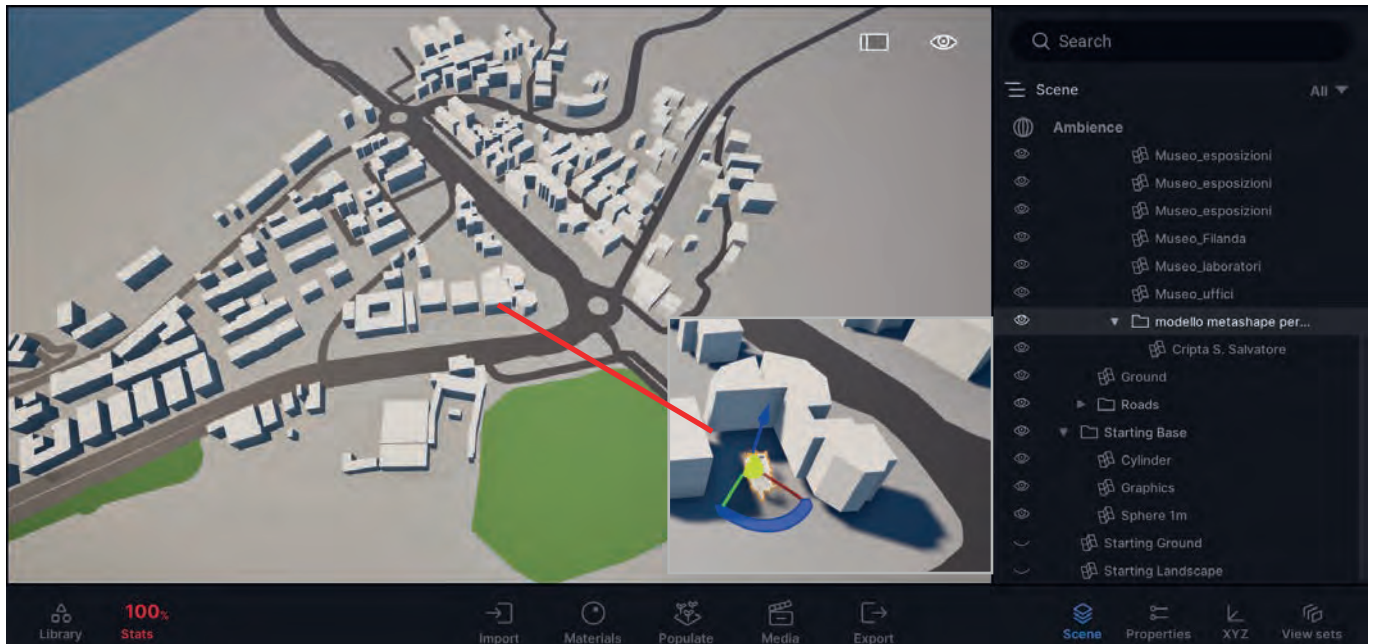


Fig. 3.68 (sopra) Prototipo di modellazione in Twinmotion2024 del Metaverso di Messina della zona Annunziata presso il Museo Accascina [elab Autrice, febbraio 2025];

Figg. 3.69 L'ambiente della zona museale arricchita con il modello tipologico della cripta (zoom a destra) navigabile in diverse modalità, compresa la possibilità di passare alla visualizzazione VR con visore [elab Autrice, febbraio 2025]

### 3.3 Esiti interpretativi sul caso studio

L'analisi del complesso monastico del S. Salvatore dei Greci, in quanto caso studio emblematico, ha permesso di valutare l'efficacia e le implicazioni delle metodologie digitali applicate alla ricostruzione e alla comprensione del patrimonio culturale.

Per quanto concerne il passaggio dalla digitalizzazione documentale al modello virtuale, ci si è focalizzati sull'affidabilità scientifica delle restituzioni tridimensionali della Chiesa e della cripta e, conseguentemente, del rapporto tra le poche notizie storiche verificate sul complesso basiliano e le scelte operative adottate durante la modellazione 3D. Per tale ragione, laddove le fonti primarie sono risultate lacunose, si è reso necessario procedere per similitudini con architetture coeve, distinguendo chiaramente tra elementi ricostruiti con un buon grado di certezza e quelli in cui permane un margine di incertezza grafica. Stessa cosa vale anche per le procedure di prova e resa dei diversi software impiegati (inizialmente *Archicad* 26, poi *Revit* 2025) e le problematiche di compatibilità o meno riscontrate nel passaggio tra piattaforme, che hanno temporaneamente impedito l'integrazione completa delle informazioni sui materiali e sulle tecniche costruttive all'interno di un modello navigabile che fosse anche predisposto per il Metaverso. Elemento cruciale è stato, quindi, il confronto tra i modelli 3D realizzati con diverse tecniche di rilievo (laserscanner e fotogrammetria terrestre), da cui è emerso come l'integrazione dei risultati abbia permesso di affinare la precisione geometrico-dimensionale e di includere le texture fotografiche nelle nuvole di punti laser. Sono stati, inoltre, analizzati i limiti intrinseci delle tecnologie di rilievo in contesti reali, come le difficoltà nella rilevazione di specifiche superfici o la presenza di ostacoli, come nelle sale e negli ambienti esterni al Museo Accascina.

Relativamente all'informatizzazione delle restituzioni 3D, valorizzazione virtuale ed eventuale restauro digitale, si è voluta sottolineare la potenzialità dei modelli del caso pilota per avviare analisi dettagliate ma non invasive, come lo studio delle tecniche costruttive antiche o l'analisi dei materiali. In questo contesto, si può affermare come i modelli virtuali potrebbero essere utilizzati in un futuro sia per la gestione delle azioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, consentendo di testare diverse soluzioni all'interno dell'ambiente virtuale prima di intervenire fisicamente sulle vestigia, oppure per il vaglio di ipotesi di

restauro virtuale da rendere fruibili agli utenti. Lo stesso vantaggio risiede nella creazione e nell'implementazione di archivi digitali collegati e consultabili, che permettono la conservazione a lungo termine in un unico luogo non fisico di informazioni dettagliate sul complesso monastico. Infine, per quanto concerne la transizione dal 3D informato al Metaverso attraverso le realtà virtuali, è stato analizzato il processo di esportazione del modello H-BIM del S. Salvatore dei Greci con perdita delle informazioni legate alle famiglie create ad hoc per testarne l'integrazione nel motore di virtualizzazione *Unreal Engine* 5. Sono poi stati esaminati criticamente i risultati della prima sperimentazione di navigabilità degli elementi purtroppo non interrogabili nelle diverse realtà tridimensionali, da desktop o visori, evidenziandone insieme alle potenzialità pure questi limiti attuali degli ambienti virtuali in termini di immersione e interattività. Ovviamente questo porta a chiedersi ove stia distinzione tra un "parco giochi online" e un serio quanto complesso universo parallelo digitale come il Metaverso scientificamente inteso, come il progetto qui esposto getta le basi per una creazione futura. Per tale ragione si dovranno affrontare e in qualche modo risolvere o bypassare i limiti legati all'integrazione di un apparato informativo robusto e contestuale all'interno degli ambienti immersivi, bilanciando la ricchezza informativa con la preservazione dell'esperienza estetica e delle risorse per la resa grafica tanto in locale quanto in rete. Diventa d'obbligo una riflessione sulle prospettive future per l'estensione e l'ottimizzazione del sistema per l'utilizzo con visori e comandi indossabili e per l'eventuale traslazione su un Metaverso dedicato alla città di Messina.

#### 3.3.1 DALLA DIGITALIZZAZIONE DOCUMENTALE AL MODELLO VIRTUALE TRA POTENZIALITÀ E LIMITI

Al fine di trarre le somme del lavoro eseguito, si vuole porre l'attenzione sulle potenzialità emerse, in quanto sfruttabili certamente in diversi ambiti e per differenti declinazioni d'uso, ma specificatamente ai fini prefissati all'inizio dello studio, ossia prettamente didattici, divulgativi e turistici.

In linea con l'obiettivo il passaggio dalla digitalizzazione documentale alla creazione di modelli virtuali dischiude una serie di significative potenzialità. In primo luogo, le ricostruzioni tridimensionali offrono una comprensione

e una visualizzazione più immediata e coinvolgente della realtà storica e archeologica rispetto alla tradizionale documentazione bidimensionale. Tale capacità risulta particolarmente preziosa per la decifrazione di contesti complessi, danneggiati o scomparsi, come evidenziato nel caso del complesso monastico del S. Salvatore dei Greci. In secondo luogo, i modelli virtuali concorrono a una sensibile espansione dell'accessibilità al patrimonio culturale, superando barriere fisiche e temporali e rendendo fruibili luoghi altrimenti negati o difficilmente raggiungibili, come la cripta della chiesa. La smaterializzazione dei luoghi e delle informazioni connesse determina un'accessibilità potenzialmente illimitata per un'utenza diversificata e dislocata geograficamente. Ulteriore potenziale risiede nelle esperienze immersive e interattive offerte dalle piattaforme 3D, in continua evoluzione verso ambienti sempre più coinvolgenti grazie all'integrazione con realtà aumentata e realtà virtuale, arricchendo l'esperienza dei fruitori e dei visitatori. La creazione di gemelli digitali metricamente e simil-metricamente precisi di manufatti e strutture storiche rappresenta, inoltre, una forma avanzata di conservazione digitale, preservando l'integrità e i dettagli per le generazioni future e fungendo da database avanzato per eventuali interventi di manutenzione e restauro. I dati digitali derivati dai modelli 3D aprono inedite opportunità di studio e ricerca, consentendo analisi approfondite e rivelando dettagli altrimenti inaccessibili. L'adozione di metodologie H-BIM si rivela utile per una rappresentazione digitale dettagliata e multidimensionale delle vestigia, consentendo la documentazione dello stato attuale e la ricostruzione virtuale delle diverse fasi storiche, seppure con tutti i limiti dei più comuni *software* pensati per l'edilizia di nuova progettazione e costruzione. Infine, i modelli virtuali offrono modalità innovative per la divulgazione e la didattica, rendendo l'apprendimento più coinvolgente e accessibile a diverse categorie di utenti attraverso *app* di realtà aumentata o ricostruzioni in stanze immersive. Parallelamente alle notevoli potenzialità, il processo di trasposizione dal documento digitalizzato al modello virtuale presenta, però, limiti intrinseci che necessitano di un'attenta considerazione nella scelta del flusso di lavoro e degli strumenti da impiegare per ciascun uso. Uno degli aspetti cruciali riguarda *in primis* l'accuratezza e l'affidabilità scientifica dei modelli 3D restituiti, che richiede un costante confronto e integrazione tra diverse tec-

niche di rilievo, come il laserscanner e la fotogrammetria terrestre, al fine di affinare la precisione geometrico-dimensionale e includere informazioni cromatiche. Per tale ragione, come azione propedeutica alla valutazione della affidabilità scientifica dei gemelli virtuali restituiti, si è eseguito il confronto tra i *report* dei modelli 3D rispettivamente con *laserscanner* (report Leica, agg. aprile 2024) e con la fotogrammetria terrestre (report di Metashape pro, agg. novembre 2024) che ha evidenziato la necessità della loro necessaria integrazione per affinare il livello di precisione geometrico dimensionale nel secondo e includere le texturizzazioni fotografiche nella nuvola di punti laser. Questa integrazione di tecniche di rilievo diverse, come il laserscanner a sensori attivi che crea modelli 3D precisi e ad alta risoluzione e la fotogrammetria basata su fotocamere digitali per duplicare oggetti e restituirne copie intangibili, sottolinea la volontà di superare i limiti intrinseci di ciascun metodo preso singolarmente e di ottenere un modello virtuale più completo e accurato. Tuttavia, l'applicazione di tali strumenti in contesti archeologici o museali può presentare delle limitazioni e delle problematiche che richiedono un'attenta considerazione per preservare la scientificità delle operazioni. I limiti tecnologici e di dati rappresentano un'ulteriore aspetto focale, come nel caso di nuvole di punti acquisite con strumentazioni datate che possono presentare una densità insufficiente per le elevate risoluzioni richieste dalle piattaforme di virtualizzazione. Inizialmente, la capacità di acquisire modelli 3D puramente geometrici, trascurando il comparto informativo sui materiali costitutivi, definiva una limitazione significativa. Anche l'interoperabilità dei formati e la conservazione a lungo termine dei dati digitali emergono come problematiche tecnologiche non ancora pienamente risolte, con il rischio di obsolescenza degli stessi dati a causa della vetustà degli strumenti e dei formati di decodifica.

Altri limiti stanno nel fatto che la creazione di modelli virtuali - soprattutto di elevata qualità - comporta significativi costi e un impiego ingente di risorse in termini di *hardware*, diversi *software*, manutenzione e competenze specialistiche. Nonostante il potenziale dei gemelli digitali come contenitori informativi, spesso si riscontra una complessità quasi insormontabile nell'integrare in maniera robusta e sinottica informazioni dettagliate all'interno del modello navigabile, arrivando a compromessi che limitano la profondità dell'esperienza conoscitiva.

Un ulteriore aspetto analizzato riguarda le problematiche legate ai *software* utilizzati per la modellazione: inizialmente, infatti, le nuvole di punti unificate sono state inserite in *Graphisoft Archicad* 26, che ha permesso solo una visualizzazione alterata della cripta, rendendo impossibile una modellazione precisa. Per questa ragione, si è optato per il passaggio ai software Autodesk, nello specifico *Revit* 2025, che ha previsto la creazione di famiglie parametriche ricalcanti le Unità Stratigrafiche Murarie (USM) e di Rivestimento (USR) precedentemente classificate. Tuttavia, anche in questo caso sono emersi dei limiti sia nel "ricalco" di geometrie complesse e, soprattutto, nella perdita delle informazioni collegate agli elementi architettonici di base (murature, rivestimenti, decorazioni) in fase di esportazione. Questo svantaggio ha portato alla decisione di accantonare necessariamente il modello *Revit* a favore di quello generato con Metashape, già dotato di mesh e texture realistiche, per l'uso nelle piattaforme di virtualizzazione (*Unreal Engine* 5 e *Twinmotion* 2024).

Parallelamente, è stata esplorata la potenzialità della piattaforma online *Cesium ion*, (webGIS 3D), in cui è possibile sovrapporre geometrie all'ambiente di *Google Earth* tramite l'omonimo *plug-in* di U.E.5 Questa procedura, pur richiedendo risorse *hardware* significative per la visualizzazione e la navigazione in tempo reale (limite da non sotto-stimare), ha permesso di importare un ambiente virtuale realistico dell'area del Museo Regionale Accascina di Messina, predisponendo così un ambiente 3D avvolgente per accogliere il modello solido derivato dalle nuvole di punti. Infine, la spinosa questione dell'accessibilità tecnologica alle trasposizioni virtuali che può rappresentare un limite per gli utenti non esperti o svantaggiati, richiedendo spesso connessioni internet particolarmente performanti e non sempre disponibili.

Alla luce di tutto questo, sebbene la digitalizzazione e la modellazione virtuale del patrimonio culturale offrano evidenti opportunità spesso inedite per la didattica, la divulgazione e il turismo, è imperativo affrontare criticamente i limiti relativi all'accuratezza, alla tecnologia, ai costi e all'integrazione informativa per garantirne la validità scientifica e la fruibilità per un pubblico ampio ed eterogeneo. Tuttavia, il continuo affinamento delle metodologie e l'esplorazione delle potenzialità offerte dalle realtà alternative, come il Metaverso, rappresentano ormai direzioni percorribili per la futura valorizzazione del patrimonio culturale.

