

Le Terme di Santa Venera al Pozzo: il reale archeologico, il digitale immersivo, l'analogico in 3D

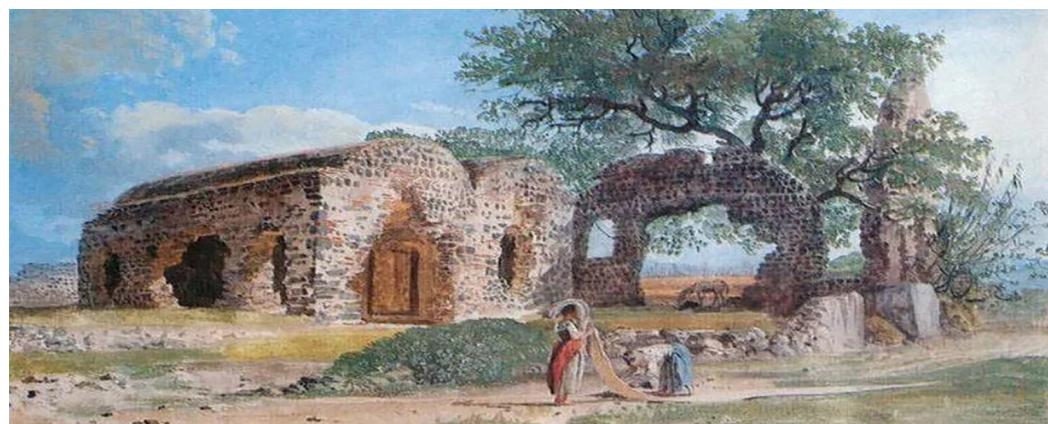
Giuseppe Di Gregorio
Gabriele Liuzzo

Abstract

L'occasione di approfondire tematiche e ricerche sui beni culturali a partire dalla collaborazione con il territorio costituisce da sempre un'occasione imperdibile. Nell'ambito di un finanziamento ottenuto dal GAL TERRE DI ACI è stata avviata una collaborazione con l'Università di Catania. Tra le varie attività la formazione di operatori per la creazione di gemelli digitali e lo sviluppo di modelli 3D per realtà virtuale (VR) e immersiva (IVR). L'obiettivo sono state le terme romane di Santa Venera al Pozzo. Le terme rientrano in una più ampia area archeologica, che costituisce una delle eccellenze del territorio di Acireale (Catania) e dintorni. I resti monumentali dell'area di Santa Venera al Pozzo sono noti alla letteratura archeologica soprattutto per le terme, per la presenza di sorgenti di acque termali solfuree e per la chiesa di Santa Venera. I due grandi ambienti con copertura a botte delle terme, ancora oggi visibili, andrebbero riferiti a un completo rifacimento dell'impianto, databile al III/IV secolo. I modelli di visualizzazione avanzata hanno dato luogo a due tipologie di risultati, la prima con scanner fotografico tramite il sistema Matterport, la seconda tramite laser scanner e drone per creare modelli 3D fruibili tramite Unity, infine un ritorno all'analogico tramite una stampa 3D. Di seguito i risultati delle ricerche ottenuti e gli sviluppi futuri.

Parole chiave

Gemelli digitali, rilievo digitale, AR VR, stampa 3D, IA.



L'impianto termale di
Santa Venera al Pozzo
(acquerello di J. Houel).

Introduzione: il significato delle terme nel territorio

Nel 2010 è stato istituito il Parco Archeologico delle Aci (comprendente vari comuni del circondario di Acireale), avviando una nuova strategia di gestione dei beni culturali, "L'area archeologica non è più un bene isolato ma il cuore di un sistema territoriale" [Branciforti 2011, p. 12]. Diversi gli studi che si occupano di quest'area, non solo come valore archeologico, ma come significato del suo rapporto con il territorio [Branciforti 2006, p. 16]. Il parco è propulsore di iniziative di promozione e valorizzazione che rilanciano economicamente un'area territoriale. Il sito di Santa Venera al Pozzo (fig. 1), ricadente nel territorio di Aci Catena (Catania), rappresenta il baricentro del parco da cui inizia una parte fondamentale della storia di questi luoghi. L'occasione all'origine fu sicuramente la presenza del fiume Aci, l'attestazione è diretta al toponimo Akis, da cui tutta la nomenclatura di siti e paesi dell'area, "il culto è quello di Aci, Galatea e Polifemo" [Brancato 2021, p. 31]. La presenza idrica fu essenziale per la realizzazione delle terme. Dalle indagini nell'intera area sono state rinvenute strutture databili tra il IV sec. a.C. e il IV sec. d.C. [Brancato 2021, p. 58]. I due grandi ambienti termali superstiti con copertura a botte andrebbero invece riferiti a un completo rifacimento dell'impianto, databile al III/IV secolo [Brancato 2021, p. 34]. Gli studi partono fin dalla metà del XVI secolo e poi nel XVIII e XIX vengono descritte e illustrate da archeologi, studiosi locali, viaggiatori, incisori e pittori. Senza soffermarsi oltre gli aspetti storici e archeologici trattati in maniera più compiuta da specifici studi recenti, si comprende quindi il significato dell'area per il territorio e l'impegno di studi e finanziamenti per la loro conoscenza, valorizzazione e divulgazione.

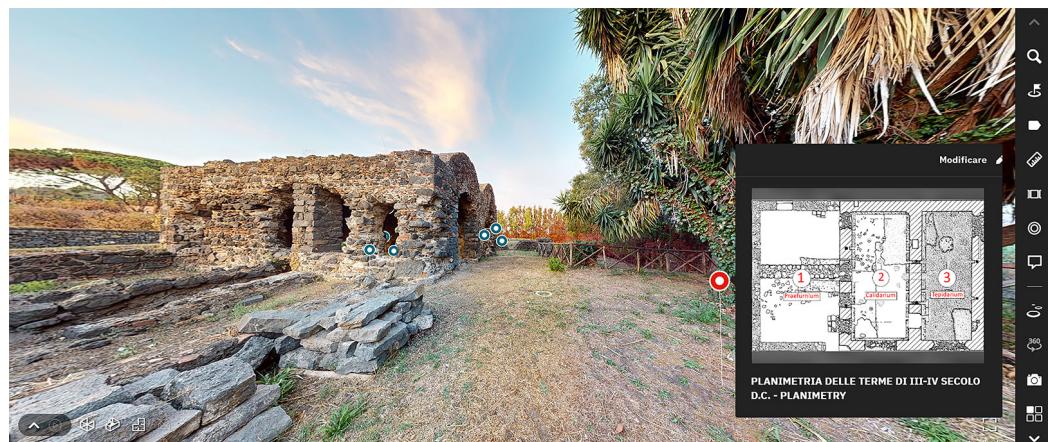


Fig. 1. Le terme visualizzate in Matterport con il punto di interesse 1 contenente la planimetria (immagine degli autori).

L'occasione con il GAL e il territorio

La gestione e tutela del patrimonio archeologico, è sempre più implementata da un'attività di divulgazione trasferita con device avanzati, oltre i visori 3D oggi assistiamo all'esperienza IVR tramite VR CAVE. Quest'atteggiamento sociale è espressione di un'utenza di ricercatori, specialisti, ma anche turisti sempre più tecnologica e culturalmente avanzata. Nell'ambito di un'attività finanziata dalla regione, il GAL TERRE DI ACI ha chiesto la collaborazione dell'Università degli Studi di Catania e quindi degli autori, per la formazione di diciotto unità di personale, tutte con competenze post-laurea provenienti da diversi percorsi di studi, per la creazione di gemelli digitali finalizzati alla VR e IVR. L'attività prevedeva la navigazione dei modelli in VR e IVR ma anche AR tramite diversi device quali cardboard e visori 3D, tra questi l'Oculus Quest 2 e l'HTC VIVE. Le attrezzature a disposizione sono state una camera a luce strutturata Matterport Pro2, software SFM e PC con schede grafiche performanti. Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura ha poi messo

a disposizione ulteriori attrezzature, tra cui lo scanner Matterport Pro3, il laser scanner Leica BLK360 e per le riprese aeree un drone Autel Evo2 (fig. 2). Le elaborazioni dei gemelli digitali e delle nuvole provenienti dai diversi strumenti di acquisizioni sono state gestite con i software *Zephyr* della *3DFlow*, *Metashape* della *Agisoft* e *Cyclone* della *Leica Geosystems*. L'attenzione inizialmente posta alle terme è stata estesa alla piccola chiesa di Santa Venera e alle fornaci anch'esse risalenti al periodo romano (fig. 12). La finalità del gemello digitale è stata quindi molteplice: creare un modello navigabile tramite il sistema *Matterport* e quindi anche tramite visori ad un'utenza di studiosi, di cultori, di turisti culturali, la creazione di un modello *open source* implementato e implementabile con dei *tags* verificati dagli archeologi preposti, un modello disponibile *open source* ad un gruppo di professionisti formati dal corso finanziato dal GAL. La creazione di modelli *Matterport* come è noto è *open source* e accessibile da qualunque utente. L'altro modello digitale tramite *Unity* presenta un percorso e finalità parallele finalizzate ad una gestione 3D libera dalle politiche gestionali di *Matterport*.