### 3.3.2 INFORMATIZZAZIONE DELLE RESTITUZIONI 3D: TRA STRUMENTO SCIENTIFICO E VALORIZZAZIONE VIRTUALE

La sempre crescente corsa alla trasformazione tecnologica nell'ambito delle scienze della conservazione architettonica e archeologica sta spingendo a determinare una radicale riconfigurazione delle pratiche interpretative, ove l'informatizzazione delle restituzioni tridimensionali si configura come modalità ermeneutica complessa di decostruzione e critica del costruito tangibile e virtuale. Tale processo di smaterializzazione innescava una frattura profonda nei confronti delle tradizionali metodologie di documentazione e analisi, proponendosi come un sistema dinamico che oltrepassa i confini disciplinari della rappresentazione, per rendersi capace di restituire le stratificazioni materiali e immateriali nascoste all'interno dei manufatti architettonici. Ciò inoltre implica un cambio netto di tendenza nell'ontologia tradizionale, ove la dimensione digitale diventa ambiente generativo di senso, sovvertendo le assodate pratiche conservative. In ottica di virtualizzazione del patrimonio culturale storico-archeologico, il gemello digitale si configura dunque come un dispositivo complesso che, oltre alla documentazione sempre più speditiva e inserita in archivi imperituri, si propone di rivelare oltre alle genealogie costruttive, anche le interconnessioni culturali, le trasformazioni strutturali e le dimensioni simboliche insite nei manufatti architettonici. L'informatizzazione delle restituzioni tridimensionali prodotte col progetto *Zancle transita in Messina* diviene pertanto un processo di ri-materializzazione conoscitiva che consente di esplorare dimensioni altrimenti inaccessibili, attivando modalità di fruizione e interpretazione che sovvertono i paradigmi tradizionali della conservazione a cui ci si è finora pedissequamente attenuti. In un ripensamento alquanto radicale delle procedure che attraversano i campi disciplinari dell'archeologia, dell'architettura, dell'informatica e delle tecnologie conservative, è stata generata una prospettiva multidisciplinare che assume il patrimonio costruito come un sistema dinamico e complesso di relazioni materiali e immateriali, storiche e contemporanee. La tecnologia digitale si pone quindi come ambiente generativo che plasma e ri-modella continuamente le percezioni cognitive, favorendone la comprensione e la divulgazione più estesa. In questo scenario, le restituzioni 3D prodotte diventano luogo effimero di critica e interiorizzazione delle memorie stratificate nei manufatti

archeologici. Aspetto cruciale per la comprensione delle potenzialità e delle sfide insite nell'applicazione delle tecnologie digitali al patrimonio culturale, come ampiamente esplorato nel progetto *Zancle transita in Messina* e nel caso studio del S. Salvatore dei Greci, è che l'informatizzazione delle restituzioni tridimensionali non dev'essere considerata solo come mero avanzamento tecnologico, ma come un processo complesso e sfaccettato che funge da ponte tra la rigorosa indagine scientifica e le innovative modalità di valorizzazione virtuale.

Sotto la lente dello strumento scientifico, l'informatizzazione delle restituzioni 3D rappresenta un aggiornamento metodologico sostanziale per l'archeologia dell'architettura e delle tecniche costruttive. Nell'ultimo decennio, attraverso l'impiego nei cantieri archeologici di tecniche di rilievo digitale avanzate come il *laserscanner* e la fotogrammetria terrestre, è stato già possibile archiviare una quantità elevatissima di dati geometrici e cromatici con un grado di precisione metrica sempre maggiore. Infatti proprio la fase di acquisizione costituisce la base per la creazione di modelli tridimensionali che mirino alla rappresentazione il più fedele possibile della realtà fisica. Quel passo in più che i modelli 3D così ottenuti dovrebbero contenere, in campo archeologico, si configurano come una contestuale documentazione accurata e permanente dello stato di conservazione di siti, architetture e manufatti, sia essi ancora esistenti, parzialmente conservati o ricostruiti virtualmente a partire da evidenze storiche e archeologiche. Questa documentazione tridimensionale proprio perché non statica, può essere interrogata e analizzata a diversi livelli di dettaglio, fornendo agli specialisti uno strumento potente per lo studio diacronico e sincronico del patrimonio culturale. Inoltre, la creazione di gemelli digitali permette di disporre di repliche virtuali che possono essere utilizzate in sede di tutela, da parte degli organi e delle professionalità preposte, per monitorare il degrado, pianificare interventi conservativi e persino simulare l'impatto di diverse strategie di restauro senza intervenire direttamente sugli originali. La predisposizione di un archivio digitale dettagliato e interattivo del patrimonio archeologico rappresenta uno strumento fondamentale per la preservazione digitale, così come l'integrazione dei modelli 3D in sistemi GIS arricchiti, come quello sviluppato a partire dal progetto doCGIS1908, consente una correlazione spaziale e temporale di dati eterogenei.

Come detto, è possibile sovrapporre cartografie storiche georeferenziate, rilievi archeologici, dati archivistici e iconografici ai modelli tridimensionali, creando un sistema informativo territoriale multidimensionale che integra la dimensione storico-archeologica con quella geografica contemporanea. Ciò permette di elaborare analisi complesse, identificare correlazioni multilivello e generare nuove chiavi interpretative attraverso lo studio delle relazioni tra i diversi elementi del sistema. Il progetto *Zancle transita in Messina* si inserisce organicamente in questo contesto, contribuendo al *data enrichment* del sistema informativo territoriale dedicato alla città dello Stretto, mentre l'adozione di approcci H-BIM permette di sviluppare modelli tridimensionali arricchiti di informazioni semantiche relative ai materiali costruttivi, alle tecniche edilizie e alle fasi storiche. Modelli che non sono semplici visualizzazioni geometriche, ma veri e propri contenitori informativi che consentono un'analisi tecnica e costruttiva approfondita, essenziale per la ricerca, la pianificazione di interventi conservativi e la gestione del patrimonio edilizio esistente, specialmente se storico e vincolato. Purtroppo, la non ancora perfetta conversione di modelli H-BIM in formati esplorabili e informativi in realtà virtuale, dimostra la potenzialità futura di questo approccio per la divulgazione e l'accessibilità. La questione dell'interoperabilità dei formati tra diverse piattaforme e software è un altro tallone d'Achille non trascurabile, a cui si vuole far fronte lavorando allo sviluppo di standard e normalizzazioni per facilitare la condivisione e il riutilizzo dei modelli 3D senza perdita di dati o metadati. Parallelamente alla sua funzione di strumento scientifico, l'informatizzazione delle restituzioni 3D si rivela un motore fruibile per la valorizzazione virtuale del patrimonio culturale: la creazione di repliche digitali tridimensionali rende accessibile a un pubblico globale ciò che è fisicamente inaccessibile, sommerso, obliato o perduto, attraverso piattaforme 3D interattive e immersive, fruibili su diversi dispositivi (mobili, web, visori VR/AR/MR) senza la necessità di software specializzati o competenze eccezionali. Questo è un modo economico e abbastanza semplice per superare le barriere fisiche e cognitive, che troppo spesso limitano l'accesso al patrimonio culturale. La smaterializzazione dei luoghi, unita alla disponibilità delle informazioni correlate in *open access*, emerge come la soluzione più efficace ed economicamente sostenibile per la fruibilità alternativa,

delocalizzata e immersiva del patrimonio archeologico. La possibilità di navigare virtualmente all'interno di ricostruzioni tridimensionali, come il prototipo del Metaverso di Messina nella zona Annunziata presso il Museo Accascina, o di interagire con modelli 3D in ambienti di realtà virtuale, aumentata o mista, consente di creare esperienze di fruizione coinvolgenti e mirate a scopi ben precisi (didattici, professionali, turistici, accessibilità, studio e conservazione, etc.). La creazione del gemello digitale del S. Salvatore all'interno del contesto museale a sua volta replicato virtualmente e arricchito da informazioni dettagliate e contestuali, si propone come una risorsa didattica e divulgativa di grande efficacia sia in ambienti scolastici che negli spazi espositivi che diventano interattivi. Gli stessi possono essere utilizzati per raccontare storie, illustrare relazioni e facilitare la comprensione del contesto storico, artistico o culturale dei beni virtualizzati.

### 3.3.3 DALL'H-BIM AL METAVERSO PASSANDO ATTRAVERSO LE REALTÀ VIRTUALI

In ultimo occorre analizzare le opportunità e gli ostacoli emersi nel processo di trasposizione della ricchezza informativa intrinseca ai modelli H-BIM all'interno di ambienti virtuali immersivi e interattivi.

L'evoluzione tecnologica contemporanea ha progressivamente decostruito i tradizionali paradigmi della rappresentazione spaziale, innescando una metamorfosi complessa che travalica i confini disciplinari della conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale e della connessa comunicazione digitale. In particolare, l'*Heritage Building Information Modeling* si configura come un punto di snodo cruciale in questo processo di transizione tecnologica, rappresentando un innovativo approccio volto a superare con larga misura - senza necessariamente soppiantarla - la mera documentazione bidimensionale per abbracciare una concezione multidimensionale e dinamica del costruito storico, dal "minore" a quello di valore culturale sottostante o meno a vincolo. Lo strumento digitale prodotto in questa sede, infatti, consente di integrare dati geometrici, storici, strutturali e conservativi all'interno di un modello computazionale, navigabile in tempo reale, che restituisce una comprensione olistica degli ambienti architettonici, permettendo una valorizzazione più ampia ma anche più precisa e contestualizza-

ta verso il pubblico a cui si rivolge. Le successive realtà virtuali hanno ulteriormente dilatato questo orizzonte epistemologico, trasformando la dimensione digitale da strumento di rappresentazione a spazio autonomo di esperienza e percezione. Mediante tecnologie immersive sempre più sofisticate, quali visori stereoscopici, sistemi di *motion tracking* e interfacce aptiche, gli ambienti virtuali hanno progressivamente eroso la dicotomia tra reale e simulato, offrendo esperienze sensoriali di crescente complessità e verosimiglianza. Il Metaverso rappresenta l'approdo più avanzato di questa traiettoria tecnologica, configurandosi non come una mera piattaforma digitale, bensì come un ecosistema esistenziale ibrido dove le coordinate spazio-temporali si liquefanno, dove l'identità diviene fluida e performativa, e dove le pratiche sociali, economiche e relazionali si ri-configurano secondo logiche di interconnessione globale e immediata. In questo scenario di progressiva dematerializzazione, l'esperienza umana muta in un processo dinamico e non lineare, dove i confini tra corpo fisico e proiezione digitale, tra soggettività individuale e collettiva, tra locale e globale divengono sempre più labili e negoziabili. La tecnologia non si pone più come strumento esterno, ma come ambiente generativo che plasma e ri-modella continuamente le nostre coordinate percettive e cognitive, innescando una ridefinizione radicale dei concetti di spazio, tempo, identità e relazione.

Nel contesto specifico del complesso monastico del SS. Salvatore dei Greci, l'adozione della metodologia H-BIM ha disvelato il suo valore nella creazione di una rappresentazione digitale stratificata e dettagliata delle vestigia archeologiche, acquisendo non solo la documentazione dello stato di conservazione attuale, ma anche la potenziale ricostruzione virtuale delle sue fasi evolutive, arricchendo le prospettive di una fruizione immateriale del patrimonio culturale. Tuttavia, come accennato precedentemente, la predisposizione alla transizione dall'H-BIM verso gli ambienti virtuali ha posto in luce limitazioni di carattere tecnico e specificatamente di mancata interoperabilità. Inizialmente, la modellazione HBIM tipologica per gestire informazioni dettagliate sulle tecniche costruttive e i materiali originali della chiesa è stata realizzata in *Archicad* 26, programma BIM che ha fatto emergere il limite intrinseco nell'importazione di nuvole di punti di elevata densità (superiori a 280 milioni di punti) ha reso necessario il passaggio a Revit 2025.

Sebbene vi fosse la disponibilità di un *plug-in* di connessione tra *Revit* e *Unreal Engine*, le informazioni relative alle Unità Stratigrafiche Murarie e di Rivestimento non sono state rese disponibili in fase di esportazione. In ragione di tali restrizioni e della conseguente perdita di questi metadati semantici, che avrebbe compromesso la valenza informativa del modello all'interno dell'ambiente virtuale, riducendolo a una mera rappresentazione geometrica, si è presa la decisione pragmatica di abbandonare temporaneamente la piena implementazione dell'H-BIM per la predisposizione al Metaverso, optando per l'impiego del modello già elaborato in *Metashape*, dotato di *mesh* poligonali e *texture* realistiche, basato sul rilievo fotografico e geometricamente rettificato grazie al *laserscanner*, sebbene privo della struttura informativa parametrica tipica di un modello parametrico. Si è quindi dovuto preferire un modello visivamente rappresentativo e navigabile in un ambiente virtuale, seppur con informazioni limitate, piuttosto che un modello BIM ricco di dati ma non trasferibile in modo completo e funzionale per l'esperienza immersiva desiderata.

Nonostante tali difficoltà tecniche, la finalità ultima rimane la predisposizione di questi modelli tridimensionali per il Metaverso, inteso come un ambiente virtuale immersivo e interconnesso capace di offrire inedite modalità di interazione e comprensione del patrimonio culturale, pur nella sua attuale fase di definizione e sviluppo come spazio virtuale unitario e onnicomprensivo, rappresenta una frontiera sicuramente promettente per l'ambito didattico, culturale e turistico. Per tale ragione il superamento di questi limiti informatici - che quindi esulano da questa trattazione - per garantire il trasferimento di modelli HBIM dettagliati nel Metaverso consentirebbe di superare la mera visualizzazione geometrica, integrando le informazioni stratigrafiche, materiche e storiche, già interne al database creato per *Zancle transita in Messina* e per il S. Salvatore dei Greci, dentro scenari virtuali navigabili e interattivi. In particolare, attraverso la realtà virtuale, qui basicamente realizzata in *Twinmotion*, i fruitori potrebbero immergersi nelle ricostruzioni virtuali del SS. Salvatore dei Greci, sperando in prima persona gli spazi e le architetture pluristratificate e modificate nel tempo, incluse quelle non più esistenti. In un'ottica più ampia, l'integrazione con la realtà aumentata permetterebbe la sovrapposizione di contenuti digitali e ricostruzioni virtuali sovrapponibili o giustapponibili alle vestigia reali custodite all'interno del Museo Regionale di Messina, ar-

ricchendo così anche l'esperienza di visita in situ. Infine la realtà mista potrebbe ulteriormente sfumare il confine tra dimensione fisica e virtuale, offrendo esperienze ibride in cui elementi reali e virtuali interagiscono sinergicamente e l'utenza con queste.

Tuttavia, è imprescindibile riconoscere che la transizione dal modello H-BIM al Metaverso, mediata dalle realtà virtuali, presenta insieme alle opportunità, anche limiti significativi. In primis, la mancanza di standardizzazione e interoperabilità tra le diverse piattaforme software in questa sede testate e stressate nei limiti delle competenze e delle conoscenze personali di chi scrive, continua a rappresentare un considerevole ostacolo per lo scambio di dati e metadati. A loro volta, le attuali piattaforme metaversali spesso non dispongono di un sistema robusto e integrato per l'incorporazione di informazioni dettagliate, limitando la profondità dell'esperienza educativa e la comprensione del contesto storico e culturale.

È altresì necessario individuare un equilibrio tra la ricchezza informativa e la preservazione dell'immersività e dell'esperienza estetica all'interno degli ambienti virtuali. Rimangono inoltre aperte le questioni inerenti all'accessibilità e al divario digitale, al fine di garantire che la fruizione del Metaverso e delle realtà virtuali non sia circoscritta a utenti con competenze specialistiche e dotazioni hardware costose, motivo per cui potrebbero essere gli stessi luoghi di cultura e, in questo caso il Museo, a dotarsi della strumentazione minima per una fruizione aggiornata alle richieste e necessità della "nuova" utenza.