Fig. 2. Foto obliqua da drone delle terme e parte dei ruderi circostanti (immagine degli autori).

L'acquisizione e l'elaborazione dei dati

L'intera *pipe-line* per arrivare ai prodotti di VR si articola come un processo di saperi che richiede approcci multidisciplinari [Battini 2017, p. 13]. La finalità è esprimere al meglio l'oggetto indagato nelle sue complesse specificità, per comunicarne al meglio i contenuti. La metodologia adottata ha previsto due lavori distinti, una con il sistema *Matterport*, l'altra con uno scanner *lidar* e drone. Le riprese con lo scanner *LiDAR* Leica BLK sono state unite alle nuvole ottenute dalle elaborazioni SFM delle immagini da drone. Le fasi di acquisizione dei dati sono avvenute con la camera a luce strutturata *Matterport Pro2* per l'interno della chiesa di Santa Venera. Considerate le sue limitazioni di esposizione alla luce solare, il lavoro per le parti esterne è stato gestito con la camera *Matterport Pro3* (fig. 1), dotata anche di un sensore attivo *LiDAR*, complessivamente sono state registrate 70 scansioni. L'estradosso delle due volte delle terme e l'area circostante sono stati acquisiti con il drone *Autel Evo2* (fig. 2), ad un'altezza di volo di circa 40 m, con impostazione automatica dei parametri fotografici, prevedendo un poligono

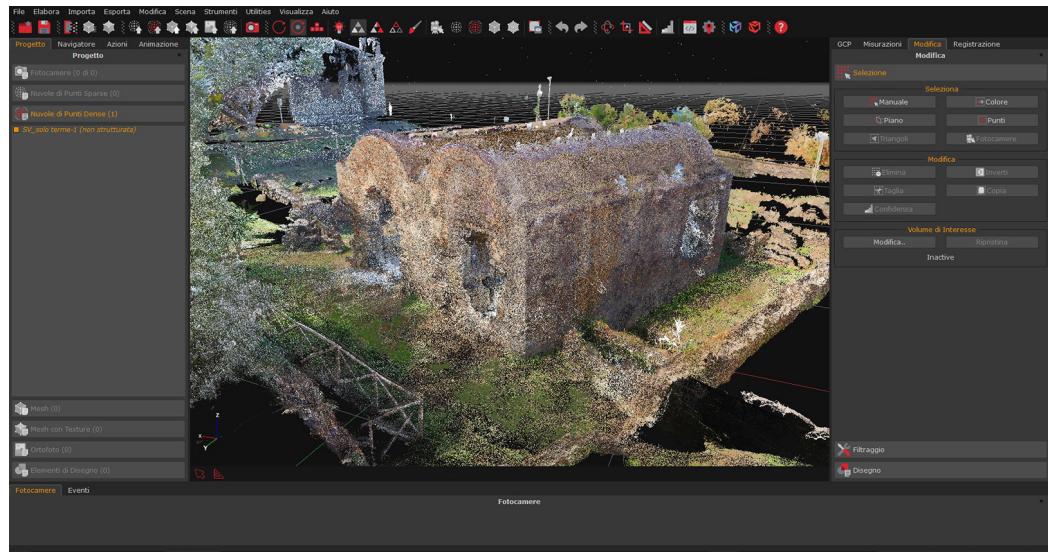


Fig. 3. Elaborazione con il software Zephyr della nuvola grezza da laser scanner Leica BLK360 (immagine degli autori).

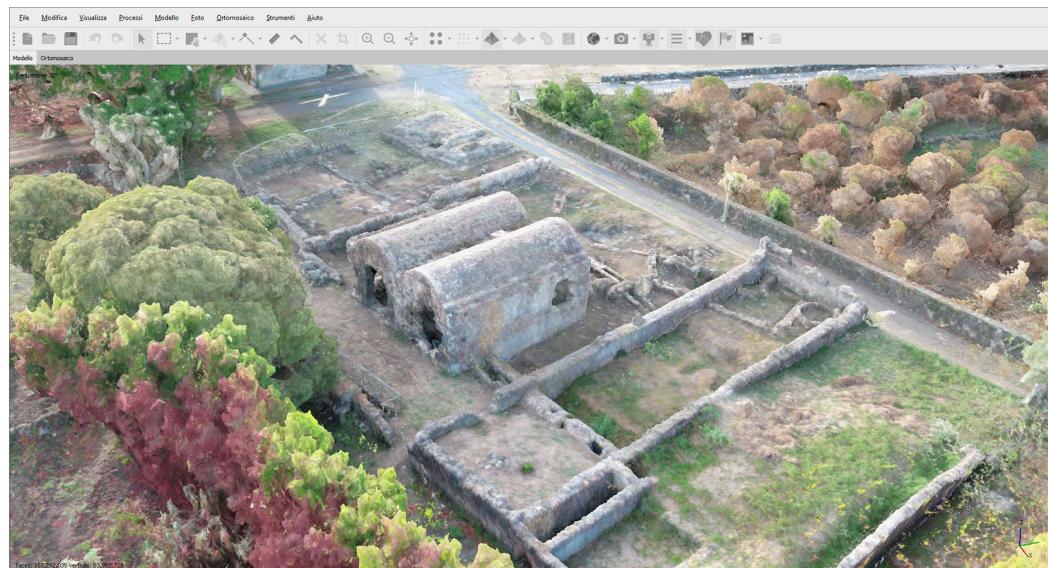


Fig. 4. Elaborazione con il software Metashape del set fotografico da drone Autel EVO2 (immagine degli autori).

limitato dai vertici con coordinate GPS. Le elaborazioni delle nuvole provenienti dai diversi strumenti sono state elaborate con i software Zephyr della 3DFlow (fig. 3) e Metashape della Agisoft (fig. 4). La restituzione grafica vettoriale 3D della pianta è stata resa dalla versione Pro del software Zephyr.

Un ulteriore elaborazione è stata resa con il laser scanner Leica BLK360, registrando 141 scansioni di cui 95 per le terme con uno step tra i punti di 3 mm (fig. 6). I lavori creati per le terme, la chiesa e le fornaci, attraverso le camere a luce strutturata, sono stati inseriti nell'ambiente di lavoro Matterport e resi fruibili in remoto tramite il visore Oculus Quest 2. Il modello 3D creato con il laser scanner e la nuvola resa con le foto (fig. 7), sono stati alla base del processamento con Unity 3D, per l'estrazione del file .apk per l'Oculus Quest 2 (fig. 8).

Il processo con Matterport non è avvenuto linearmente, ma sono stati testati più volte i risultati per poi integrarli con nuove acquisizioni fino a un'ottimizzazione che consentisse di avere precisioni dell'ordine del millimetro [D'Agostino 2024, pp. 265, 266].

Rimane il dilemma tra qualità visiva dei dettagli e fluidità del movimento.

Decimazione, segmentazione e qualità visuale

L'enárgeia letta in chiave digitale: la capacità, attraverso una resa dettagliata dei particolari, di condurre con pienezza una persona in una rappresentazione in senso immersivo. La ridondanza delle informazioni, le irregolarità delle superfici e la forte vegetazione presente nell'area archeologica di Santa Venera al Pozzo, hanno dato luogo a nuvole di punti pesanti da gestire. A tal proposito, la comunità scientifica suggerisce la pratica della decimazione e segmentazione della nuvola di punti, ma dalle ricerche condotte si evince che queste procedure automatiche gestiscono in modo indiscriminato la differente concentrazione dei punti della nuvola [Pierdicca 2020, pp. 3-6]. Nemmeno la decimazione manuale guidata ha soddisfatto le aspettative, perché si sono ottenuti modelli con parti non definite, insoddisfacente anche la gestione cromatica e le zone d'ombra, risultando 'ovattati'. Tutte questioni che comportano una diretta perdita di dati con ricadute sulla resa grafica realistica voluta, criticità cui non può prescindere la virtualizzazione 3D immersiva dell'architettura. Verificato che nelle prime elaborazioni il file ha superato le dimensioni accettate dai software per la creazione dell'apk, risultando difficile da gestire dai processori dei visori AR/VR in commercio, si è deciso di utilizzare l'ecosistema Matterport che permette la fruizione dei modelli rilevati con gli strumenti forniti da loro, senza che venga impegnata la memoria dell'headset perché l'esperienza avviene completamente in cloud. Di contro, si tratta di un modello 3D non continuo perché ci si muove su punti di osservazione prestabiliti dalle stazioni di presa dello strumento. Un'altra soluzione è stata il software Cyclone REGISTER 360+, proprietario di Leica, che offre la possibilità di navigare il prodotto finito collegando un visore direttamente al computer in modalità wi-fi.

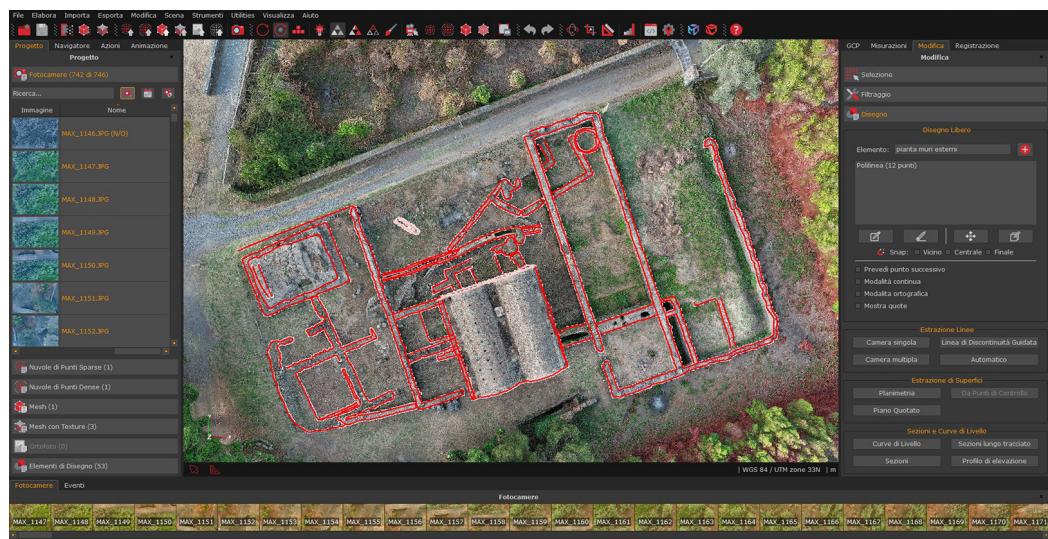


Fig. 5. Restituzione vettoriale con il software Zephyr della pianta delle terme e degli ambienti circostanti (immagine degli autori).

Il modello 3D

Le elaborazioni delle nuvole di punti del rilievo fotogrammetrico, aerofotogrammetrico, della camera a luce strutturata e LiDAR sono risultate dense di informazioni aggiuntive alle successive elaborazioni per generare il modello 3D (fig. 6). Quindi nuvole che hanno genesi diverse, ma rappresentative dello stesso oggetto rilevato. L'unione è stata realizzata con il software Zephyr della 3DFlow (fig. 7) con il quale si è ottenuto un'unica nuvola di punti densa, processata successivamente per la creazione di *mesh* e *texture*. Le scansioni provenienti dallo scanner Leica BLK360 sono state processate con il software Cyclone REGISTER 360+, ricollegate più volte per migliorare il risultato finale. L'elaborazione ha prodotto un modello fruibile dal visore in modalità nuvola di punti con il continuous movement cioè libertà di movimento, e in modalità texturizzata con il movimento vincolato ai punti di stazione. Come processo di apprendimento per la ricerca

condotta, si è utilizzato il *software* di Leica, anche, per importare nuvole di punti in formati diversi elaborate con *Zephyr* (fig. 7). Il modello così ottenuto è completo di informazioni georeferenziali, dimensionali, colorimetriche e tipiche degli oggetti rilevati, andando ad affinare la qualità visiva. I modelli ottenuti necessitano di essere esportati in *obj*, un *data-format* con la posizione dei vertici, della coordinata UV per la *texture*, le normali e le facce che compongono la *mesh*. Prima dell'esportazione il modello è sottoposto a una fase di pulizia per eliminare il 'rumore', cioè parti di superfici che il *software* non è riuscito a posizionare nell'oggetto rilevato e/o altresì porzioni di cielo costituito dalle nuvole, così da restituire un modello 3D più gradevole e un focus dell'area oggetto di studio. Per la creazione del file *apk*, utile per essere caricato dentro il visore AR/VR (fig. 8), è stato scelto il *software Unity 3D* per le comprovate funzioni e prestazioni soprattutto per la realtà aumentata [De Giorgis 2021, pp. 1-402]. La release utilizzata è la versione 2021.3.2f1 LTS, la più indicata per sviluppare ambienti di realtà immersiva. Il modello tridimensionale viene caricato come un solido bianco con asperità proprie del materiale, successivamente viene inserita la *texture* per conferire colore e tridimensionalità a favore della resa grafica e, verificato parametri impostati e comandi dei joypad del visore, è stato esportato nel formato *apk* utilizzando il *software* *Android Studio* per risolvere eventuali errori.

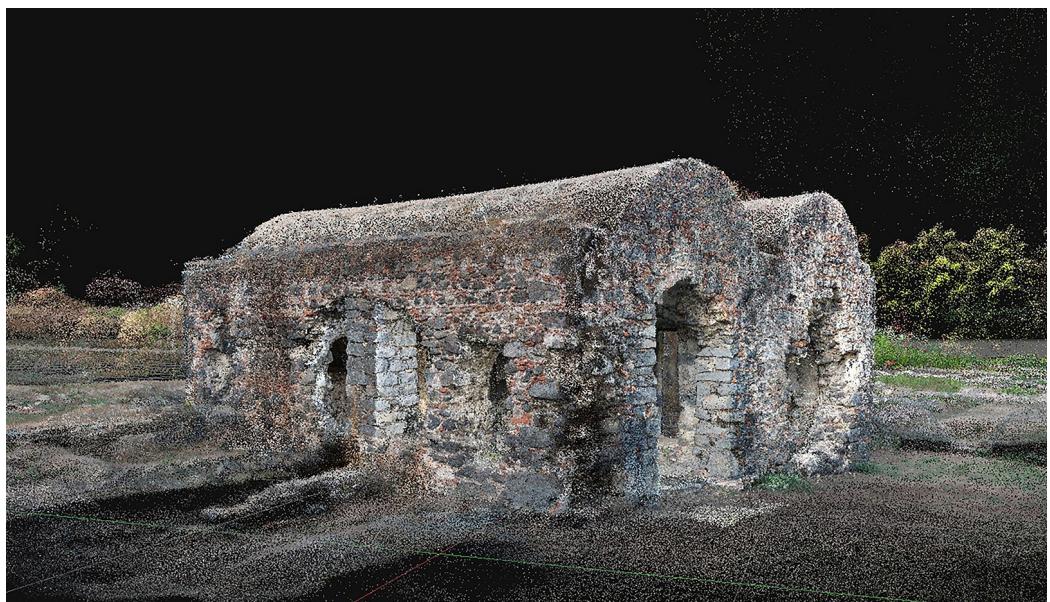


Fig. 6. Elaborazione delle nuvole di punti (immagine degli autori).

La stampa 3D

La ricerca condotta si è voluta spingere oltre l'obiettivo prefissato compiendo un ulteriore step, che potrebbe essere letto come un 'ritorno al passato', ma ha visto nuove trattazioni e tecnologie: dal digitale immersivo all'analogico in 3D [Bocconcino 2024, p. 409]. Questo studio si è concretizzato grazie al GAL TERRE DI ACI che attraverso il progetto *Living Lab* ha promosso anche la stampante 3D, nello specifico una Delta WASP 3MT HDP, che risulta essere la terza più grande del meridione. La stampa 3D è una tecnologia nota come fabbricazione additiva che consente di creare modelli tridimensionali attraverso l'aggiunta di materiale strato dopo strato, partendo da un modello digitale. Il case study si è focalizzato al solo edificio delle terme con l'obiettivo di ottenere una *maquette* dalle dimensioni utili per poterne apprezzare le peculiarità, imitando una pratica dell'architetto Kengo Kuma dove attraverso modellini realizzati in scala opportuna può controllare flussi e illuminazione in modo analogico e solo dopo in digitale. Il modello *.obj* per la riproduzione digitale è stato oggetto di una specifica elaborazione (fig. 9) sfruttando il *software* Rhinoceros 8; in modo particolare il tool di modellazione algoritmica *Grasshopper* con il

quale si è realizzato lo spessore del terreno, tale da fungere da base per il modello e l'esportazione nel formato 3dm per mantenere informazioni su superfici, punti, curve e poter essere eseguito della stampante WASP. Kengo Kuma, nell'intervista per la Biennale 2023, dice: "Attraverso il materiale possiamo imparare a conoscere il luogo e avvicinarci alla sua specificità" [Gugliotta 2023], dunque la scelta del materiale si è concentrata sul PLA, una plastica biodegradabile costituita da risorse naturali rinnovabili. Il processo di stampa (figg. 10, 11) è durato 12 giorni realizzando un modellino fedele alla realtà, in scala con base quadrata di 80 cm, semitrasparente per poterne apprezzare i dettagli anche sfruttando il senso tattile.