Anche in virtù di tutte le suddette limitazioni, però, la predisposizione del modello tridimensionale del SS. Salvatore dei Greci alla "metaversione" rappresenta un primo passo verso la creazione di un "gemello digitale peculiare" di un sito archeologico di rilevanza storica. L'obiettivo primario è stato infatti quello di superare la digitalizzazione bidimensionale e offrire un'esperienza multidimensionale e ricca di informazioni, in linea con le potenzialità del Metaverso come futuro spazio per l'apprendimento, la divulgazione e il turismo culturale. In quest'ottica, ci si auspica che il lavoro futuro sarà orientato all'ottimizzazione dei modelli virtuali e all'integrazione di una maggiore quantità di informazioni semantiche, con la prospettiva di una loro piena fruizione in contesti immersivi e interattivi disponibili in più luoghi, anche immateriali (web), e liberi per tutti, come dovrebbe essere la cultura e il Patrimonio Culturale mondiale.

### Note 3

- <sup>1</sup> La semantica scelta per i gradi gerarchici sono state: macrolemma, lemma, sezione e successive sottosezioni.
- <sup>2</sup> Sez. Ufficio Espropriazioni (ASC-Me/USE-IV)
- <sup>3</sup> La schedatura digitale è stata effettuata dalla dott. Ing. Alessandra Cernaro con l'ausilio del programma Archimista.
- <sup>4</sup> Le prospezioni archeologiche effettuate negli anni, nell'arco cronologico che va dal post sisma 1908 alla contemporaneità, sono avvenute per lo più in emergenza, ossia in concomitanza di scavi fondali per le nuove costruzioni di Messina. Ciò ha creato una documentazione approfondita per lo più puntuale, definibile “a macchia di leopardo”, e ancora poco armonizzata in ottica urbana. In questo gap - soprattutto digitale – si è inserito il presente studio, che ha spaziato nei secoli per diventare un compendio virtuale di stratificazione storico-architettonica.
- <sup>5</sup> Definita Μεγάλη Ελλάς, ossia Megálē Hellàs, per la prima volta da Polibio (ibid. II, 39, 1)
- <sup>6</sup> Da ζάγκλον che in dialetto siculo significava “falce” (Tucidide 6, 4, 5-6)
- <sup>7</sup> Citato nell'incipit della sua Messina Nobilissima il Buonfiglio (ibid. 1606 p.5),
- <sup>8</sup> Πήγιον (Reaum) colonia fondata in compartecipazione con Zancle dagli stessi coloni greci provenienti da Calcide di Eubea (Diod., VIII, 23). Il nome deriverebbe dal verbo Πήγνυμι (spezzare), come a riferirsi all'evento sismico che determinò la frattura tra i due lembi di terra e la conseguente creazione dello Stretto (*fretum siculum*).
- <sup>9</sup> Antonio Salinas di Fabrizio Vistoli, in Dizionario Biografico degli Italiani - Volume 89 (2017) [fonte: [https://www.treccani.it/enciclopedia/antonino-salinas\\_\(Dizionario-Biografico\)/?search=SALINAS%2C%20Antonino%2F](https://www.treccani.it/enciclopedia/antonino-salinas_(Dizionario-Biografico)/?search=SALINAS%2C%20Antonino%2F), ultimo accesso marzo 2025]
- <sup>10</sup> Francesco Valenti di Carmen Genovese, in Dizionario Biografico degli Italiani - Volume 97 (2020) [fonte: [https://www.treccani.it/enciclopedia/francesco-valenti\\_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/francesco-valenti_(Dizionario-Biografico)/), ult. Acc. marzo 2025]
- <sup>11</sup> Paolo Orsi di Irene Calloud, in Dizionario Biografico degli Italiani - Volume 79 (2013) [fonte: [https://www.treccani.it/enciclopedia/paolo-orsi\\_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/paolo-orsi_(Dizionario-Biografico)/), u.a. marzo 2025]
- <sup>12</sup> Vito Amico registra una chiesetta dedicata a S. Nicolò – per la quale la falce era chiamata S. Nicola prima che S. Raineri – ove poi Ruggero II avrebbe fondato il cenobio per i monaci basiliani (Amico 1856).
- <sup>13</sup> In alcuni documenti latini la penisola è definita Lingua sancti Nicolai (Von Falkenhausen 2018).
- <sup>14</sup> Ovvero il 6630 (Cod. Mess. Gr. 115 f. 16v., contenente il *Typikon*) secondo la periodizzazione bizantina che colloca la creazione del mondo nell'anno 5509 a.C.
- <sup>15</sup> Luglio 6640, con diploma di fondazione del 6639 (1131) e regole dettate da Ruggero II (Von Falkenhausen 2018).
- <sup>16</sup> Mentre Gallo riporta che Pirro indica il 1177 in cui fu consacrato il Tempio Archimandritale, tempo in cui Fra Gibellino fu gran Priore dei Cavalieri Gerosolimitani a Messina (Gallo C.D. 1758, Lib. I, p.49.)
- <sup>17</sup> La vita del santo è un apografo in greco copiato da un monaco calabrese di Rossano (forse Philagato).
- <sup>18</sup> Figlio di Ruggero I, re di Sicilia tra il 1130 e il 1154)
- <sup>19</sup> “O Igùmeno: Tra i monaci greci, la carica corrispondente a quella di abate presso i latini; si distingue dal categùmeno (o catigùmeno), in quanto questi è capo di un monastero di vita semicenobitica (es. in una Laura). Eletto a vita dai monaci, l'e. è confermato dall'autorità ecclesiastica da cui il monastero dipende.” (Enciclopedia Treccani online: <https://www.treccani.it/enciclopedia/egumeno/> consult. 22.10.2024)
- <sup>20</sup> “Al capo di questo lido torto, è la Chiesa, e convento dei Monaci di S. Basilio, chiamato San Salvatore, al qual convento fu dato titolo di Badia da Ruggiero Normanno, Conte di Sicilia, e dal re Ruggiero suo figliolo” (Fazello, 1573)
- <sup>21</sup> Sede di eruditi e copisti. “Nel Medioevo, il locale dei monasteri nel quale era organizzata ed eseguita l'opera di trascrizione dei codici. Lo s. era di solito collocato nella biblioteca o attiguo a essa, vi era prescritto il silenzio e vi potevano accedere solo i superiori, il bibliotecario e i copisti.” (Enc. Treccani online: [https://www.treccani.it/enciclopedia/scriptorium\\_\(Dizionario-di-Storia\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/scriptorium_(Dizionario-di-Storia)/) consult. 22.10.2024)
- <sup>22</sup> Nel settembre 1130 ad Avellino Ruggero giura fedeltà al Papa
- <sup>23</sup> Struttura giuridica simile al monastero imperiale di Bisanzio (Von Falkenhausen, 2018).
- <sup>24</sup> Mentre gli altri capi sottostanti erano solo egumeni, a netto contrasto con lo statuto della Chiesa d'Oriente.
- <sup>25</sup> Libro canonico che racchiude l'ordinamento e lo stato giuridico del Monastero o dei Monasteri a cui si riferisce. Quello di Luca fa parte della classe del monastero di S. Maria di Mili (Vat. Gr. 1877 del 1292; in Scaduto 1947)
- <sup>26</sup> Metochia: μετόχιον (metókhion), un insediamento monastico subordinato a un monastero indipendente più grande.
- <sup>27</sup> Poi traslata a Palermo e infine in Spagna (Scaduto 1947)

<sup>28</sup> “[...] pellocché risolse toglier di là il Monistero e unire alla gran torre antichissima, detta di S. Anna (che vi è nella punta del braccio edificata dal Conte Ruggieri) il resto della Fortezza; come fece, chiudendo nel sito di essa tutto il Monistero e la Chiesa antica, quale lasciò in piedi, ed invece di quello fece che si desse principio di edificare un altro Monisterio nell’amenissima spiaggia del Peloro, un miglio e poco più distante dalla città”. (Gallo 1756, p. 238).

<sup>29</sup> “Si ritirarono per all’hora nel Monasterio e Chiesa d’onde poco dinanzi partite si erano le Monache della Madonna della Misericordia, nella contrada delle Moselle, hoggi detta Terranuova, non lungi dal Baluardo di D. Blasco.” (Samperi 1644, p. 587). “era Basilica assai sontuosa, abbellita a maraviglia da Ruggieri Secondo e primo Rè di Sicilia, ornata di uno splendidissimo pavimento di varie e mischie pietre, serpentine, diaspri, agate, formando diverse figure di pavoni, uccelli e altri animali con maraviglioso artificio lavorati. Era la Cupola maggiore tutta adorna di figure con finissimo mosaico adoro. Vedevansi anche un partimento fra la Nave & il Choro, ove i Monaci officiavano, assai ricco di bellissime tavole di marmo intarsiate di porfidi, serpentine, diaspri e mosaico di diversi colori, con figure a maraviglia espresse; & era una delle segnalate memorie di Sicilia. [...]” (Samperi 1644 p. 588)

<sup>30</sup> Il Buonfiglio colloca l’avvenimento più genericamente nel 1550 (Buonfiglio 1606, p. 11)

<sup>31</sup> “[...] Templum S. Salvatoris opus vetustissimum Rogerii primi Siciliae Regis summo artificio tessellatum & musivo opere fabrefactum corruerit” (Samperi 1742, p.534) trad. dell’autr: “[...] È crollato il tempio di San Salvatore, la più antica opera di Ruggero primo re di Sicilia, tassellato con somma maestria e lavorato a mosaico.”

<sup>32</sup> 7 luglio 1866 Legge sull’everione dei beni ecclesiastici. Da fonte locale si evince che, tra le strutture religiose richieste dal Comune di Messina per sé, vi era anche il convento di S. Salvatore dei Greci per ospitare truppe militari di passaggio o da adattare a ospedale in caso di nuove epidemie (Gerardo Rizzo annali della città di Messina 1862 1885 del 2007), così come i conventi dei villaggi da destinare a scuole o sedi dislocate della Guardia di Finanza.

<sup>33</sup> Silvestro Maurolico, nipote del più noto Francesco, denuncia ruberie e sottrazioni, perpetrate ai danni della pregevole collezione basiliana custodita a Messina, che vanno ben oltre le fisiologiche perdite dovute alle calamità naturali.

<sup>34</sup> Su delibera comunale dell’agosto 1870. Il Comune propose altresì di ampliare il Museo Peloritano, mediante lo stanziamento di fondi, eseguendo a tappeto la raccolta di libri e manoscritti provenienti dalle sopresse Corporazioni Religiose (Rizzo 2007).

<sup>35</sup> Di tutto ciò non rimane nulla, se non le notizie di qualche reperto archeologico ritrovato casualmente dove era sopravvissuta una parte della chiesa dopo che Carlo V sostituì il complesso monastico con le sue fortificazioni nel XVI secolo (Scaduto 1947).

<sup>36</sup> Una tale ricchezza venne nel tempo dilapidata, soprattutto dagli abati commentari, perduta o dispersa in tutta Europa. Di tutto il corpus, solo 135 in pergamena si conservano a Messina (Scaduto 1947) presso la Biblioteca Regionale Universitaria “G. Longo”.

<sup>37</sup> Si ringrazia l’Archivio del MuMe, la dott.ssa Stracuzzi e il direttore Arch. Micali, per l’opportunità di consultazione del faldone contenente copia delle planimetrie in grande formato e degli scatti eseguiti in situ durante le operazioni di scavo e rinvenimento esclusivamente della Chiesa del S. Salvatore.

<sup>38</sup> Si ringraziano i componenti del LAB6R, proff. Fabio Todesco e Alessio Altadonna insieme con la dottoranda Arch. Alessia Chillemi, per la strumentazione e l’aiuto forniti nelle fasi di rilievo e post-processamento.

<sup>39</sup> Attivo a Messina fra il 1792 e il 1841 (fonte web: <http://www.istitutomatteucci.it/dizionario-degli-artisti/minaldi-carlo-maria>)

<sup>40</sup> La maggior parte della cartografia storica si ferma ai torrenti Boccetta (mura cinquecentesche), Giostra o San Francesco di Paola (tra seicento e ottocento) escludendo la cosiddetta Riviera del Ringo in quanto zona periurbana.

## Capitolo 4 Discussione e conclusioni

La dissertazione ha indagato in profondità le metodologie e gli strumenti atti alla digitalizzazione del patrimonio culturale materiale e immateriale, prendendo come caso pilota a scala urbanistica la città di Messina per concentrarsi sulle persistenze archeologiche di un solo edificio, con l'obiettivo precipuo di trascendere la tradizionale rappresentazione bidimensionale e sperimentare approcci integrati e alternativi per la fruizione e la conoscenza di beni culturali sommersi, obliati o fisicamente perduti, la cui memoria tuttavia permane nel ricco serbatoio di fonti cartacee e analogiche conservate in diversi archivi e nelle fonti editate ed inedite prodotte a vario titolo e scopo nel tempo. In particolare, l'iter di ricerca ha rivelato un panorama di potenzialità, imbattendosi anche in alcuni limiti intrinseci alla digitalizzazione del patrimonio culturale specificatamente tarato sull'applicazione a contesti urbani complessi come Messina e a testimonianze storico-archeologiche di particolare rilevanza, come la chiesa del San Salvatore dei Greci. La sperimentazione condotta attraverso l'adozione di piattaforme GIS arricchite, di tecniche di modellazione 3D e di approcci HBIM ha permesso di sondare nuove applicazioni integrate di metodologie, alcune largamente studiate e consolidate in questi ambiti scientifici, per la conoscenza, la conservazione e la fruizione dei Beni Culturali, evidenziando al contempo sfide metodologiche ed esecutive che meritano e necessitano di una riflessione approfondita. Nello specifico, il percorso dottorale si è orientato a fornire un ulteriore contributo ingegneristico nel solco dell'archeologia dell'architettura, in ottica di applicazione tecnologica per la divulgazione e l'accessibilità alla fruizione culturale, al consolidato ambito della ricerca documentaria, archivistica e architettonica sulle vestigia antiche ancora presenti in varie forme nel tessuto urbano di Messina, un'attività già intrapresa in sinergia con il Laboratorio di Studi doCme1908 fin dalla sua istituzione. A partire dal vasto patrimonio di conoscenza, edito e soprattutto inedito, che organi di ricerca e istituzioni culturali continuano incessantemente ad accumulare e tramandare, si sono proposte modalità spenditive, economiche e agevolmente accessibili a un'utenza diversificata per la consultazione, lo studio multidisciplinare, la ricostruzione e la divulgazione della memoria storica di Messina, dalla sua antica fondazione fino alla contemporaneità. Si

è infatti constatato come la difficoltà o l'impossibilità di accesso ai dati renda spesso "settoriali" specifici aspetti della conoscenza e, soprattutto, minacci la tutela e la conservazione della memoria identitaria cittadina. In tale contesto, la smaterializzazione dei luoghi, unitamente al complesso di informazioni utili alla loro comprensione e alla conoscenza di ciò che conservano, sopra e sottoterra, emerge come una prospettiva da perseguire, poiché in grado di rendere l'accessibilità potenzialmente totale per qualsiasi bacino di utenza, indipendentemente dalla sua collocazione geografica.

Per attuare tale visione, la ricerca si è articolata in tre fasi principali, focalizzate rispettivamente sulla conoscenza e la memoria. La prima esplicitasi nella ricerca delle fonti archivistiche, letterarie, storico-archeologiche, grafiche, cartografiche e multimediali necessarie alla propeudeutica documentazione per la successiva schedatura e collegamento alle elaborazioni virtuali; la seconda sulle metodologie adottate per le elaborazioni bidimensionali, seguendo l'impronta del progetto GIS primigenio sviluppato in seno al Laboratorio di Studi docMe1908, ma con una profonda evoluzione e ulteriori ampliamenti cronologici e tematici, al fine di creare una base unitaria per gli studi urbanistico-documentali riguardanti non solo la Messina pre- e post-sismica dell'ultimo secolo, ma soprattutto le configurazioni urbane durante i periodi storicamente rilevanti tra il massimo splendore e i flagelli naturali quanto antropici. Infine la terza si è focalizzata sulle metodologie adottate per le restituzioni tridimensionali, intraprendendo un lavoro di modellazione sia in termini tipologici che, soprattutto, nell'ottica dello sviluppo di metodologie di ibridazione, quali lo *scan to H-Bim* predisposto per il Metaverso, al fine di rendere le informazioni fondamentali (contenute nativamente o sviluppate ad hoc nei database BIM) fruibili anche alla fascia più tecnica di utenti per la conservazione, il restauro e qualsiasi intervento programmabile sull'edilizia esistente, specialmente se storica e vincolata.

L'adozione di una piattaforma geografica *open source* come QGIS ha rappresentato una scelta perentoriamente volta a garantire la massima accessibilità al lavoro sin qui svolto, lasciando adito a prosecuzioni future, in linea con gli obiettivi di valore aggiunto e impatto socioeconomico, nonché di promozione della ricerca quanto più inclusi-

va possibile, auspicati e programmati nell'Agenda 2030. In particolare, nel contesto della digitalizzazione 2D attraverso l'implementazione di un database geospaziale in ambiente QGIS, si è constatata e quindi sfruttata la possibilità di integrare fonti eterogenee, spaziando dalla cartografia storica ai rilievi archeologici, dalle fonti archivistiche a quelle iconografiche, che non ha solo consentito di ricostruire la complessa stratificazione urbana di Messina, ma anche offerto una visione diacronica delle trasformazioni del tessuto edilizio e viario. La possibilità di creare un database storico-documentale interno alla piattaforma geografica 2D, richiamabile tramite schede multi-campo collegate ai singoli oggetti digitalizzati, consente di corredare questi ultimi di una serie di metadati altrimenti difficilmente associabili da programmi esterni e contestualmente consultabili. Ciò, avvalendosi del contributo multidisciplinare di fonti documentali, grafiche, fotografiche e tridimensionali, ha permesso di superare la visione frammentata della storia urbana a cui si è spesso obbligati, favorendo una comprensione più articolata e stratificata delle trasformazioni che hanno interessato Messina nel corso dei secoli. Indiscutibilmente la flessibilità di correlare dati di diversa natura all'interno di un unico sistema informativo territoriale ha rappresentato un evidente vantaggio nel superare la "tradizionale" compartimentazione disciplinare e favorendo una lettura integrata dei fenomeni storici, urbanistici e socioculturali, tuttavia, non è stato esente da alcuni limiti. Uno tra tutti la reperibilità e l'affidabilità delle fonti, che costituiscono un aspetto critico, soprattutto per le epoche più remote, ove la frammentarietà è difficile da sanare in tempi brevi o le interpretazioni possono risultare parzialmente discordanti se non totalmente divergenti. Un esempio emblematico è quello riferibile all'analisi critica della documentazione relativa all'origine di Messina, che ha evidenziato la complessa interazione tra mito e storia, un confine labile e frastagliato su cui si è disquisito per secoli. Echi sottili di storia, tra le righe intrise di metafore emerse da iperbolici racconti, hanno richiesto un'estesa indagine bibliografica e archivistica di confronto, comportando non poche incursioni interdisciplinari in ambiti quali la letteratura antica, la storiografia e l'archeologia. Questa contaminazione metodologica si è rivelata essenziale per la costruzione di un quadro interpretativo complesso e scientificamente rigoroso dei tempi più arcaici della città, successivamente basata sull'analisi sistematica delle fonti antiche tradite, con particolare attenzione ai periodi greco, ellenistico, ro-

mano e medievale. Si è privilegiato l'esame diretto delle testimonianze degli storiografi e scrittori contemporanei alle epoche investigate, considerando tali fonti come documentazioni primarie fondamentali per la ricostruzione del contesto storico-urbanistico, mentre l'approccio filologico ha consentito di sviluppare una lettura critica delle testimonianze storiche, valutandone l'attendibilità e la rilevanza nel quadro più ampio della ricostruzione cronologica urbana. Inoltre, la convergenza tra fonti letterarie e documentazione archeologica ha permesso di ricostruire una sequenza cronologica degli eventi sismici che hanno interessato l'area in età antica, evidenziando come questi accidenti abbiano influenzato l'evoluzione urbanistica e architettonica delle *facies* di Messina. I rilievi di scavo, soprattutto se dotati di catalogazione delle Unità Stratigrafiche riconosciute nelle fasi di indagine archeologica, sono stati sovrapposti in QGIS alle cartografie catastali sette- e ottocentesche, fondamentali per ricostruire la conformazione di peculiari aree a cavallo dei due terremoti più disastrosi (1783 e 1908), e confrontati con l'apparato iconografico a disposizione per colmare le lacune temporali delle specifiche carte tecniche. Per tale ragione si è focalizzata l'attenzione su alcuni edifici significativi, come la chiesa di San Giacomo Apostolo, il Palazzo del Governo e l'Arcivescovile, la cui analisi delle testimonianze storiche e storiografiche locali e delle notizie archeologiche hanno permesso di ricostruire le diverse fasi di ampliamento e modifica dall'antichità (livelli romani e medievali) al giorno d'oggi.

Intuibilmente, però, è chiaro che la precisione della georeferenziazione di mappe o altri documenti storici su cartografie contemporanee può presentare margini di incertezza imputabili alla sensibilità degli strumenti e alle relative bontà dei dati prodotti di epoche diverse o a descrizioni generiche, tutti aspetti che influenzano la accuratezza delle ricostruzioni spaziali. In questa cornice procedurale, la porzione 2D del progetto *Zancla trànsita in Messana* si è inserito come esempio emblematico di questa evoluzione, perseguendo l'obiettivo di creare peculiari layers arricchiti di dati "informati" degli strati più antichi della città, interamente digitalizzati su piattaforma geografica per poi traslarne alcune parti in gemelli digitali 3D. Lo studio si è quindi proposto di analizzare l'applicabilità e il futuro di questo progetto, esplorando le sue potenzialità – e di conseguenza i limiti – in termini di metodologia interdisciplinare applicata all'archeologia dell'architettura, alla conservazione del patrimonio e alla divulgazione scientifica su più livelli.

Parallelamente all'analisi documentale, si è proceduto all'esplorazione delle potenzialità offerte dai mondi virtuali, scientificamente validi, nell'ambito dell'archeologia dell'architettura e delle tecniche costruttive, con l'obiettivo primario di creare un'esperienza sensoriale quanto più verosimile, restituendo visivamente dati risultanti da ricerche rigorose attraverso un canale di formazione e divulgazione culturale. Nonostante i pregiudizi che talvolta relegano la tecnologia emergente a mero intrattenimento, il potenziale del Metaverso per la didattica, la cultura e il turismo è significativo e passa attraverso esperienze di insegnamento, di formazione in remoto, di visite culturali e turistiche, tant'è vero che il campo di applicazione delle realtà alternative in quest'ambito, seppur ancora poco battuto, si presenta in repentina crescita, con significative sperimentazioni in complessi museali.

Attraverso l'analisi approfondita del caso di studio, si sono discussi i punti di forza espliciti ed esplicabili del metodo proposto, valutando al contempo l'incidenza e la mitigazione delle carenze o dei fallimenti emersi in questo contesto specifico. Sebbene la maggior parte dei casi studio analizzati in letteratura non facciano ancora parte di un Metaverso globale, uno degli aspetti negativi relativo agli ambienti interamente avvolgenti è che spesso mancano del livello di immersione e interattività che caratterizzerebbe un vero ambiente metaversale. Inoltre, la maggior parte delle esperienze completamente immersive finora sviluppate tendono a focalizzarsi separatamente sull'aspetto estetico oppure educativo e divulgativo, senza prevedere o collegare un apparato robusto e integrato che arricchisca di informazioni il gemello digitale. Proprio per questo, si è tentato un approccio più olistico nello sviluppo di esperienze VR per i luoghi di cultura, sottolineando quanto sia doveroso trovare un equilibrio tra la ricchezza informativa e la preservazione dell'immersività volta all'esperienza estetica. La virtualizzazione *Zancla transita in Messina* si inserisce, infatti, in questo contesto come esempio emblematico, mirando a creare un gemello digitale peculiare tra quelli degli strati antichi della Messina più volte distrutta. In relazione al suddetto progetto, l'innovazione principale risiede nell'aver integrato in maniera organica le potenzialità della digitalizzazione 2D e 3D all'interno di un sistema GIS arricchito. Infatti, l'approccio multifase ha consentito di restituire un apparato informativo complesso e pluridimensionale, in cui la ricchezza del patrimonio documentale è stata correlata spazialmente e temporalmente, offrendo nuove prospettive

per lo studio e la comprensione dell'evoluzione urbana di Messina. Per mezzo di questa "metodologia catalografica arricchita" si è stati in grado di stabilire interconnessioni significative tra documenti di natura eterogenea, superando la compartimentazione disciplinare e favorendo una lettura trasversale e integrata dei fenomeni storici, urbanistici e socioculturali. Ulteriore elemento di innovazione è rappresentato dal focus specifico sulla stratigrafia urbana meno approfondita, con particolare attenzione al caso studio della chiesa del San Salvatore dei Greci; la scelta di concentrare l'analisi su un'area delimitata del tessuto urbano, analizzandone in profondità le trasformazioni attraverso i secoli, si può intendere e configurare come un approccio "microstorico" teso a sviluppare analisi e protocolli operativi validati su scala ridotta, con la potenzialità di essere poi estesi a porzioni più ampie del territorio urbano, contribuendo alla progressiva implementazione del progetto doCGIS1908 secondo criteri scientificamente rigorosi e metodologicamente coerenti. L'elaborazione di carte tematiche specifiche per le diverse fasi storico-archeologiche di Messina, basate sull'integrazione di rilievi di scavo, cartografie storiche e fonti documentali, rappresenta un ulteriore contributo originale dello studio, quale restituzione visiva del patrimonio sommerso e dimenticato che mira a rendere accessibile al pubblico composito la memoria della città, dall'antica fondazione alla contemporaneità. Ciò vuole far fronte all'esigenza di rendere accessibili le informazioni cruciali contenute nelle restituzioni 2D e nei modelli BIM, sia quelle native che quelle sviluppate specificamente, a una vasta gamma di utenti, inclusi i professionisti del settore impegnati nella conservazione, nel restauro e in qualsiasi intervento programmabile sull'edilizia esistente, in particolare quella storica e per questo vincolata. Parallelamente, la predisposizione dei materiali 3D alle restituzioni virtuali, specialmente se verranno in futuro trasposte in realtà aumentata o persino stampate in 3D, si sono rivelate necessarie per un programma a lungo termine e di più ampia gittata al fine di promuovere la comprensione e la curiosità, con un'ottica di utilizzo sia a fini didattico-divulgativi che puramente turistici, mantenendo una spiccata attenzione all'inclusività. La preparazione di quanto prodotto per l'auspicabile apertura e la futura diffusione massiva attraverso la pubblicazione di parti tematiche in spazi web (siti di musei, organizzazioni turistiche, università e scuole) in veste di web-HGIS e modelli navigabili su Metaverso rappresenta un ulteriore passo verso la democratizzazione dell'ac-

cesso alla conoscenza del patrimonio culturale messinese. Su questo orizzonte visivo, l'analisi dei casi studio del Museo Regionale Accascina di Messina e del territorio comunale delle Masse (ME) ha permesso di focalizzare l'attenzione sulle problematiche di accessibilità, sia fisica che cognitiva, e sulle sfide operative legate all'implementazione di tecnologie digitali nel contesto del patrimonio culturale diffuso e delle volte precluso. Nel primo esempio è emersa una sottorappresentazione di visitatori con esigenze specifiche, evidenziando l'imprescindibile necessità di superare le barriere non solo architettoniche e culturali, ma anche senso-percettive e cognitive. L'integrazione di tecnologie all'avanguardia, come le Interfacce Utente Tangibili (TUI) e le ricostruzioni 3D interattive, rappresenta una strategia promettente e applicabile per migliorare l'accessibilità meta-museale e creare esperienze inclusive e coinvolgenti per tutte le categorie di pubblico. Tuttavia, l'adozione diffusa di tali soluzioni è spesso ostacolata da vincoli economici e dalla necessità di valutazione in termini di rapporto costi-benefici. Nel caso del territorio delle Masse, l'applicazione di tecnologie di rilievo avanzate, come laser scanner, fotogrammetria e droni, hanno confermato il potenziale significativo per la mappatura e la schedatura del patrimonio, ma pure messo in evidenza sia la cruciale importanza della competenza degli operatori che, soprattutto, limitazioni e ostacoli attuativi legati a specifici o particolari contesti ambientali quali lo stato dei luoghi. Per questo l'ulteriore fase di digitalizzazione, dal 2D al 3D, riguardante – per gli appena citati motivi di forza maggiore – le vestigia archeologiche della Chiesa del S. Salvatore dei Greci e, in particolare, della cripta originale tardo cinquecentesca, ha comportato una profonda riflessione sull'affidabilità scientifica del prodotto finale. Nella modellazione 3D derivata dal rilievo strumentale delle persistenze, ove le fonti non fornivano indicazioni precise, si è proceduto per similitudini, basandosi sulle poche notizie verificabili e verificate sul complesso monastico basiliano. Come azione propedeutica alla valutazione dell'affidabilità scientifica dei gemelli virtuali restituiti con diversi strumenti e procedure, si è eseguito il confronto tra i report dei modelli 3D eseguiti rispettivamente con laserscanner e con la fotogrammetria terrestre, integrando i risultati per affinare la precisione geometrico-dimensionale e includere le texturizzazioni fotografiche nella nuvola di punti laser. Anche in questo caso, durante le fasi di rilievo, sebbene l'impiego di tecnologie strumentali avanza-

te abbia indubbiamente rivoluzionato le metodologie di acquisizione e analisi dei dati, l'applicazione di tali strumenti in contesti archeologici di aperta campagna o in ambienti museali poco flessibili presentano limitazioni e sfide che richiedono un'attenta considerazione e particolari cautele per preservare la scientificità delle operazioni. La competenza e l'esperienza degli operatori emergono come fattori cruciali, così come le condizioni ambientali al contorno che possono influenzare significativamente l'accuratezza e la qualità dei dati acquisiti, così come devono essere attentamente valutati e programmati a monte le tempistiche operative e i costi associati all'utilizzo di determinate tecnologie.

Aspetti da non sottovalutare sono quelli attinenti alla qualità e alla versatilità dei modelli, che dipendono strettamente dalla resa geometrica, dalla fedeltà cromatica e dalla gestione dei dati in uscita, tutti influenzabili dalle caratteristiche degli strumenti di rilievo e dalle tecniche di elaborazione adottate. La densità delle nuvole di punti acquisite con laser scanner datati, come evidenziato nel caso delle terme di Philosophiana, può limitare la risoluzione fotorealistica delle texture o impedirne la restituzione. Infine, l'interoperabilità dei formati e la conservazione a lungo termine dei dati digitali rappresentano sfide tecnologiche ancora non del tutto o adeguatamente superate.