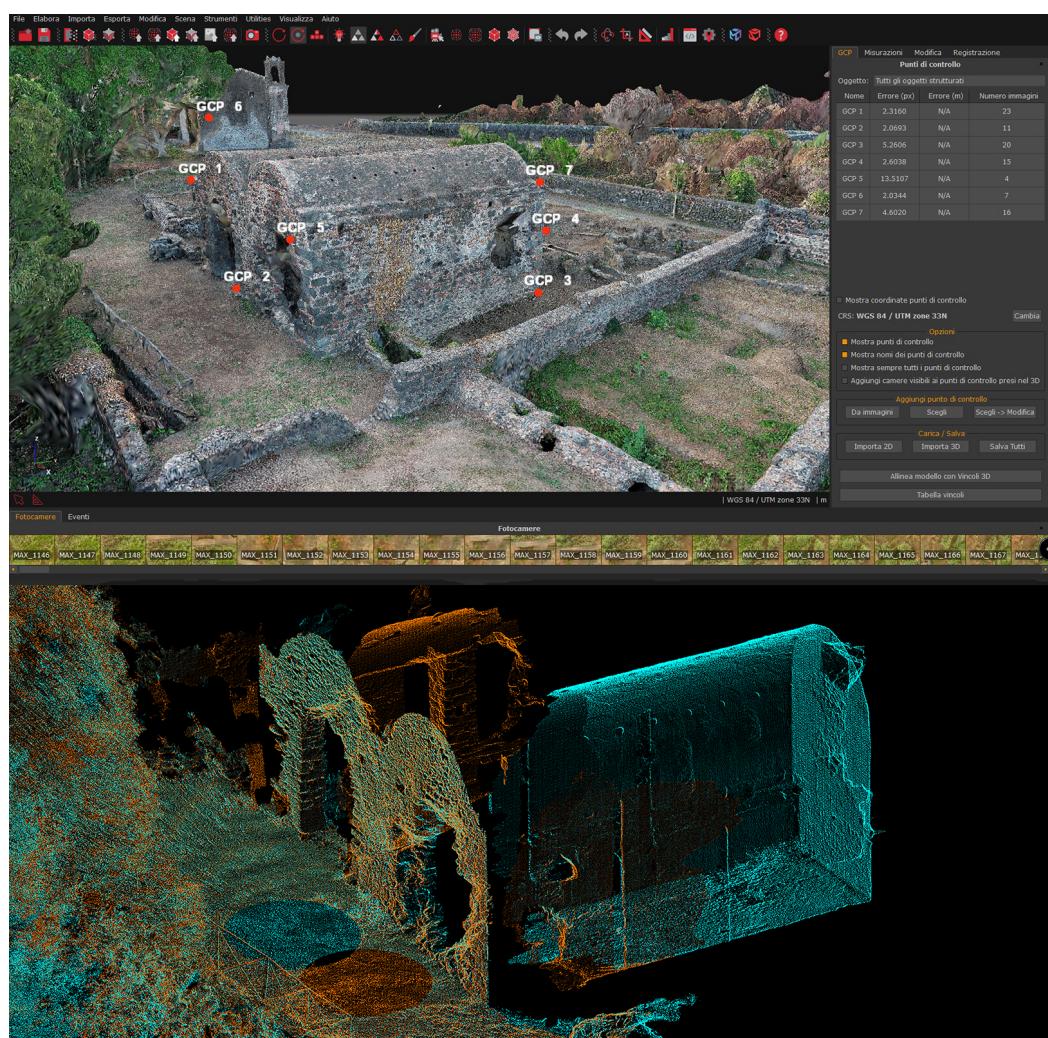


Fig. 7. Sopra: unione con l'applicativo Zephyr dei modelli da fotogrammetria, aerofotogrammetria e laser scanner. Sotto: unione con l'applicativo Cyclone dei modelli da laser scanner BLK360 e Zephyr (immagini degli autori).

Sviluppi futuri

Nonostante i numerosi benefici, la stampa 3D per le *maquette* architettoniche non è priva di sfide: la qualità e la durabilità dei materiali utilizzati sono ancora temi di ricerca e il notevole peso degli oggetti di grandi dimensioni ne limita la trasportabilità. Tuttavia, la tecnologia continua a progredire e si prevede che, con lo sviluppo di nuove tecnologie e nuovi studi, questi ostacoli verranno superati. Il passaggio dal digitale all'analogico ha rappresentato un momento di riflessione sul ritorno alla percezione del reale, nonché a un iter che partendo dal reale, ci trasporta al digitale con percezione sensoriali immersive, con *output* versatili che ci consentono di ritornare attraverso la stampa all'analogico. Tra

gli sviluppi futuri, si è presentata l'idea di stampare in 3D il terzo ambiente oggi non più visibile a scala naturale, a partire dai dati ottenuti, dalle stampe, dai documenti di archivio. La possibilità in via di sviluppo sarebbe possibile attraverso la stampa 3D di singole parti da assemblare. Inoltre, il materiale digitale ottenuto costituisce la base per una comparazione grafica degli ambienti termali con quelli della villa Romana del Casale di Piazza Armerina (EN). Tra gli sviluppi anche di IA con le sperimentazioni attraverso l'utilizzo di *MidJourney*, *DALL·E* (OpenAI), *Stable Diffusion*, *Artbreeder* per le parti crollate.



Fig. 8. Scena estratta dal visore Oculus Quest 2 (immagine degli autori).

Conclusioni

La creazione di modelli digitali di VR e AR, consentono la divulgazione di contenuti esperienziali a un pubblico sempre più ampio ed esigente, sensibilizzando al significato del bene culturale [Giovannini 2024, p. 517]. Di contro rilievi e acquisizioni digitali continuano a costituire l'unico strumento alla base dello sviluppo di progetti di riutilizzo e stanno sempre alla base per nuove investigazioni e indagini su aspetti inusitati creando una banca dati nel tempo. L'occasione avviata con il progetto in questione ha permesso di ottenere dei prodotti per esperienze innovative di visualizzazione e di utilizzare i dati acquisiti per approfondimenti e ricerche tutt'ora in corso che possono inserirsi a pieno titolo nel dibattito culturale [Clini 2024, pp. 2649, 2650]. I due modelli creati con il sistema *Matterport* e con il l'applicazione *Unity* sono stati rivolti a più utenti finali: ai professionisti allievi del corso di formazione tenutosi dal GAL, ai navigatori del WEB attenti ai siti museali, a un turismo sempre più evoluto e acculturato. Queste figure per quanto diverse presentano il comune denominatore di un'attenzione puntuale e scrupolosa per i Beni Culturali, da qui la necessità del rigore metodologico adottato che non può prescindere dalla sensibilità di questa utenza. Una fotografia congela l'attimo della sua acquisizione, un gemello digitale ci restituisce l'esperienza nel tempo e nello spazio, nel suo significato di luogo della memoria. Non possiamo che concordare con il saggio di Colamedici e Arcagni, *L'algoritmo di Babele, storie e miti dell'Intelligenza artificiale*, quando viene affermato che: "le nostre invenzioni non isolate dalla natura ma in essa integrate, ed evocano reazioni e significati che trascendono la mera funzionalità tecnica. Attraverso questa lente possiamo comprendere meglio il modo in cui la tecnologia influenza e si intreccia con la nostra percezione del mondo, arricchendo la comprensione