Alla luce di tutto questo, la predisposizione alla “meta-versione” del caso studio della chiesa del San Salvatore dei Greci costituisce un ulteriore carattere di innovazione; pur riconoscendo i limiti attuali delle piattaforme metaversali in termini di immersione e interattività pienamente integrate con un ricco apparato informativo, lo studio ha compiuto un passo inedito verso la smaterializzazione del luogo e la creazione di un gemello digitale peculiare di un sito archeologico di rilevanza storica inglobato in un'architettura pubblica contemporanea.

L'auspicabile superamento dei limiti riscontrati nell'acquisizione di modelli 3D nei software BIM proprietari che consentirebbero uno scambio integrale di file con dati e metadati con le ricostruzioni in metaverso, aprendo nuove prospettive per la fruizione immersiva e interattiva del patrimonio culturale. In ogni caso i risultati ottenuti sottolineano il potenziale trasformativo delle tecnologie digitali per la conoscenza, la conservazione e la divulgazione del patrimonio culturale, offrendo nuove opportunità per rendere la memoria del passato accessibile e comprensibile a un pubblico sempre più vasto e con esigenze differenti.

## 4.1 Sinossi dei risultati chiave

Lo studio qui esposto ha perseguito l'obiettivo di investigare l'efficacia delle metodologie e degli strumenti di digitalizzazione applicati al patrimonio culturale, sia materiale che immateriale, prendendo come fulcro sperimentale la città di Messina, con un *focus* specifico sulle vestigia archeologiche della chiesa del S. Salvatore dei Greci. A partire dall'assunto fondamentale di dimostrare la potenzialità intrinseca delle tecnologie digitali avanzate nel superare i limiti della tradizionale rappresentazione bidimensionale, aprendo nuove prospettive integrate per la fruizione e la comprensione di Beni Culturali – nello specifico archeologici - sommersi, obliati o fisicamente perduti, la cui memoria persiste, tuttavia, nel ricco patrimonio di fonti cartacee, analogiche e di lacunose vestigia. In tal senso, i risultati chiave emersi dall'applicazione dell'esposta metodologia multi-fase, che ha integrato piattaforme GIS arricchite, tecniche di modellazione tridimensionale e approcci H-BIM, confermano in maniera significativa la validità dell'assunto iniziale.

In primo luogo, l'implementazione di un sistema H-GIS evoluto, poiché spinto verso l'archeologia dell'architettura e dell'urbanistica, ha consentito una gestione organica e georeferenziata di una vasta gamma di fonti eterogenee, che spaziavano dalle cartografie storiche ai documenti archivistici, dalle testimonianze letterarie alle evidenze archeologiche, operazione che ha prodotto carte tematiche a supporto scientifico della comprensione ai fini ricostruttivi dell'evoluzione storica e urbanistica del contesto messinese, fornendo così un substrato conoscitivo essenziale per l'analisi degli strati di Messina e per quella approfondita del caso studio.

Successivamente, l'impiego di tecniche avanzate di modellazione 3D, basate sia sul rilievo *laserscanner* che sulla fotogrammetria terrestre, ha condotto alla realizzazione di restituzioni tridimensionali di elevata accuratezza delle vestigia della chiesa del S. Salvatore dei Greci e, in particolare, della cripta. L'integrazione dei dati acquisiti attraverso differenti metodologie di rilievo diretto e strumentale ha permesso di ottimizzare la precisione geometrica dei modelli e d'includere informazioni relative alle *texture* superficiali, ai materiali, allo stato di conservazione o degrado

in cui versano le strutture sopravvissute e musealizzate. Nonostante le difficoltà connesse all'interoperabilità tra diverse piattaforme *software* sperimentate, si è comunque dimostrata la fattibilità della creazione di modelli virtuali scientificamente attendibili, sebbene sia emersa la necessità di distinguere con chiarezza tra gli elementi ricostruiti sulla base di solide evidenze e quelli che presentano un inevitabile margine di incertezza interpretativa. In particolare, il parziale fallimento nell'adozione dell'approccio H-BIM, inizialmente sperimentato con successo sul caso delle Terme di Philosophiana e successivamente esteso, in prospettiva, al caso pilota scelto a Messina, ha ugualmente confermato il suo notevole potenziale per l'analisi dettagliata e non invasiva delle preesistenze, la documentazione delle tecniche costruttive antiche e lo studio approfondito dei materiali impiegati, sebbene poi non si sia potuto esportare per la predisposizione alla "metaversione".

Infine, la predisposizione dei modelli tridimensionali per la fruizione in ambienti virtuali immersivi, con l'utilizzo di motori di virtualizzazione, usati da decenni nei "metaversi" di gioco in tempo reale, come *Unreal Engine* e *Twinnmotion*, ha concretizzato la potenzialità di creare esperienze di conoscenza del patrimonio culturale ampliate e accessibili, aprendo scenari inediti o poco approfonditi per superare le limitazioni fisiche e per offrire nuove modalità di esplorazione e apprendimento, con la possibilità di configurare spazi metaversali inclusivi per diverse categorie di utenti.

L'insieme di questi risultati, ottenuti grazie a un approccio intrinsecamente interdisciplinare che ha coniugato contributi provenienti dall'ingegneria, dalla letteratura antica, dalla storiografia e dall'archeologia, conferma la validità dell'ipotesi di partenza: la ricerca ha dimostrato come l'integrazione di diverse tecnologie digitali, dalla digitalizzazione bidimensionale fino agli ambienti immersivi, rappresenti una strategia efficace per l'affioramento virtuale di frammenti urbani stratificati, contribuendo in modo significativo all'ampliamento della conoscenza, alla promozione della conservazione e all'innovazione delle modalità di fruizione del Patrimonio Culturale.

## 4.2 Aspetti innovativi di *Zancle transita in Messina*

Sono stati vagliati molteplici aspetti che distinguono il progetto sviluppato nel panorama della digitalizzazione dei beni culturali e che ne suggeriscono una potenziale replicabilità. L'innovatività di *Zancle transita in Messina* risiede nella sua capacità di integrare diverse tecnologie e metodologie (2D, GIS, 3D, H-BIM, realtà alternative), adottare un approccio interdisciplinare, focalizzarsi su una conoscenza approfondita e stratificata con approcci macro- e microstorici, mirare a una fruizione ampia e diversificata nell'attenzione all'accessibilità, prefigurando nuove frontiere per la valorizzazione del patrimonio culturale attraverso il Metaverso.

L'apporto scientifico addotto al panorama attuale di avanzamento tecnologico in tema di valorizzazione, conservazione e fruizione beni culturali si manifesta innanzi tutto nella sua architettura metodologica stratificata, che mira a una integrazione di diverse fasi operative e al contempo a incarnare il punto di incontro tra discipline scientifiche apparentemente discoste tra loro. Questo differente approccio si distacca dalle implementazioni più settoriali della digitalizzazione del patrimonio culturale e, nello specifico, archeologico proponendosi come un modello di "affioramento virtuale" multidimensionale di contesti urbani caratterizzati da una ricca sedimentazione storica. Inoltre, grazie all'integrazione organica tra la digitalizzazione 2D e 3D all'interno delle relative piattaforme, le procedure multifase consentono di superare la tradizionale rappresentazione bidimensionale – in questo caso - del solo GIS, creando un sistema informativo pluridimensionale, in cui la ricchezza del patrimonio documentale viene correlata spazialmente e temporalmente. Si può quindi definire una metodologia catalografica arricchita che rappresenta una prima novità per quanto riguarda la digitalizzazione bidimensionale, in quanto permette di stabilire interconnessioni significative tra documenti di natura eterogenea, superando la compartimentazione disciplinare e favorendo una lettura trasversale e integrata dei fenomeni storici, urbanistici e socioculturali. La prassi di correlazione multidisciplinare delle fonti proposta e testata all'interno di QGIS, evidenzia di per sé una flessibilità e adattabilità metodologica che potrebbe essere applicata a diverse tipologie di beni culturali che presentano una stratificazione storica e documentale complessa. L'innovazione non risiede unicamente nell'adozione di un *software open source* come

QGIS, una scelta di per sé significativa per la democratizzazione degli strumenti di ricerca e la replicabilità dei processi analitici, ma soprattutto nella possibilità di integrarvi organicamente dati eterogenei provenienti da fonti cartografiche storiche, rilievi archeologici, archivi documentali e iconografici, fototeche, audiotecche, videotecche, etc. In tal modo si riesce a ovviare, per quanto possibile, alla frammentazione informativa tipica degli studi parcellari, ove le fonti non si relazionano spazialmente e temporalmente per ottemperare a una lettura trasversale e interdisciplinare dei fenomeni urbani. Tuttavia, un punto critico può essere rappresentato dalla variabile affidabilità e reperibilità delle fonti, soprattutto per le epoche più remote, la cui natura spesso lacunosa o interpretativa impone una cauta valutazione critica e un approccio filologico rigoroso.

L'attenzione specificamente rivolta alla stratigrafia urbana meno indagata introduce un'ulteriore dimensione replicabile, quella microstorica che consente di sviluppare protocolli operativi dettagliati e validati su una scala circoscritta, come strategia metodologica prudente e scientificamente fondata per la progressiva implementazione di un atlante storico digitale delle città alle quali si applica, ben oltre l'orizzonte peloritano. Nei confini del progetto, la creazione di carte tematiche specifiche per le diverse fasi storico-archeologiche di Messina, basate sull'integrazione di rilievi di scavo, cartografie storiche e fonti documentali, ha costituito un ulteriore contributo originale e inedito. Restituzioni visive del patrimonio sommerso e dimenticato mira a rendere accessibile al pubblico composito la memoria delle città, ossia a democratizzare l'accesso alla conoscenza del patrimonio culturale (tra gli obiettivi europei), rispondendo all'esigenza di veicolare informazioni cruciali contenute nelle restituzioni 2D e 3D a una vasta gamma di utenti, dal casuale avventore ai professionisti del settore. Per tale ragione, la prassi di generare cartografie tematiche integrate a partire da fonti eterogenee georeferenziate è intrinsecamente replicabile per qualsiasi bene culturale o paesaggistico per il quale siano disponibili dati di diversa natura localizzabili geograficamente e potrebbe divenire acquisibile come standard al pari della schedatura ICCD collegata. L'obiettivo di superare la digitalizzazione bidimensionale e creare esperienze multidimensionale e contestualmente ricca di informazioni, quindi perfettamente in linea

con le potenzialità del Metaverso come futuro spazio per l'apprendimento, la divulgazione e il turismo culturale, rappresenta un elemento di spicco. Sebbene ancora in fase di sperimentazione per quanto riguarda l'integrazione completa di informazioni dettagliate all'interno di ambienti immersivi, l'approccio di metaversione, soprattutto nel caso di siti storico-archeologici e urbani stratificati, specifico all'interno di un'architettura pubblica contemporanea - come il Museo di Messina o qualsiasi altro luogo di cultura - può essere considerato un prototipo per la creazione di gemelli digitali creati "su misura" di altri beni culturali, specialmente quelli difficilmente accessibili o non più esistenti fisicamente.

Infine, la predisposizione dei modelli 3D per ambienti virtuali e potenziali applicazioni in realtà aumentata e stampa 3D vuole preservare la visione lungimirante fortemente orientata all'innovazione didattico-divulgativa e turistica, con una specifica attenzione all'inclusività oltre che fisica anche cognitiva. L'adozione di diversi modelli tridimensionali per l'analisi del caso studio della chiesa del S. Salvatore dei Greci rappresenta, oltre che la perpetuazione della testimonianza e della memoria nella restituzione geometrica tridimensionale, ma mira all'integrazione di informazioni qualitative e quantitative relative alle tecniche costruttive, ai materiali e alle fasi storiche dell'edificio, dimostrando il suo potenziale per l'analisi non invasiva, la gestione della conservazione e la verifica di ipotesi di restauro in ambiente digitale slegato dalle vestigia che permangono inattaccate. Non in ultimo, la valutazione dell'affidabilità scientifica dei gemelli virtuali attraverso il confronto tra diverse tecniche di rilievo 3D e l'integrazione dei risultati evidenzia un approccio rigoroso che mira a garantire la scientificità delle operazioni di digitalizzazione.

Ovviamente la necessità di una divulgazione fondata su evidenze rigorose vige inderogabilmente in qualsiasi replicabilità si tenti, aspetto che deve essere tenuto in grande considerazione per dimostrare la maturità scientifica nella gestione delle incertezze interpretative. Questa prassi di validazione e confronto tra diverse metodologie di acquisizione e modellazione 3D è fondamentale per assicurare l'accuratezza e l'attendibilità delle ricostruzioni virtuali applicate a qualsiasi tipo di bene culturale.

Poiché il progetto sulle città stratificate di Messina si è inserito in un contesto di esplorazione delle potenzialità di ambienti virtuali per la didattica, la ricerca e la disseminazione del patrimonio, creare un gemello digitale unico dello strato più antico della città, interrogabile e navigabile, costituisce un prototipo per future applicazioni nel campo del turismo culturale e della fruizione ampliata. Tuttavia, è fondamentale considerare criticamente che l'efficacia di tali ambienti dipenderà dalla cura nella progettazione dell'interfaccia utente, dalla ricerca e dall'integrazione di un apparato informativo robusto e contestualizzato, e soprattutto dell'aggiornamento dei formati per scongiurare l'obsolescenza tecnologica dei prodotti digitali realizzati.

Alla luce di tutto ciò, le prassi operative definite per l'acquisizione, l'elaborazione e l'integrazione di dati eterogenei, così come le strategie per la creazione di modelli virtuali scientificamente validi e accessibili, rappresentano i contributi più significativi all'avanzamento delle conoscenze del settore; solo la prosecuzione della ricerca, con il superamento delle attuali limitazioni tecniche e metodologiche emerse, potranno ulteriormente affinare l'approccio e validare pienamente il potenziale di *Zancla transita in Messina* proposto come prototipo per l'avanzamento delle conoscenze nel campo della digitalizzazione applicata al patrimonio culturale.

### 4.3 Da Zancle al Metaverso: immersioni digitali per la didattica, il turismo culturale e la ricerca

L'ultimo *focus* che occorre eseguire riguarda le potenzialità del Metaverso nei settori della didattica, del turismo, della ricerca e della disseminazione, nonché nella promozione del patrimonio culturale tangibile e intangibile.

Per quanto riguarda la didattica, esso offre ambienti virtuali immersivi che possono rendere più accessibili e coinvolgenti aspetti tecnici propri dell'archeologia e del patrimonio culturale, studiati dagli specialisti, al fine di educare il pubblico sull'importanza dei Beni Culturali e dell'archeologia in particolare.

Il Metaverso, inteso come una serie di mondi virtuali immersivi creati all'interno di un unico spazio digitale, può concretamente trasformare l'approccio all'apprendimento nel campo dell'archeologia e del patrimonio culturale, fornendo l'opportunità di rendere concetti tecnici, spesso percepiti come distanti e complessi, accessibili e profondamente coinvolgenti per un pubblico comunque costituito. Al posto di un incameramento e di una fruizione passiva di informazioni, in questo caso gli studenti possono immergersi in ricostruzioni virtuali (VR) di siti archeologici scomparsi, distrutti o caratterizzati da complesse stratificazioni storiche, sperimentando una modalità d'apprendimento dinamica e personalizzata, che facilita la comprensione spaziale e contestuale dei siti con informazioni aggiornate quasi in tempo reale.

Anche l'integrazione di modelli 3D con la realtà aumentata può migliorare l'esperienza di fruizione, sia da remoto che *in situ*, sovrapponendo informazioni digitali sui siti reali. Infine, la creazione di repliche intangibili e, a partire da queste, anche fisiche (ad es. tramite stampa 3D) a partire da modelli virtuali si rivela utile non soltanto come supporto conoscitivo ed espositivo per tutti gli utenti, ma favorisce l'inclusività fisica e cognitiva.

Per quanto concerne il settore del turismo con spiccata vocazione culturale, il Metaverso permette anche in questo caso di superare le barriere fisiche e cognitive, rendendo accessibile a un pubblico globale ciò che è fisicamente inaccessibile, sommerso oppure ormai irrimediabilmente perduto, come accade nell'archeologia delle città più volte ricostruite su se stesse e stratificate in modi variegati e non necessariamente organici.

Quel che può chiamarsi a buon titolo il *second chance tourism* attraverso le realtà alternative dimostra come queste tecnologie possano offrire alternative sostenibili al turismo fisico, specialmente per siti fragili o inaccessibili

temporaneamente o a tempo indeterminato. La possibilità di "spostare" virtualmente luoghi fisici svantaggiati o di avvicinare luoghi distanti può avviare analisi e offrire fruizioni delocalizzate e immersive, così come la creazione di tour virtuali può attrarre un numero maggiore di visitatori, ampliando il bacino d'utenza con lo scopo primario di suscitare l'interesse anche tra i nativi digitali, la cui quasi totale assenza nei luoghi di cultura dimostra l'obsolescenza dei consueti standard espositivi, valorizzativi e fruitivi. In quest'ottica, la predisposizione di modelli 3D per la realtà virtuale, aumentata o mista, è necessaria per promuovere l'appetibilità, instillare la curiosità turistica e soprattutto supportare la comprensione ancora più ostica nel caso di vestigia archeologiche in cui la lacunosità non permette un'immediata e univoca interpretazione. Proprio in questo *gap* un Metaverso archeologico può essere utilizzato per la promozione del patrimonio culturale in generale, specialmente quello invisibile o intangibile.

Passando all'ambito gemello della ricerca, l'informatizzazione delle restituzioni tridimensionali si configura come una modalità complessa di decostruzione e critica del costruito tangibile e virtuale: la possibilità di sovrapporre cartografie storiche georeferenziate, rilievi archeologici, dati archivistici e iconografici ai modelli tridimensionali crea un sistema informativo territoriale multidimensionale che integra la dimensione storico-archeologica con quella geografica contemporanea, permettendo analisi complesse e nuove chiavi interpretative. L'approccio microstorico validato su scala ridotta, con la potenzialità di essere esteso a porzioni sempre più ampie del territorio, contribuisce alla progressiva implementazione di progetti di digitalizzazione secondo criteri scientificamente rigorosi. In tal senso la creazione di gemelli digitali di siti archeologici e la loro navigabilità offrono nuove prospettive per lo studio e la comprensione del patrimonio. Inoltre, la possibilità di analisi dettagliate e mai invasive su modelli 3D, come lo studio delle tecniche costruttive antiche o l'analisi dei materiali, apre ulteriori possibilità nella ricerca. Allo stesso modo, il Metaverso potrebbe agevolare le collaborazioni a diverso titolo tra scienziati ed esperti di tutto il mondo mediante lo studio congiunto e contemporaneo di siti e artefatti a distanza.

Il secondo step della ricerca è la disseminazione, nell'ambito della quale la predisposizione di materiali 3D per la

creazione di repliche digitali tridimensionali, realtà aumentata o stampa 3D vengono in aiuto per promuovere la comprensione e la curiosità. In particolare, la pubblicazione online di parti tematiche come *web-HGIS* e modelli navigabili su Metaverso rappresenta un passo verso la democratizzazione dell'accesso alla conoscenza del patrimonio culturale, mentre l'elaborazione di carte tematiche specifiche per le diverse fasi storico-archeologiche da inserire in guide multimediali interattive arricchite con contenuti 3D contribuiscono a una disseminazione più efficace e coinvolgente.

Tutti questi aspetti vagliati confluiscono nel più grande ambito della promozione del patrimonio culturale, in cui si rendono imprescindibili la smaterializzazione dei luoghi, l'accessibilità potenzialmente totale per qualsiasi utente, la creazione di gemelli digitali ricchi di informazioni dettagliate e contestuali e la progettazione di esperienze avvolgenti o aggiunte che contribuiscono a valorizzarne sia gli aspetti materiali che immateriali. Tra tutte, le narrazioni basate sulla realtà mista possono aumentare significativamente l'empatia e la comprensione di contesti culturali diversi, così come si è detto che il Metaverso può rendere più accessibili e coinvolgenti

aspetti tecnici propri dell'archeologia, studiata e vissuta dagli specialisti, per un pubblico diversificato.

In ciascuno di questi ambiti – dalla didattica immersiva alla ricerca avanzata, dalla disseminazione inclusiva al turismo culturale innovativo – il progetto *Zancle transita in Messina* non si limita a proporsi come un semplice prototipo, bensì si configura come un'iniziativa pionieristica, in linea con l'evoluzione verso metaversi dedicati al patrimonio culturale. Prefigurando metodologie di digitalizzazione avanzate, potenzialmente replicabili e adattabili a diverse tipologie di beni comparabili, propone alternative e supporti aggiuntivi per l'apprendimento esperienziale, la fruizione de-localizzata e multisensoriale, e l'esplorazione "in prima persona virtuale" del patrimonio tangibile e intangibile di Messina come – e in questo risiede la scientificità delle prassi operative - di qualsiasi altro luogo.

In tal senso, il progetto getta le basi per una metaversione del patrimonio culturale che supera la digitalizzazione bidimensionale, offrendo esperienze multidimensionali e ricche di informazioni capaci di coinvolgere un pubblico ampio e diversificato e di promuovere una nuova forma di turismo culturale sostenibile e accessibile.

# Bibliografia

## *Capitolo. 1*

- Bec, A., Moyle, B., Schaffer, V., & Timms, K. (2021). Virtual reality and mixed reality for second chance tourism. *Tourism Management*, 83, 104256.
- Bolter J. D et al., The Acropolys on the Immersive Web, in *Journal of Media Innovations*, 7.1: 41-51, 2021.
- Buhalis D., Karatay N., Mixed Reality (MR) for Generation Z in Cultural Heritage Tourism Towards Metaverse, in Stienmetz et al. (a cura di) *ENTER 2022 Information and Communication Technologies in Tourism 2022*, Springer, Berlino, 2022, 16-27.
- Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., & Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 11(2), 1-36
- Bonacini, E. (2018). "I musei e le nuove tecnologie." In M. C. Di Natale (Ed.), *Museo e identità. Politica culturale e collezionismo in Sicilia fra Sette e Ottocento* (pp. 183-202). Palermo University Press.
- Bonacini, E. (2021). "Musei e tecnologie immersive: nuove frontiere dell'esperienza culturale." *Il Capitale Culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, Supplementi 13, 157-176.
- Bonacini, E., & Giaccone, S. (2021). "Gamification and cultural institutions: Towards a new approach to audience engagement through playful learning experiences." *Il Capitale Culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, Supplementi 13, pp. 281-304.
- Bonacini, E., Giaccone, S., & Tanasi, D. (2022). "Digital Heritage and Sustainable Tourism: The Case of 3DLab-Sicily." *Sustainability*, 14(15), 9287.
- Cataldo, L. (2022). "Il museo immersivo: Nuove tecnologie per la valorizzazione del patrimonio culturale." *Franco Angeli*, Milano.
- Champion, E. (2023). Teaching Digital Heritage in the Metaverse. In *The Metaverse: Concepts, Applications, and Future Directions* (pp. 217-240). Springer, Cham.
- Christopoulos, D., Mavridis, P., Andreadis, A., & Karigiannis, J. N. (2023). Ancient Athens in the Metaverse: A Case Study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 28, e00279.
- Dewidar, K., Elghazi, Y., & Kamel, S. M. (2021). The Role of Virtual and Augmented Reality in the Future of Architecture Design, Heritage Conservation and User Experience. *Architecture and Planning Journal*, 27(1), 5.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2019). *Human-computer interaction*. Pearson Education Limited.
- Economou, M., & Pujol, L. (2022). Empathy and engagement through digital storytelling and mixed reality applications in museums. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 24, e00217.
- Far S. B., Rad A. I., Applying Digital Twins in Metaverse: User Interface, Security and Privacy Challenges in *Journal of Metaverse* 2: 8-15, 2022.
- Farina, A., & Tronchin, L. (2013). "3D Sound Characterisation in Theatres Employing Microphone Arrays." *Acta Acustica united with Acustica*, 99(1), 118-125.
- Fernández-Palacios, B. J., Morabito, D., & Remondino, F. (2023). Virtual reality and augmented reality for digital cultural heritage: A review. *Virtual Archaeology Review*, 14(29), 1-23.
- Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2022). The influence of scarcity in virtual reality experiences: The mediating role of psychological ownership. *Journal of Business Research*, 142, 1025-1036.

- Forte, M., Murteira, H., & Pozzi, A. (2020). "Digital Heritage and Virtual Reality: An Immersive Journey in Time." In: *Handbook of Cultural Heritage Analysis*. Springer, Cham.
- Franceschet, M., Colavizza, G., Smith, T., Finucane, B., Ostachowski, M. L., Scalet, S., ... & Hernández, S. (2021). *Crypto art: A decentralized view*. Leonardo, 54(4), 402-405.
- Gabellone, F. (2013). "From remote sensing to 3D modeling and virtual reconstruction: The case study of the Temple of Zeus at Agrigento." *Digital Heritage International Congress*, Vol. 1, pp. 215-222.
- Gabellone, F., Giannotta, M. T., & Leucci, G. (2016). "From the archaeological record to archaeovirtual reality: digital reconstruction of a Medieval monastic settlement in Terra d'Otranto." *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 3(4), 80-90.
- Gallo, G., Milotta, F. L. M., & Stanco, F. (2019). "Digital technologies for the enhancement of cultural heritage in Sicily." In *Proceedings of the 1st International Conference on Digital Technologies for Preserving Culture* (pp. 1-6).
- Genovese, L. (2023). "Interattività e apprendimento nei musei digitali: Il caso del MuMe di Messina." *Museologia Scientifica*, 17(1), 91-102.
- Giannone, L., Verdiani, G. (2020). "Digital reconstruction at the service of memory: Messina 1780", *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, N° 13, Valencia: Universitat Politècnica de València. pp. 115-127. <https://doi.org/10.4995/ege.2020.14800>
- Gristina, S., Scianna, A., Sciortino, R., Andaloro, M., Agnello, F., & Lo Brutto, M. (2018). "Combining historical maps and GIS for the analysis of the urban transformation of Selinunte: From the foundation to the present day." *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(3), 100.
- Gulletta, M., Lombardo, G., & Santagati, C. (2021). "3DLab-Sicilia: A Regional Infrastructure for Digital Cultural Heritage." In: *Digital Cultural Heritage*. Springer, Cham.
- Huang H. et al., Fusion of Building Information Modeling and Blockchain for Metaverse: A Survey, in *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 1-13, 2022.
- Kenderdine, S. (2021). Embodiment, entanglement, and immersion in digital cultural heritage. In *A New Companion to Digital Humanities* (pp. 22-41). Wiley-Blackwell.
- Kim, M. J., & Hall, C. M. (2021). A hedonic motivation model in virtual reality tourism: Comparing visitors and non-visitors. *International Journal of Information Management*, 46, 236-249.
- Koutsabasis, P., & Vosinakis, S. (2018). Kinesthetic interactions in museums: conveying cultural heritage by making use of ancient tools and crafts. *Virtual Reality*, 22(2), 103-118.
- Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Liakopoulos, V., Tsaouselis, A., Ioannidis, G., & Chamzas, C. (2022). Creating 3D Replicas of Medium-to-Large Scale Monuments for Web-Based Dissemination within the Framework of the 3D-I-CONS Project. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(2), 134.
- Kyriakaki, G., Doulamis, A., Doulamis, N., Ioannides, M., Makantasis, K., Protopapadakis, E., ... & Weinlinger, G. (2022). Towards Documenting and Preserving the Tangible and Intangible Cultural Heritage of Delphi in the Digital Domain. *Heritage*, 5(1), 342-366.
- Mangialardi, G., Corallo, A., & Esposito, M. (2023). "Sustainability challenges in the digital transformation of museums: A systematic literature review." *Sustainability*, 15(3), 2301.
- Marafon Pecoraro, M., Ruggieri Tricoli, M. C., & Sposito, C. (2022). "Virtual reconstructions for lost heritage: The case of Messina after the 1908 earthquake." *Journal of Cultural Heritage*, 53, 246-256.
- Marletta, N., Allegra, D., & Stanco, F. (2023). "Advanced 3D Documentation Techniques for Sicilian Cultural Heritage: The Experience of 3DLab-Sicily." *Journal of Cultural Heritage*, 59, 238-248.

- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497.
- Parisi, T. (2021). *Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web, and Mobile*. O'Reilly Media, Inc.
- Pescarin, S., Fanini, B., Ferdani, D., & Lucci Baldassari, G. (2020). "Virtual Heritage and 3D Modeling." In P. Di Giuseppantonio Di Franco, F. Galeazzi, & V. Vassallo (Eds.), *Authenticity and Cultural Heritage in the Age of 3D Digital Reproductions* (pp. 119-135). Cambridge University Press.
- Poullis, C., Grillman, D., Levy, T., & Kraus, S. (2021). Cnossos in the Metaverse: A Collaborative Virtual Reality Experience for Archaeological Sites. In *2021 International Conference on Cyberworlds (CW)* (pp. 118-125). IEEE.
- Remondino, F., Nocerino, E., Toschi, I., & Menna, F. (2016). "A critical review of automated photogrammetric processing of large datasets." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.
- Riva, G., & Wiederhold, B. K. (2022). What the Metaverse Is (Really) and Why We Need to Know About It. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 25(6), 355-359.
- Rizzo, G., Cannella, M., & Di Paola, F. (2022). "Training and Technology Transfer in Cultural Heritage: The 3DLab-Sicily Experience." *International Journal of Heritage Studies*, 28(4), 456-471.
- Sanders, G. D., James, S. A., & Johnson, A. C. (2023). Digital Corinth: Computerized Reconstruction and Simulation of Ancient Corinth. In *New Directions in Cyberarchaeology* (pp. 95-112). Springer, Cham.
- Santagati, F. M. C. (2019). Il Museo Archeologico Regionale Paolo Orsi di Siracusa: dalla fruizione tradizionale alle piattaforme digitali / The Regional Archaeological Museum Paolo Orsi of Syracuse: from traditional fruition to digital platforms, in *Il Capitale Culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, (9), 273–305. <https://doi.org/10.13138/2039-2362/2199>
- Schnabel, M. A., & Kvan, T. (2023). Trajectories in Architecture and the Metaverse. In *The Metaverse: Concepts, Applications, and Future Directions* (pp. 193-216). Springer, Cham.
- Shumacher 2020 Schumacher P., Digital Architectures, in *ioArch Special Issue suppl. al n°81, anno 14*: 102-105, 2020.
- Scianna, A., La Guardia, M., & Scaduto, M. L. (2021). "Sharing and Web Visualization of 3D Models of Cultural Heritage for Education, Research and Conservation Purposes." *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(2), 72.
- Stanco, F., Tanasi, D., Gallo, G., Buffa, M., & Basile, B. (2017). "Virtual anastylosis of Greek sculpture as museum policy for public outreach and cognitive accessibility." *Journal of Electronic Imaging*, 26(1), 011025.
- Vecco, M., & Piazzai, M. (2023). "Digital technologies in museums: A holistic approach to visitor experience." *Museum Management and Curatorship*, 38(2), 173-189.
- Vecco, M., & Srakar, A. (2023). "Digital Innovation in Cultural Heritage Management: Lessons from 3DLab-Sicily." *Journal of Cultural Economics*, 47(2), 285-302.
- Verdiani et al. 2022
- Vourvopoulos, A., Kyriltsias, C., Konnaris, C., & Makedon, F. (2022). "Ancient Olympia: Common Grounds": A Mixed Reality Experience for Remote and On-Site Museum Visitors. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 816408.
- Webster, A., & Yen, D. C. (2021). Virtual concerts: The next big idea in the music industry. *International Journal of Information Management*, 60, 102431.
- Younes, G., Kahil, R., Jallad, M., Asmar, D., Elhajj, I., Turkiyyah, G., & Al-Harithy, H. (2021). Virtual and augmented reality for rich interaction with cultural heritage sites: A case study from the Roman Theater at Byblos. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 16, e00172.