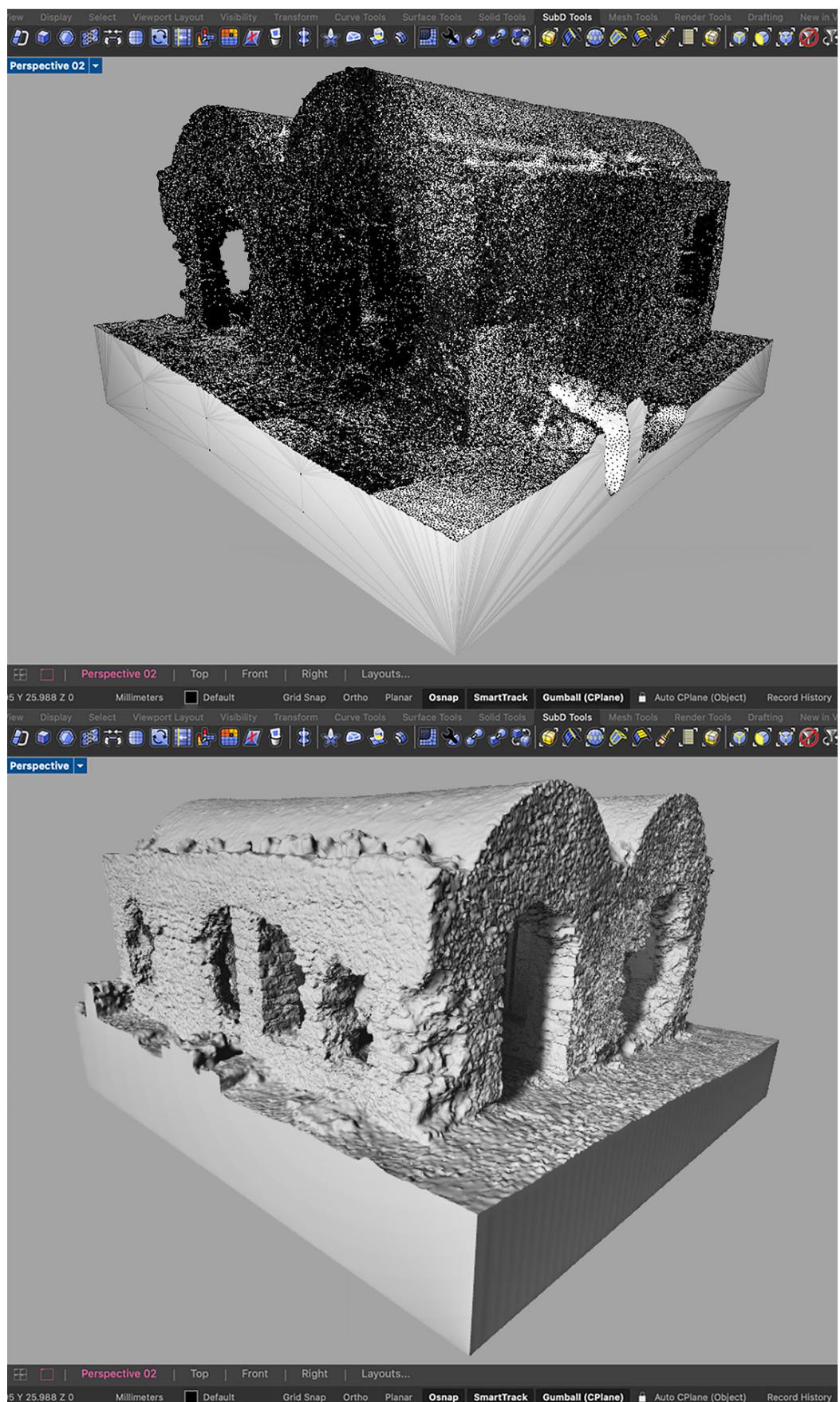


Fig. 9. Due fasi dell'elaborazione del modello 3D con Grasshopper e Rhinoceros (immagini degli autori).

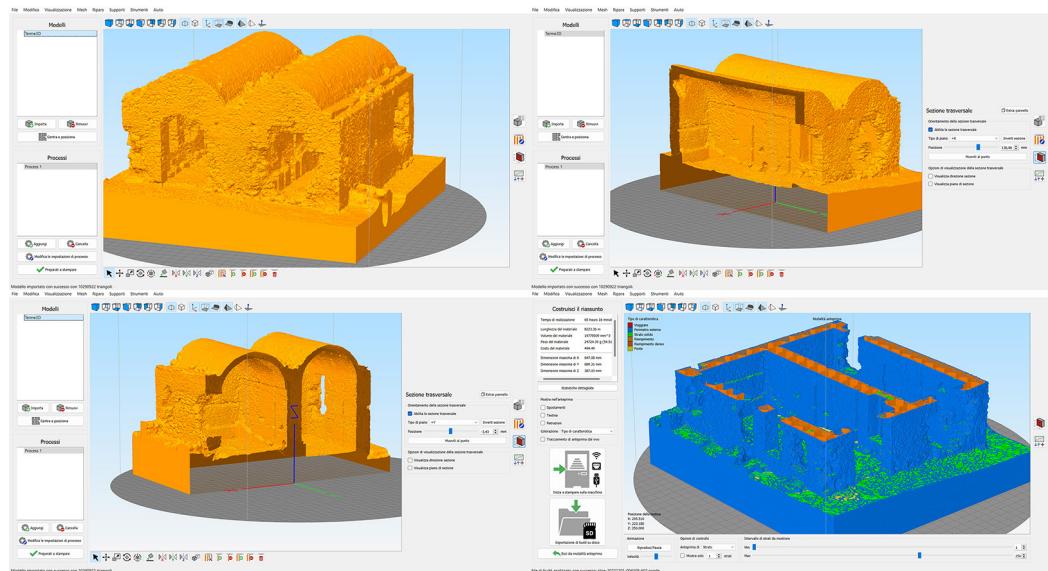


Fig. 10. Fasi del processamento della stampa 3D con il software proprietario (immagini degli autori).

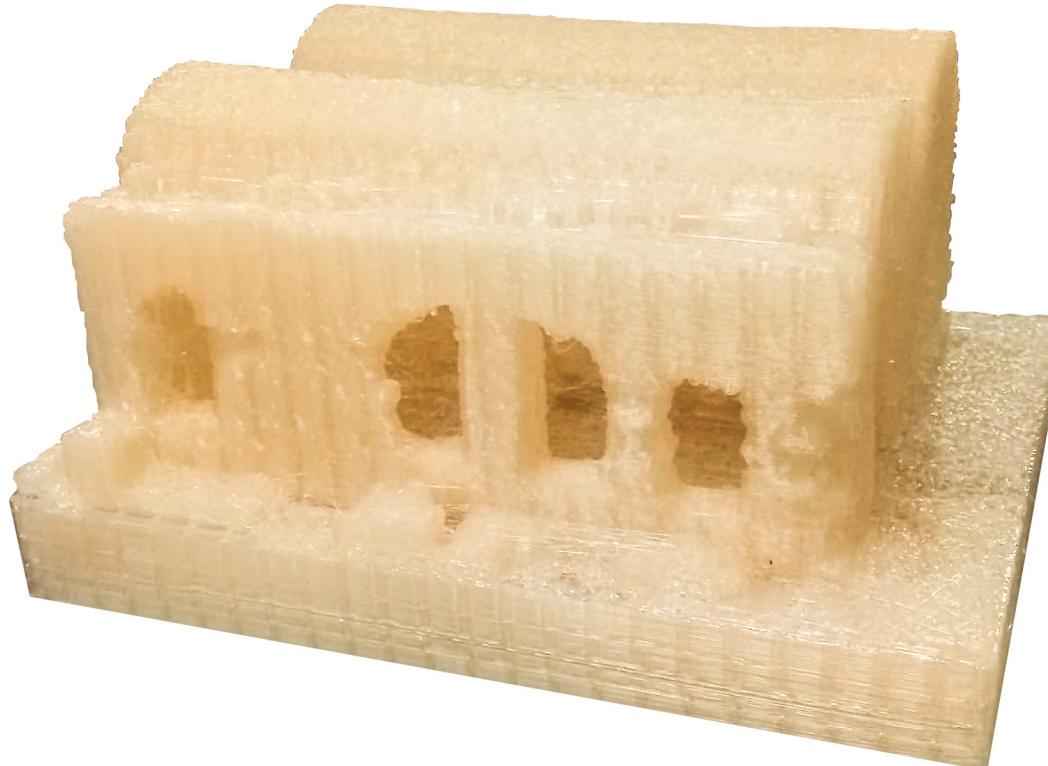


Fig. 11. Maquette risultata dalla stampa 3D in PLA (immagine degli autori).

delle implicazioni culturali delle nostre innovazioni" [Colamedici, Arcagni 2024, p. 12]. Senza dubbio l'accelerazione tecnologica è esponenziale, mentre ancora cerchiamo di approfondire VR, AR e AM, sviluppate appena qualche anno fa, già guardiamo alle opportunità della IA di elaborare le immagini. Il duplice ruolo della rappresentazione e del disegno rimane centrale nel controllo della qualità dei contenuti, sperimentazioni e visualizzazioni di queste nuove frontiere. Lascia perplessi l'affermazione provocatoria di A. Aresu: "L'intelligenza artificiale è l'invenzione definitiva dell'umanità. La sua comparsa sulla scena evoca il rischio dell'estinzione del suo creatore. La sua diffusione, come

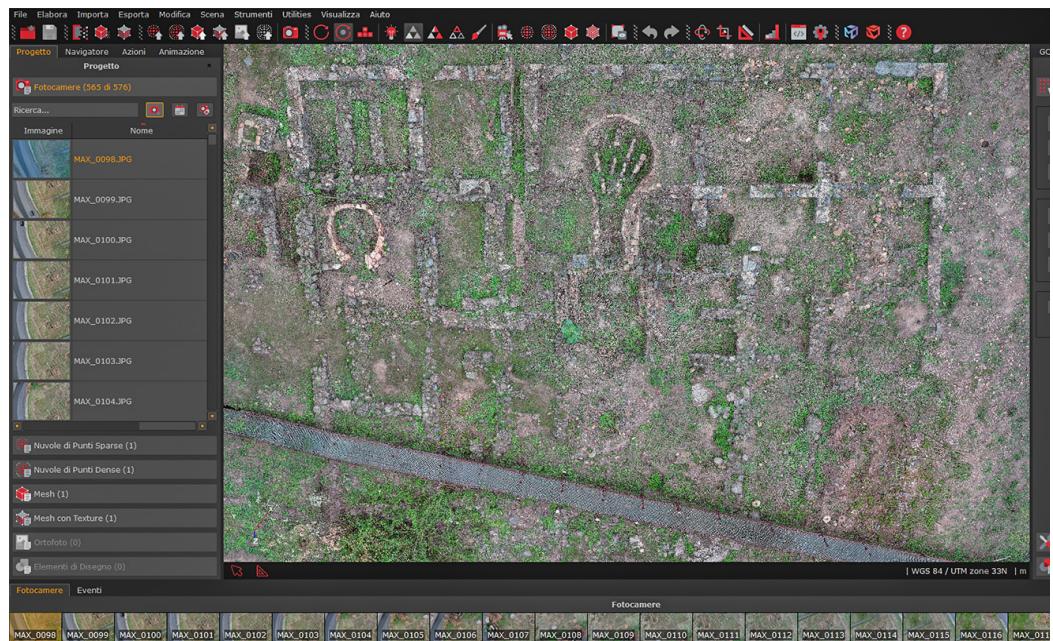


Fig. 12. Elaborazione SFM delle foto da drone delle fornaci (immagine degli autori).

forma di intelligenza generale e superiore, compirà il destino dell'umanità perché porterà al suo superamento" [Aresu 2024, p. 11], poi smentita dallo stesso autore. Se per ekphrasis si intende la descrizione verbale di un oggetto, di luoghi e opere d'arte, con la peculiare ambizione di gareggiare in forza espressiva con l'oggetto, possiamo ritenere che il gemello digitale e la sua elaborazione analogica con la stampa 3D, sono la traduzione espressiva che meglio interpreta il significato di questo termine.