*Capitolo 2*

- Abulrub, A. G., Attridge, A. N., & Williams, M. A. (2011). "Virtual reality in engineering education: The future of creative learning". *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 6(4), 4-11,
- Adamopoulos, E., & Rinaudo, F. (2020). UAS-based archaeological remote sensing: Review, meta-analysis and state-of-the-art. *Drones*, 4(3), 46.
- Adamopoulos, E., & Rinaudo, F. (2021). Close-range sensing and data fusion for built heritage inspection and monitoring—A review. *Remote Sensing*, 13(19), 3936
- Altadonna A., Chillemi A., Salvo G., Todesco F. (2024a), Il paesaggio culturale dei centri storici marginali: il caso delle "Masse" nel territorio di Messina, in *Restauro Archeologico RA 1964-2024 La Carta di Venezia Riflessioni teoriche e prassi operative nel progetto di restauro vol. 32 n°2\2024*, pp. 164-169, Firenze University Press, <https://oaj.fupress.net/index.php/ra/issue/view/915/363>
- Altadonna A., Chillemi A., Salvo G., Todesco F. (2024b), Digitalizzazione del patrimonio edilizio a massa san nicola (me): un caso di studio per una gestione efficiente dei dati e la conservazione, in *ReUSO 2024 Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito*, Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci (a cura di), *Atti del Convegno Internazionale ReUso2024 Bergamo 29-31 ottobre 2024*, pp. 240-251, Publica, Alghero.
- Altadonna A., Salvo G. (2023), Il rilievo digitale per un modello HBIM: il caso studio dell'area archeologica di Philosophiana (CL), in *3D Modeling & BIM. Soluzioni per il Cultural Heritage*, Empler T., Caldarone A., Fusinetti A. (a cura di), *Atti della IX edizione Workshop 3D Modeling & BIM 12 aprile 2023 presso Roma La Sapienza*, DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile, Roma, 2023.
- Amico V. 1859 Amico V, Dizionario topografico della Sicilia tradotto ed annotato da Gioacchino Di Marzo, vol II, Tip. Pietro Morvillo, Palermo 1859, p. 59.
- Arribas-Bel, D., & Reades, J. (2022). "Geography and computers: Past, present, and future." *Geography Compass*, 16(5), e12566.
- Bailenson, J. N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A. C., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). "The use of immersive virtual reality in the learning sciences: Digital transformations of teachers, students, and social context". *The Journal of the Learning Sciences*, 17(1), 102-141.
- Balletti, C., Ballarin, M., & Guerra, F. (2017). 3D printing: State of the art and future perspectives. *Journal of Cultural Heritage*, 26, 172-182.
- Barazzetti, L., Banfi, F., Brumana, R., Gusmeroli, G., Previtali, M., & Schiantarelli, G. (2015). "Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from laser scans". *Simulation Modelling Practice and Theory*, 57, 71-87.
- Bateson G. *Steps to an Ecology of Mind*, University of Chicago Press: Chicago, IL, USA, 1972.
- Bergamasco B., Mutani R. (2007), *La Neurologia di Bergamini*, Editrice Libreria Cortina, Torino, 2007, 211-215.
- Bertelli M. O.(2018), Intelligence and specific cognitive functions in intellectual disability: implications for assessment and classification in *Curr Opin Psychiatry*, 31(2):88-95, 2018
- Bianco, G., Bruno, F., & Muzzupappa, M. (2020). Multispectral data cube acquisition of aligned images for document analysis by means of a filter-wheel camera provided with focus control. *Journal of Cultural Heritage*, 41, 72-81.

- Brovelli, M. A., Cantone, F., Cuca, B., Garavaglia, L., Kumbhar, R., Quarati, A., ... & Carrion, D. (2022). Virtual museums: a game-changer for the cultural heritage through open content and open data. *Applied Geomatics*, 14(3), 349-364.
- Calaon, D., Pizzinato, C., & Zugno, L. (2023). "QGIS for public archaeology and community engagement: The case of the Venice Anthropocene Open Museum." *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 28, e00265
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2020). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452-458.
- Cavallini, P. (2022). "Free and Open Source GIS: QGIS and PostGIS." In *Manual of Digital Earth* (pp. 503-527). Springer, Singapore
- Cetinic, E., & She, J. (2022). Understanding and creating art with AI: Review and outlook. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 18(2), 1-22.
- Christopoulou, E., & Xinogalos, S. (2017). "Overview and comparative analysis of game engines for desktop and mobile devices". *International Journal of Serious Games*, 4(4), 21-36
- Churchill, E. F., & Snowden, D. (1998). "Collaborative virtual environments: an introductory review of issues and systems". *Virtual Reality*, 3(1), 3-15
- Çöltekin, A., Oprean, D., Wallgrün, J. O., & Klippel, A. (2023). "Immersive technologies and human perception: The state of research in cartography and GIScience." *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(2), 66.
- Dalkıran, Ö., & Nacar, R. (2020). Digitization of cultural heritage: A case study of the Ottoman manuscripts. *Digital Library Perspectives*, 36(3), 243-261.
- Dawley, L., & Dede, C. (2014). "Situated learning in virtual worlds and immersive simulations". In *Handbook of research on educational communications and technology*, pp. 723-734, Springer, New York, NY
- Della Mora, T., Piga, B. E., Fantini, F., & Rocha, J. M. (2020). Digital heritage: progress in cultural heritage: documentation, preservation, and protection. Springer Nature.
- Di Benedetto, M., Ponchio, F., Malomo, L., Callieri, M., Dellepiane, M., Cignoni, P., & Scopigno, R. (2014). "Web and mobile visualization for cultural heritage". In *3D Research Challenges in Cultural Heritage* (pp. 18-35). Springer, Berlin, Heidelberg
- Di Giuseppantonio Di Franco, P., Camporesi, C., Galeazzi, F., & Kallmann, M. (2015). "3D printing and immersive visualization for improved perception of ancient artifacts". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 24(3), 243-264
- Di Gregorio G. (2023), Castel Gonzaga di Messina, in *Defensive Architecture of the Mediterranean*, XIII, Pisa.
- Dore, C., & Murphy, M. (2017). Current state of the art historic building information modelling. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 42(2W5).
- Drosou, A., Tzouvaras, V., Stamou, G., & Kollias, S. (2020). Towards open cultural data: A perspective from the heritage sector. In *Open Data and Knowledge Management in Cultural Heritage* (pp. 1-16). Springer, Cham.
- Esmaili, H., Woods, A., & Thwaites, H. (2017). "An Exploratory Study of Virtual Reality and Augmented Reality in Construction Industry". In *Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management: Ergonomics and Design* (pp. 79-91). Springer, Cham
- Fangi, G., & Nardinocchi, C. (2021). Photogrammetric processing of 360° spherical images. *The Photogrammetric Record*, 36(173), 78-96

- Ferdani, D., Fanini, B., Piccioli, M. C., Carboni, F., & Vigliarolo, P. (2020). "3D reconstruction and validation of historical background for immersive VR applications and games: The case study of the Forum of Augustus in Rome". *Journal of Cultural Heritage*, 43, 129-143
- Fiandaca O., Salvo G. (2019), "ArcheoGIS for the Roman Thermal Bath of Sofiana: Informative Support for a Digital Restoration", *Heritage* 2019/2, pp. 1530-1550. <https://doi.org/10.3390/heritage2020096>
- Fiandaca O., Salvo G.(2017), "La restituzione virtuale di un sito archeologico. Il complesso termale di Sophiana", in *ReUso Granada 2017: Sobre una arquitectura hecha de tiempo*, Milagros Palma Crespo et alii (a cura di), Granada, 2017.
- Fiandaca O., Salvo G.(2016), "L'area archeologica di Sophiana. Rilettura critica degli interventi eseguiti per ristabilire i capisaldi di un progetto di fruizione", in *Scienza e Beni Culturali collana 2016 "eresia ed ortodossia nel restauro. Progetti e realizzazioni"* Giornate di studi Bressanone 28 giugno – 1 luglio 2016, Venezia, 2016.
- Fiorillo, F., Fernández-Palacios, B. J., Remondino, F., & Barba, S. (2018). 3D Surveying and modelling of the Archaeological Area of Paestum, Italy. *Virtual Archaeology Review*, 4(8), 55-60
- Forte, M., & Siliotti, A. (1997). "Virtual archaeology: Re-creating ancient worlds". Harry N. Abrams
- Freina, L., & Ott, M. (2015). "A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives". In *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Vol. 1, No. 133, pp. 133-141
- Fresa, A., & Justrell, B. (2020). The Role of Cultural Heritage in the Digital Transformation of Cultural Heritage Institutions. In *Digital Transformation in the Cultural and Creative Industries* (pp. 215-231). Routledge.
- Galani, A., Mason, R., & Arrigoni, G. (2020). *Participatory Heritage in a Digitalising Age: New Perspectives for Museums, Archives and Heritage Sites*. Routledge.
- Gatos, B., Louloudis, G., Causer, T., Grint, K., Romero, V., Sánchez, J. A., ... & Vidal, E. (2019). Ground-truth production in the tranScriptorium project. In *Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2019 International Conference on* (pp. 287-292). IEEE.] [Christlein, V., Gropp, M., & Maier, A. (2017). Warping-based word spotting with gated CNN features. In *2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)* (Vol. 1, pp. 121-126). IEEE.
- Georgios, P., Sotirios, K., Anastasios, D., & Panagiotis, P. (2021). Digital cultural heritage experience in ambient intelligence. *Sensors*, 21(3), 1052.
- Georgopoulos, A. (2018). Contemporary digital technologies at the service of Cultural Heritage. In *Heritage Preservation* (pp. 1-20). Springer, Cham.
- Gomes, L., Bellon, O. R. P., & Silva, L. (2019). 3D reconstruction methods for digital preservation of cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 50, 3-14.
- Gonizzi Barsanti, S., Caruso, G., Micoli, L. L., Covarrubias Rodriguez, M., & Guidi, G. (2015). "3D visualization of cultural heritage artefacts with virtual reality devices". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 40
- Graser, A., & Olaya, V. (2023). "QGIS: Analyzing and Visualizing Geospatial Data." In *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge* (2nd Quarter 2023 Edition).
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). "Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems". In *Transdisciplinary perspectives on complex systems* (pp. 85-113). Springer, Cham

- Guidi, G., Russo, M., & Angheleddu, D. (2014). "3D survey and virtual reconstruction of archeological sites". *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 1(2), 55-69.
- Hasan, R., & Manna, R. (2022). "Open source vs. proprietary software: A comparative analysis." *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 13(3), 56-61.
- Huang, Y., Qin, K., & Chen, J. (2021). "A review of deep learning for 3D data: from representation to applications". *IEEE Access*, 9, 43395-43424
- Ioannides, M., & Quak, E. (Eds.). (2017). *3D research challenges in cultural heritage II: How to manage data and knowledge related to interpretative digital 3D reconstructions of cultural heritage*. Springer.
- Jiang, W., Stefanakis, E., & Cheng, T. (2023). Geospatial artificial intelligence (GeoAI): a review of challenges, methods, applications, and prospects. *International Journal of Geographical Information Science*, 37(3), 470-517.
- Kardas, K., & Mehta, N. (2018). A protracted game of catch up: open access and the significance of digitisation in building digital library collections. *Digital Library Perspectives*, 34(1), 20-31.
- Kerski, J. J. (2021). "Reflections on 60 years of GIS in education." *Journal of Geography*, 120(1), 3-11.] [Schulze, U., Gryl, I., & Kanwischer, D. (2023). "How spatial citizenship education can promote students' understanding of the complexity of global challenges." *Journal of Geography in Higher Education*, 47(1), 124-141.
- Kostyrko, M., Lokś, A., Milo, P., & Żralka, J. (2021). Mapping the Invisible. Using GPR and Magnetic Survey to Reveal Buried Maya Architecture and Urban Structures at Nakum, Guatemala. *Remote Sensing*, 13(7), 1234.
- Kotoula, E., Robinson, D. W., & Bedford, C. (2018). Interactive relighting, digital enhancement and inclusive diagrammatic representations for the analysis of rock art superimposition: The Main Pleito cave (CA, USA). *Journal of Archaeological Science*, 93, 26-41.
- Kotoula, E., Robinson, D. W., & Bedford, C. (2018). Interactive relighting, digital enhancement and inclusive diagrammatic representations for the analysis of rock art superimposition: The Main Pleito cave (CA, USA). *Journal of Archaeological Science*, 93, 26-41.
- Lau, K. W., & Lee, P. Y. (2015). "The use of virtual reality for creating unusual environmental stimulation to motivate students to explore creative ideas". *Interactive Learning Environments*, 23(1), 3-18),
- Lin, T. J., & Lan, Y. J. (2015). "Language learning in virtual reality environments: Past, present, and future". *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 486-497
- Luhmann, T., Chizhova, M., & Gorkovchuk, D. (2020). Fusion of UAV and terrestrial photogrammetry with laser scanning for 3D reconstruction of cultural heritage objects. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 43
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., & Boehm, J. (2013). "Close-range photogrammetry and 3D imaging"
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). "The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): a theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality". *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958
- Massa G. A. 1977 Massa G A, *La Sicilia in prospettiva*, Studio editoriale Insubria, Palermo 1709, Reprint Milano 1977, p. 231
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). "Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis". *Computers & Education*, 70, pp. 29-40

Messina A., *Le chiese rupestri della Puglia e Basilicata*, Mario Adda, Bari, 1998.

Migliario F., *Per una storia delle strutture agrarie nella valle del Turano tra Antichità e alto Medioevo: alcune riflessioni sulla massa Nautona e la massa Taurana*, in É. Hubert (a cura di), *Une région frontalière au Moyen Age. Les vallées du Turano et du Salto entre Sabine et Abruzzes*, Roma, 2000, p. 53-65].

Minutoli F., Salvo G., *Nuove forme di accessibilità intellettuale. Proposte per il Museo Regionale di Messina*, in Atti del Convegno “2030 d. C. Proiezioni future per una progettazione sostenibile”, Alessandra Cernaro, Ornella Fiandaca, Raffaella Lione, Fabio Minutoli (a cura di) pp. 409-420, Gangemi Editore International, Roma, 2022 .

Ott, M., & Pozzi, F. (2011). “Towards a new era for Cultural Heritage Education: Discussing the role of ICT”. *Computers in Human Behavior*, 27(4), pp. 1365-1371

Pánek, J. (2022). “Participatory mapping in community engagement.” In *The Routledge Handbook of Community Development* (pp. 291-303). Routledge.

Papaodysseus, C., Rousopoulos, P., Giannopoulos, F., Zannos, S., Arabadjis, D., Panagopoulos, M., ... & Papazoglou, E. (2019). Identifying the writer of ancient inscriptions and Byzantine codices. A novel approach. *Computer Vision and Image Understanding*, 121, pp. 57-73.

Parrinello S., Picchio F., Bercigli M. (2016), The ‘migration’ of reality in virtual scenarios: databases and documentation systems for the musealization of complex environments. *Disegnarecon*, n. 9(17), 14-1; Salvo G., *Analisi tecnico-costruttive sull’impianto termale in c.da Sofiana in Quaderni di Archeologia*, Vol XII: pp.9-80, Fabrizio Serra Editore, Pisa – Roma, 2022.

Passalacqua F., Fiandaca O., Salvo G. (c.d.p.), *Il “fondo speciale espropriazioni” per Messina 1908. Da via Ferdinanda a via Garibaldi: un ripensamento "suggerito" dalla contingenza antisismica in Oltre lo sguardo. Interpretare e comprendere la città* Atti del XI Congresso Biennale dell’Associazione Italiana di Storia Urbana AISU, Ferrara, 13-16 settembre 2023, pp. 1-16 (in corso di pubblicazione).

Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., & Chamzas, C. (2017). Methods for 3D digitization of cultural heritage. *Journal of cultural heritage*, 8(1), pp. 93-98.

Piccialli, F., & Chianese, A. (2017). Cultural heritage and new technologies: trends and challenges. *Personal and Ubiquitous Computing*, 21(2), pp. 187-189

Pierdicca, R., Paolanti, M., Matrone, F., Martini, M., Morbidoni, C., Malinverni, E. S., ... & Frontoni, E. (2020). Point cloud semantic segmentation using a deep learning framework for cultural heritage. *Remote Sensing*, 12(6), 1005.

Pintore, G., & Gobbetti, E. (2014). “Effective mobile mapping of multi-room indoor structures”. *The Visual Computer*, 30(6), pp. 707-716.

Remondino, F. (2011). “Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning”. *Remote Sensing*, 3(6), pp. 1104-1138.

Remondino, F., & Rizzi, A. (2010). “Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites—techniques, problems, and examples”. *Applied Geomatics*, 2(3), pp. 85-100.

Rodríguez-González, P., Muñoz-Nieto, A. L., del Pozo, S., Sanchez-Aparicio, L. J., Gonzalez-Aguilera, D., Micoli, L., Pierdicca, R. (2017). 4D reconstruction and visualization of cultural heritage: Analyzing our legacy through time. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 42.

Salvo G. (2023), *Zancle Transita in Messana. L'affioramento virtuale del frammento urbano stratificato negli isolati 402 e 403*, in *Los cuadernos del ReUSO. Oportunidades que ofrece la tecnología digital para los problemas de documen-*

tación, seguimiento, uso y visualización del patrimonio arquitectónico y ambiental, Adela Rueda Márquez de la Plata, Pablo Alejandro Cruz Franco (a cura di), Atti del XI Congresso internazionale sulla documentazione, conservazione e Riutilizzo del Patrimonio architettonico REUSO, Cáceres, 18-21 ottobre 2023, pp. 156-167, Dykinson S.L, Madrid 2023.

Salvo G., Tomasello G. (2024), Un compendio di stratificazione storico-architettonica a Messina nell'area di Largo San Giacomo: dai resti archeologici alle sopraelevazioni sugli isolati del '900, in *Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*, Yosebel Boffill, Ignacio Lombillo, Haydee Blanco (a cura di), Atti del 10th Euro-American Congress Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management Rehabend 7-10 maggio 2024, pp. 2421-2429, Círculo Rojo - University of Cantabria, 2024.

Schilling, A., Bolling, J., & Nagel, C. (2016). "Using glTF for streaming CityGML 3D city models". In *Proceedings of the 21st International Conference on Web3D Technology*, pp. 109-116.

Scopigno, R., Cignoni, P., Pietroni, N., Callieri, M., & Dellepiane, M. (2017). "Digital Fabrication Techniques for Cultural Heritage: A Survey". *Computer Graphics Forum*, 36(1), 6-21

Statham, N. (2019). "Scientific rigour of online platforms for 3D visualization of heritage". *Virtual Archaeology Review*, 10(20), 1-16

Terras, M., Nyhan, J., Vanhoutte, E., & Wilks, Y. (2021). *Computational Methods for Literary-Historical Textual Scholarship*. Cambridge University Press.

Ullah, S., Ahmad, K., Sajjad, M., Abbasi, A. M., Nazeer, A., & Tahir, A. A. (2023). "Geospatial big data analytics and artificial intelligence in environmental remote sensing: A review." *Remote Sensing*, 15(2), 298.

Veenendaal, B., Brovelli, M. A., & Li, S. (2022). "Review of Web and Cloud GIS Technologies." *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(2), 118.

Younes, G., Kahil, R., Jallad, M., Asmar, D., Elhajj, I., Turkiyyah, G., & Al-Harithy, H. (2017). Virtual and augmented reality for rich interaction with cultural heritage sites: A case study from the Roman Theater at Byblos. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 5, 1-9.

Zhang, Y., Han, M., & Chen, W. (2023). Digital twins for cultural heritage conservation: A systematic review. *Journal of Cultural Heritage*, 60, 238-254.

Vera D. (1999), *Massa Fundorum. Forme della grande proprietà e poteri della città in Italia da Costantino a Gregorio Magno*, in *Mélanges de l'école française de Rome*, n. 111, a. 1999, II, pp. 991-1025.

### Capitolo 3

- Arena, A. et alii (2018). *L'altra Messina: Una città di carta. Tracce di DNA restituite dai documenti dell'Ufficio Speciale delle Espropriazioni*. Aracne Editrice
- Aricò, N. (1988) *Cartografia di un terremoto: Messina 1783*. Electa
- Aricò, N. (2004) *In nova urbe Messane: un palinsesto urbanistico del secolo XII*. In: *Le città medievali dell'Italia meridionale e insulare* p. 254-278.
- Aricò, N. (2013) *Una città in architettura. Le incisioni di Francesco Sicuro per Messina*. Caracol
- Bacci, G., M. (2002). *La carta archeologica*, in *Da Zancle a Messina II.2*. 9-14. Pacini Editore
- Bacci G.M., Tigano G. (2001), *Da Zancle a Messina: un percorso archeologico attraverso gli scavi*, Volume 2, Sicania.
- Barbaro Poletti E. (1986), *La chiesa ed il monastero del SS. Salvatore dei Greci in Messina (la storia ed un documento inedito)*. Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Arte Medievale e Moderna della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Messina 1985-1986, 9-10: 5-19.
- BCPA numero 2 fondo Francesco Valenti;
- Bernabò Brea, L. (1993). *Lo stretto di Messina nella preistoria*. Atti del Conv. di St. sulla Magna Grecia, 189-219
- Beroso C. (1550). *I cinque libri de le antichità de Beroso sacerdote Caldeo. Con lo commento di Gioianni Annio di Viterbo teologo eccellentissimo*, Tradotto da Pietro Lauro modonese. Venetia: per Baldissera Constantini al segno de San Georgio.
- Buonfiglio, G. C. (1606), *Messina città nobilissima, descritta in VIII libri*. Lib. IV, v32. Presso Gio. Ant. & Giac. de' Franceschi Ciuccarelli C., *Messina e Reggio Calabria monumenti perduti in terremoto il maremoto del ventiotto dicembre milleenovecentootto* in GV 2008.
- Cavallaro L., Cernaro A., Salvo G. (2018c), "Il Case History nel Fascicolo del Fabbicato: contenuti, gestione e strumenti. I suoi contenuti a partire dal patrimonio architettonico messinese, in *REUSO 2018: L'intreccio dei saperi per rispettare il passato interpretare il presente salvaguardare il futuro*, Minutoli F. (a cura di), Roma.
- Cavallaro L., Cernaro A., Salvo G. (2018d), "Dalle pratiche di esproprio del nuovo Palazzo municipale e strade adiacenti alle elaborazioni multimediali", in *L'altra Messina: una città di carta. Tracce di DNA restituite dai documenti dell'ufficio speciale delle espropriazioni*, Arena A., Arena M., Fiandaca O., Passalacqua F. Roma.
- Cernaro A., Cavallaro L., Salvo G. (2018b), Il "Case History" nel Fascicolo del Fabbicato: contenuti, gestione e strumenti. La sua gestione a partire dal patrimonio architettonico messinese, in *REUSO 2018: L'intreccio dei saperi per rispettare il passato interpretare il presente salvaguardare il futuro*, Minutoli F. (a cura di), Roma.
- D'Ambrosio G. (1701), *Tributi di affetto di Messina alla Maestà di Filippo V, per Ant. Arena, Messina*.
- D'Amico E. (2012), *L'antica chiesa di S. Giacomo Apostolo a Messina*. Archiv. Storic. Messinese 2012, 93.
- De Ciocchis G.A. (1742), *Relazione del Regio visitatore Mons. Giovanni Angelo De Ciocchis del 1742*
- Fazello T. (1573), *Le due decche dell'istoria di Sicilia*, Appresso Domenico & Gio. Battista Guerra fratelli
- Fiandaca O., Salvo G. (2016), "L'area archeologica di Sophiana. Rilettura critica degli interventi eseguiti per ristabilire i capisaldi di un progetto di fruizione", in *Scienza e Beni Culturali collana 2016 "eresia ed ortodossia nel restauro. Progetti e realizzazioni"* Giornate di studi Bressanone 28 giugno – 1 luglio 2016, Venezia.

- Fiandaca O., Salvo G. (2017), “La restituzione virtuale di un sito archeologico. Il complesso termale di Sophiana”, in ReUso. Granada 2017: Sobre una arquitectura hecha de tiempo, Milagros Palma Crespo et alii (a cura di), Granada
- Foti G. (1992), Storia, arte, tradizioni nelle chiese dei casali di Messina, Messina.
- Gallo A. (1784). Lettere scritte da Andrea Gallo e dirizzate al signor Cavaliere N.N. delle Reali Accademie di Londra, Bordò e Upsal pelli terremoti del 1783 con un giornale meteorologico de' medemi. Messina
- Gallo C. D. (1756), Annali della città di Messina: capitale del regno di Sicilia dal giorno di sua fondazione sino a tempi presenti, Volume 1, Gaipa.
- Gallo C. D. (1758), Gli annali della città di Messina, Volume 2. Tip. Filomena (ristampa 1879)
- Giangiulio, M. (2021), Rituali per i fondatori. Callimaco (fr. 43 Pf. = 50 Mass.) e le norme rituali da Selinunte (CGRN 13 A 9–15). *Klio* 103 (1): 30–41. <https://doi.org/10.1515/klio-2020-0306>.
- Grosso Cacopardo G. (1841), Guida per la città di Messina., Stamperia di G. Fiumara, Messina.
- Guida urbana del 1902, Messina e dintorni guida a cura del Municipio (ristampa del 1980 a cura della Società di Storia Patria)
- Iannucci, A. (1998), Callimaco e la ‘discordia’ degli ecisti di Zancle (Call. Aet. II, fr. 43 Pf. = P. Oxy. 2080 col. II, 73), In *Sileno* 24, nr. 1/2, 1998, pp. 173–179.
- La Corte-Cailler G. (1998), Il mio diario: 1893-1903, Molonia G. (a cura di), GBM, Messina
- La Farina G, Messina (1840) ed i suoi monumenti, Stamperia di G. Fiumara, Messina.
- Lo Curzio, M. et alii (2017). 1823 Hittorff a Messina. La scoperta di una città nuova. Edas
- Maurolico F. (1562) Compendio di storia della Sicilia, Irrera F. e Puzzello G. (a cura di), Pungitopo 2020
- Maurolico S. (1613) MAUROLICO SILVESTRO. Historia sagra intitolata mare oceano di tutte le religioni del mondo. Divisa in cinque libri. In Messina, nella Stamperia di Pietro Brea.
- Molonia G., Principato N. (2002), Il quartiere S. Salvatore dei Greci di Messina. Guida storico-artistica, Messina.
- Oliva G. (1914), Messina Prima e dopo il disastro, Principato
- Orsi, P. (1916). Messina: La necropoli romana di S. Placido e di altre scoperte avvenute nel 1910 - 1915. Ulrico Hoepli
- Pirri R. (1733), Sicilia sacra disquisitionibus et notitiis illustrata, Volume 1, Antonino Mongitore apud haeredes Petri Coppulae
- Regiae visitationes*: Palermo, Archivio di Stato (AdS), Regia Conservatoria di Registro, 1310, f. 38v.
- Rizzo G. (2007), Annali della città di Messina 1862-1889, Intilla editore, Messina.
- Salinas e Columba (1915), Terremoto di Messina (28 dicembre 1908). Opere d'arte recuperate dalle RR. Soprintendenze dei monumenti, dei musei e delle gallerie di Palermo, Palermo 1915.
- Salvo G., Cavallaro L., Cernaro A. (2018a), Il “Case History” nel Fascicolo del Fabbriato: contenuti, gestione e strumenti. I suoi strumenti a partire dal patrimonio architettonico messinese, in REUSO 2018: L'intreccio dei saperi per rispettare il passato interpretare il presente salvaguardare il futuro, Minutoli F. (a cura di), Roma.
- Samperi P. (1644) Iconologia della Gloriosa Vergine Madre di Dio Maria Protettrice di Messina, Messina MDCXLIV
- Samperi P. (1742), Messina illustrata in dodici libri, vol. I-II, Messina.

- Scaduto M. (1947), *Il monachesimo basiliano nella Sicilia medievale. Rinascita e decadenza. Secoli XI-XIV*. Edizioni di Storia e Letteratura, Roma (ristampa 1982)
- Scibona, G. (1983), *Messina: Sequenza Stratigrafica Nell'area Del Palazzo Della Cultura* (Is. 373). Archivio Storico Messinese 42, 5-39, Società Messinese di Storia Patria
- Scibona G. (1992), s.v. Messina, in *BTCG*, X, Pisa-roma 1992, 16-36.
- Scibona G. (1993), *Punti fermi e problemi di topografia antica a Messina, 1966-1986*, in *Lo Stretto crocevia di culture. atti del XXVi convegno di studi sulla Magna Grecia* (Taranto-Reggio Calabria 1986), Taranto 1993, 433-458.
- Scibona G. (1999-2002), *La fortificazione greca e un nuovo quartiere di Messina in età classica*, in Bacci, Tigano 1999-2002, ii/1, 51-74.
- Scibona G. (2009a), *Decreto sacerdotale per il conferimento della euerghesia a Nemenios in Halaesa*, in *Alaisa-Halaesa. Scavi e ricerche (1970-2007)*, Messina 2009, 97-112.
- Scibona G. (2009b), G. P. M. Vincenzo Federico Pogwisch, minore conventuale, archeologo, in Miceli c., Passantino a. (edd.), *atti del convegno di studio Francescanesimo e cultura nella provincia di Messina*, Palermo 2009 (Franciscana, 27), 321-324.
- Scibona G. (2001), *MESSINA: SEQUENZA STRATIGRAFICA NELL'AREA DEL PALAZZO DELLA CULTURA (IS. 373)*» in *Da Zancle a Messina: un percorso archeologico attraverso gli scavi*, Volume 2, Sicania 2001.
- Strabone, Trad. Ambrosoli F. (1832), *Geografia*. Vol. 3, Libro VI, Capitolo III, Capo III. Wikisource
- Tigano, G. (2017), *Da Zancle a Messina II.1 Nuovi dati di archeologia urbana*. Pacini Editore
- Tigano, G. (2018), *LA RICERCA ARCHEOLOGICA A MESSINA E PROVINCIA TRA IL 2013 E IL 2018*, Arch. St. Messinese n°99, pp. 177-211, 2018, Messina
- Tranchina, Antonino. 2023. "The Early Manuscripts of San Salvatore de Lingua in Messina (Mid-12th Century): Surveying the Chief Decorator" *Arts* 12, no. 3: 98. <https://doi.org/10.3390/arts12030098>