Crediti

Gli autori di comune accordo si attribuiscono i paragrafi nel seguente modo: a G. Di Gregorio *Abstract* e paragrafi *Introduzione: il significato delle terme nel territorio, L'occasione con il GAL e il territorio, L'acquisizione e l'elaborazione dei dati, Sviluppi futuri, Conclusioni*; a G. Liuzzo i paragrafi *Decimazione, segmentazione e qualità visuale, Il modello 3D, La stampa 3D*.

Riferimenti bibliografici

- Aresu, A. (2024). *Geopolitica dell'intelligenza artificiale*. Milano: Feltrinelli.
- Battini, C. (2017). *Realtà virtuale, aumentata e immersiva per la rappresentazione del costruito*. Firenze: Altralinea.
- Boconcino, M., Vozzola, M., Pavignano, M. (2024). Rappresentazione per la valorizzazione: il patrimonio universitario dal gemello digitale al gemello analogico. In F. Stilo, V. Castiglione, I. Cazzaro, M. Ceracchi, F. Natta, M. Pileri, L. Pizzonia, A. Tomalini, N. Tomasella, M. Trivi (a cura di). *EXplorA UID 2024 virtual journey to discover inaccessible heritage*. In *Atti del Premio Giovani UID Vito Cardone 2023*. Roma, 15 marzo 2024, pp. 397-416. Alghero: Publica.
- Brancato, R., Tortorici, E. (2021). *Carta archeologica del territorio delle Aci. Analisi diacronica dei paesaggi tra l'Etna e il Mare Ionio*. Roma: Edizioni Quasar.
- Branciforti, M. G. (2006). *L'area archeologica di Santa Venera al Pozzo - Acium: Antiquarium*. Palermo: Regione Siciliana, Assessorato dei Beni Culturali, Ambientali e della Pubblica Istruzione, Dipartimento dei Beni Culturali, Ambientali e dell'Educazione Permanente.
- Branciforti, M. G. (2011). *Natura e archeologia a Santa Venera al Pozzo: progetto scuola museo*. Palermo: CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace", Assessorato dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana, Dipartimento dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana.
- Clini, P., Angeloni, R., D'Alessio, M., Ferretti, U. (2024). Narrare l'inaccessibile: un virtual immersive movie per le grotte di Palazzo Campana. In F. Bergamo, A. Calandriello, M. Ciammaichella, I. Fiso, F. Gay, G. Liva, C. Monteleone (a cura di). *Misura/Dismisura - Measure/Out of Measure*. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Padova-Venezia, 12-14 settembre 2024, pp. 2647-2666. Milano: FrancoAngeli.
- Colamedici, A., Arcagni, S. (2024). *L'algoritmo di Babele. Storie e miti dell'intelligenza artificiale*. Milano: Solferino, RCS MediaGroup.
- D'Agostino, G., Garozzo, R., Galizia, M. (2024). Il cinema Excelsior di Catania: rilievo e documentazione digitale per la fruizione virtuale di un'architettura degli anni Trenta abbandonata. In F. Stilo, V. Castiglione, I. Cazzaro, M. Ceracchi, F. Natta, M. Pileri, L. Pizzonia, A. Tomalini, N. Tomasella, M. Trivi (a cura di). *EXplorA UID 2024 virtual journey to discover inaccessible heritage*. Premio Giovani UID Vito Cardone 2023. Roma, 15 marzo 2024, pp. 258-272. Alghero: Publica.
- De Giorgis, G. (2021). *Unity. Guida pratica per sviluppare applicazioni di realtà virtuale e aumentata*. Milano: Apogeo.
- Giovannini, E., Minucciari, V., Bottari, V. (2024). Rediscovering and re-functionalizing a forgotten heritage through digital representation techniques. Enzo Venturelli's aquarium-retilarium for a Museum of Japanese Comics and Animation in Turin. In F. Stilo, V. Castiglione, I. Cazzaro, M. Ceracchi, F. Natta, M. Pileri, L. Pizzonia, A. Tomalini, N. Tomasella, M. Trivi (a cura di). *EXplorA UID 2024 virtual journey to discover inaccessible heritage*. Premio Giovani UID Vito Cardone 2023. Roma, 15 marzo 2024, pp. 515-533. Alghero: Publica.
- Gugliotta, F. (2023). *Biennale 2023: la mostra sull'architettura onomatopeica di Kengo Kuma, spiegata*. <https://www.internimagine.it/agenda/mostre/biennale-architettura-2023-mostra-kengo-kuma>.
- Pierdicca, R., Paolanti, M., Matrone, F., Martini, M., Morbidoni, C., Malinverni, E. S., Frontoni, E., Lingua, A. M. (2020). Point cloud semantic segmentation using a deep learning framework for cultural heritage. In *Remote Sensing*, 12(6). 1005. <https://doi.org/10.3390/rs12061005>.

Autori

Giuseppe Di Gregorio, Università degli Studi di Catania, giuseppe.digregorio@unict.it
Gabriele Liuzzo, Università degli Studi di Catania, gabrieleliuzzo@hotmail.it

Per citare questo capitolo: Giuseppe Di Gregorio, Gabriele Liuzzo (2025). Le Terme di Santa Venera al Pozzo: il reale archeologico, il digitale immersivo, l'analogico in 3D. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3691-3714. DOI: 10.3280/oa-1430-c947.

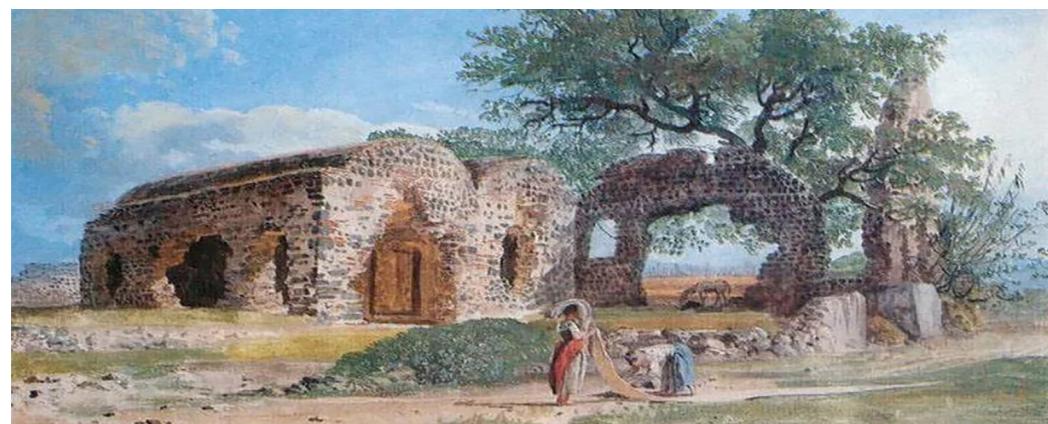
The Baths of Santa Venera al Pozzo: the Archaeological Real, the Digital Immersive, the Analogical in 3D

Giuseppe Di Gregorio
Gabriele Liuzzo

Abstract

The opportunity to deepen issues and research on cultural heritage from collaboration with the territory has always been a must. Under a grant from GAL TERRE DI ACI, a collaboration with the University of Catania was initiated. Among the various activities was the training of operators to create digital twins and the development of 3D models for Virtual Reality (VR) and Immersive Reality (IVR). The target was the Roman baths of Santa Venera al Pozzo. The baths are part of a larger archaeological area, which constitutes one of the excellences of the Acese area. The monumental remains of the Santa Venera al Pozzo area are known to archaeological literature especially for the baths, the presence of sulfurous thermal water springs and the church of S. Venera. The two large, barrel-vaulted rooms of the baths that are still visible today should be referred to a complete remodeling of the facility, datable to the 3rd/4th century A.D. Advanced visualization models yielded two types of results, the first with photographic scanning using the Matterport system, the second with laser scanner and drone to create 3D models usable through Unity, and finally a return to analogical via a 3D print. The results of the research and future development are given below.

Keywords
Digital twins, digital surveying, AR VR, 3D print, AI.



The baths facility of
Santa Venera al Pozzo
(watercolour of J. Houel)

Introduction: the significance of baths in the territory

In 2010 the Parco Archeologico delle Aci –was established comprising several cities of Acireale district– initiating a new strategy of cultural heritage management, “The archaeological area is no longer an isolated asset but the heart of a territorial system” [Branciforti 2011, p. 12]. Several studies deal with this area, not only as archaeological value, but as the significance of its relationship with the territory [Branciforti 2006, p. 16]. The park is a driving force behind promotion and enhancement initiatives that economically revitalize a territorial area. The site of Santa Venera al Pozzo (fig. 1) which lies in Aci Catena (CT), represents the center of gravity of the park from which a fundamental part of the history of these places begins. The occasion at the origin was certainly the presence of the river Aci, the attestation is direct to the toponomy Akis, from which all the nomenclature of sites and countries in the area, “the cult is that of Aci, Galatea and Polyphemus” [Brancato 2021, p. 31]. The presence of river was essential for the construction of the baths. Investigations in the entire area have found structures datable between the 4th century B.C. and the 4th A.D. [Brancato 2021, p. 58]. The two large surviving thermal rooms with barrel-vaulted roofs, on the other hand, should be referred to a complete renovation of the facility, datable to the 3rd/4th century A.D. [Brancato 2021, p. 34]. The studies started in the mid-16th century and then in the 18th and 19th centuries were described and illustrated by archaeologists, local scholars, travelers, engravers and painters. Without dwelling beyond the historical and archeological aspects treated more fully by specific recent studies, we understand the significance of the area for the territory and the commitment to study and funding for their knowledge, exploitation and dissemination.

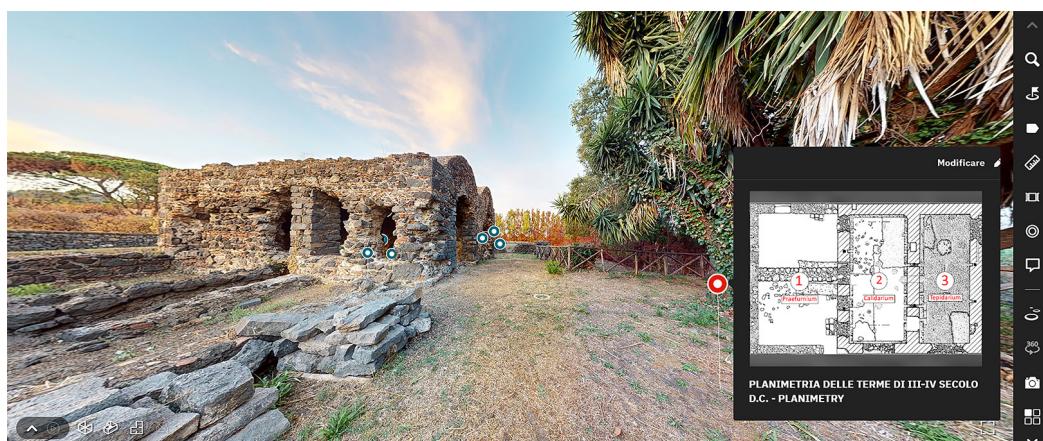


Fig. 1. The baths visualized in *Matterport* with point of interest 1 containing the plan (image by the authors).

The opportunity with the GAL and the territory

The management and protection of archaeological heritage is increasingly implemented by outreach transferred with advanced devices, in addition to 3D viewers we now see the experience IVR through VR CAVE. This social attitude is the expression of an increasingly technological and culturally advanced user base of researchers, specialists, as well as tourists. As part of an activity financed by the region, GAL TERRE DI ACI has asked the collaboration of the University of Catania –therefore the authors– to train eighteen staff units, all with postgraduate skills from different educational backgrounds, to create digital twins aimed at VR and IVR. The activity involved playing models in VR and IVR but also AR through different devices such as cardboards and 3D viewers, among them the Oculus Quest 2 and the HTC VIVE. The equipment provided was a Matterport Pro2 structured light camera, SFM software and PCs with performance graphics cards. The Department of Civil Engineering and Architecture then provided additional equipment,

including the Matterport Pro3 scanner, the Leica BLK360 laser scanner and an Autel Evo2 drone (fig. 2) for aerial filming. Processing of the digital twins and clouds from the different acquisition tools was handled with Zephyr software from 3DFlow, Metashape from Agisoft and Cyclone from Leica Geosystems. The initial focus on the baths was extended to the small church of S. Venera and the furnaces also dating from the Roman period (fig. 12). The purpose of the digital twin was therefore multifaceted: to create a navigable model via the *Matterport* system and thus also via headset to a user base of scholars, culturists, and cultural tourists, the creation of an open-source model implemented and implementable with tags verified by the archaeologists in charge, a model available open-source group of professionals trained by the GAL funded course. *Matterport* model creation as it is known is open-source and accessible by any user. The other digital model through Unity presents a parallel path and purposes aimed at 3D management free from *Matterport* management policies.



Fig. 2. Oblique drone photo of the baths and part of the surrounding ruins (image by the authors).

Data acquisition and processing

The whole pipeline to arrive at VR products is articulated as a process of knowledge that requires multidisciplinary approaches [Battini 2017, p. 13]. The aim is to express the investigated object in its complex specificities, to communicate its contents. The methodology adopted involved two separate works, one with the *Matterport* system, the other with a LiDAR scanner and drone. The footage from the Leica BLK LiDAR scanner was combined with the clouds obtained from SFM elaborations of the drone images. The data acquisition steps were carried out with the structured light camera Matterport Pro2 for the interior of the church of S. Venera. Given its limitations of exposure to sunlight, the work for the exterior parts was handled with the Matterport Pro3 camera (fig. 1), also equipped with an active LiDAR sensor, a total of 70 scans were recorded. The extrados of the two baths vaults and the surrounding area were acquired with the Autel Evo2 drone (fig. 2), at a flight height of about 40 m, with automatic setting of photographic parameters, providing a polygon limited by vertices with

GPS coordinates. The point clouds from the different instruments were processed with Zephyr from 3DFlow (fig. 3) and Metashape software from the Agisoft (fig. 4), processing steps included photo alignment processed all images without waste, creation of dense cloud with control of preset parameters, creation of mesh and then texture processing. The 3D vector graphic rendering of the plan was rendered by the Pro version of Zephyr software. Further processing was rendered with the Leica BLK360 laser scanner, recording 141 scans including 95 for the baths with a step between points of 3 mm (fig. 6). The work created for the baths, church and furnaces, through the structured light cameras, was entered into the Matterport work environment and made remotely usable through the Oculus Quest 2 viewer. The 3D model created with the laser scanner and the cloud rendered with the photos (fig. 7), were the basis for processing with Unity 3D, to extract the apk file for the Oculus Quest 2 (fig. 8). The process with Matterport was not linear, but results were tested several times and then integrated with new acquisitions until optimization that would allow accuracies on the order of millimeters [D'Agostino 2024, pp. 265, 266]. The dilemma between visual quality of details and smoothness of motion remains.

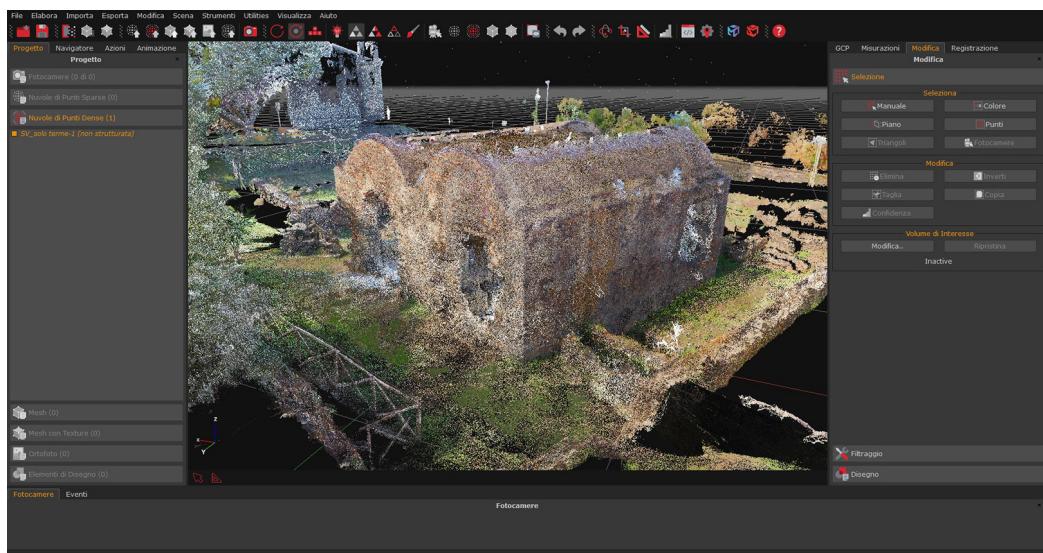


Fig. 3. Processing with Zephyr software of the raw cloud from Leica BLK360 laser scanner (image by the authors).

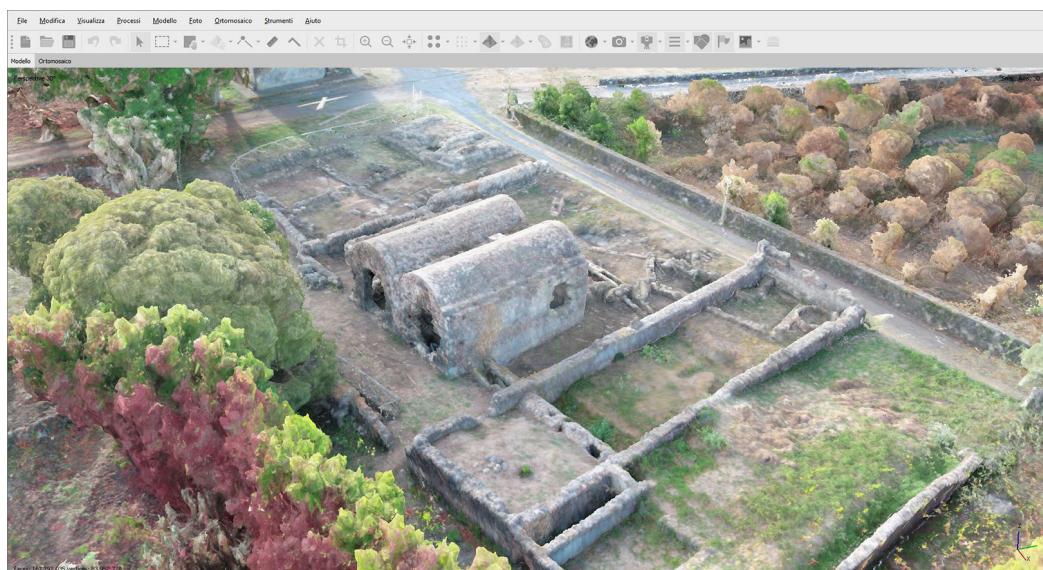


Fig. 4. Processing with Metashape software of the photographic set from Autel EVO2 drone (image by the authors).

Decimation, segmentation and visual quality

The enárgeia read in digital way: the ability, through a detailed rendering of details, to lead with fullness. A person in a representation in an immersive sense. The redundancy of information, the irregularities of the surfaces and the strong vegetation present in the archaeological area of Santa Venera al Pozzo, have given rise to heavy point clouds to manage. The scientific community suggests the practice of decimation and segmentation of the point cloud, but research shows these automatic procedures indiscriminately manage the different concentration of points in the cloud [Pierdicca 2020, pp. 3-6]. Even the manual decimation did not meet expectations, because we obtained models with undefined parts, unsatisfactory also the color management and shadow areas, resulting 'muffled'. These are all issues result in a direct loss of data with repercussions on the desired realistic graphical rendering, a critical issue to which immersive 3D virtualization of architecture cannot be separated. Verified that in the first processing the file exceeded the size accepted by the software for apk creation, being difficult to handle by the processors of AR/VR headsets in the market, it was decided to use the Matterport ecosystem allows the fruition of the detected models with the tools provided by them, without the memory of headset being committed because the experience takes place completely in the cloud. On the flip side, it is a noncontinuous 3D model because you are moving to pre-determined observation points from the instrument's taking stations. Another solution was Leica's proprietary Cyclone REGISTER 360+ software, which offers the ability to navigate the finished product by connecting a headset directly to the computer in wi-fi mode.

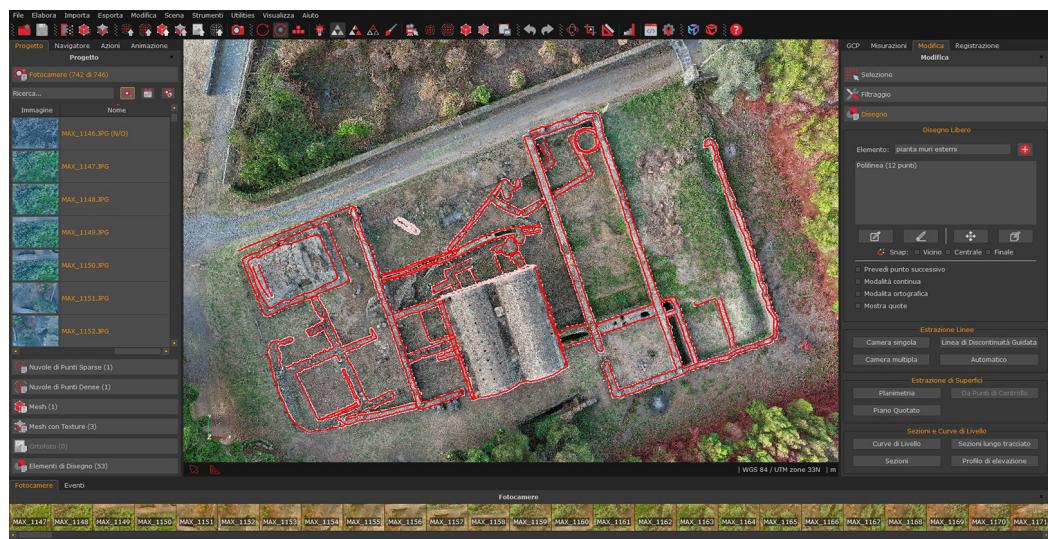


Fig. 5. Vector restitution with Zephyr software of the baths' plan and surrounding areas (image by the authors).

3D model

Processing of the point clouds from the photogrammetric, aerophotogrammetric, structured light camera and LiDAR survey were dense with additional information to subsequent processing to generate the 3D model (fig. 6). Therefore, clouds which have different genies, but representative of the same object detected. Merging was realized with the 3DFlow's Zephyr software (fig. 7) with a single dense point cloud was obtained and processed later for mesh and texture. Scans from the Leica BLK360 scanner were processed with Cyclone REGISTER 360+ software, re-linked several times to improve the result. The processing produced a viewer usable model in point cloud mode with continuous movement –freedom of movement– and in textured mode with movement constrained to station points. As a learning process for the research conducted, Leica

software was used, also to import point clouds in different formats processed with Zephyr (fig. 7). The resulting model is complete with georeferential, dimensional, colorimetric and typical information of the surveyed objects, improving the visual quality. The obtained models need to be exported in obj, a data-format with the position of the vertices, the UV coordinate for the texture, the normal and the faces that make up the mesh. Before export, the model undergoes a cleaning phase to remove 'noise', parts of surfaces that the software failed to place in the surveyed object and/or likewise portions of the sky formed by clouds, to return a more pleasing 3D model and focus of the area under study. For the creation of the apk file, useful to be loaded inside the AR/VR headset (fig. 8), Unity 3D software was chosen for its proven functions and performance especially for augmented reality [De Giorgi 2021, pp. 1-402]. The release used is version 2021.3.2f1 LTS, the most suitable for developing immersive reality environments. The three-dimensional model is loaded as a white solid with asperities proper to the material, then the texture is inserted to give color and three-dimensionality in favor of the graphic rendering and, checked parameters set and headset's joypad, it was exported to apk format using Android Studio software to fix any errors.



Fig. 6. Point cloud processing (image by the authors).

3D print

The research carried out was intended to go beyond the target set by taking a further step, which could be read as a 'return to the past' but saw new treatments and technologies: from immersive digital to 3D analog [Bocconcino 2024, p. 409]. This study came to fruition thanks to GAL TERRE DI ACI, which through its Living Lab project also promoted the 3D printer: a Delta WASP 3MT HDP, which is the third largest in the South. 3D print is a technology known as additive manufacturing that allows three-dimensional models to be created by adding material layer by layer, starting from a digital model. The case study focused on the baths building alone with the goal of obtaining a maquette of a useful size to be able to appreciate its peculiarities, imitating a practice of architect Kengo Kuma where through models made at an appropriate scale, he can control flows and lighting analogically and only then digitally. The obj model for digital reproduction was specifically processed (fig. 9) using Rhinoceros 8 software; in particular

the algorithmic modeling tool Grasshopper with which the thickness of the terrain was made, such as to serve as the basis for the model and export in the 3dm format to retain information about surfaces, points, curves and be able to be run on the WASP printer. Kengo Kuma says, in the interview for the Biennale 2023: "Through the material we can learn about the place and get closer to its specificity" [Gugliotta 2023], so the choice of material focused on PLA, a biodegradable plastic made from renewable natural resources. The printing process (figg. 10, 11) lasted 12 days by making a true-to-life scale model with an 80 cm square base, semi-transparent so that its details could also be appreciated by exploiting the tactile sense.

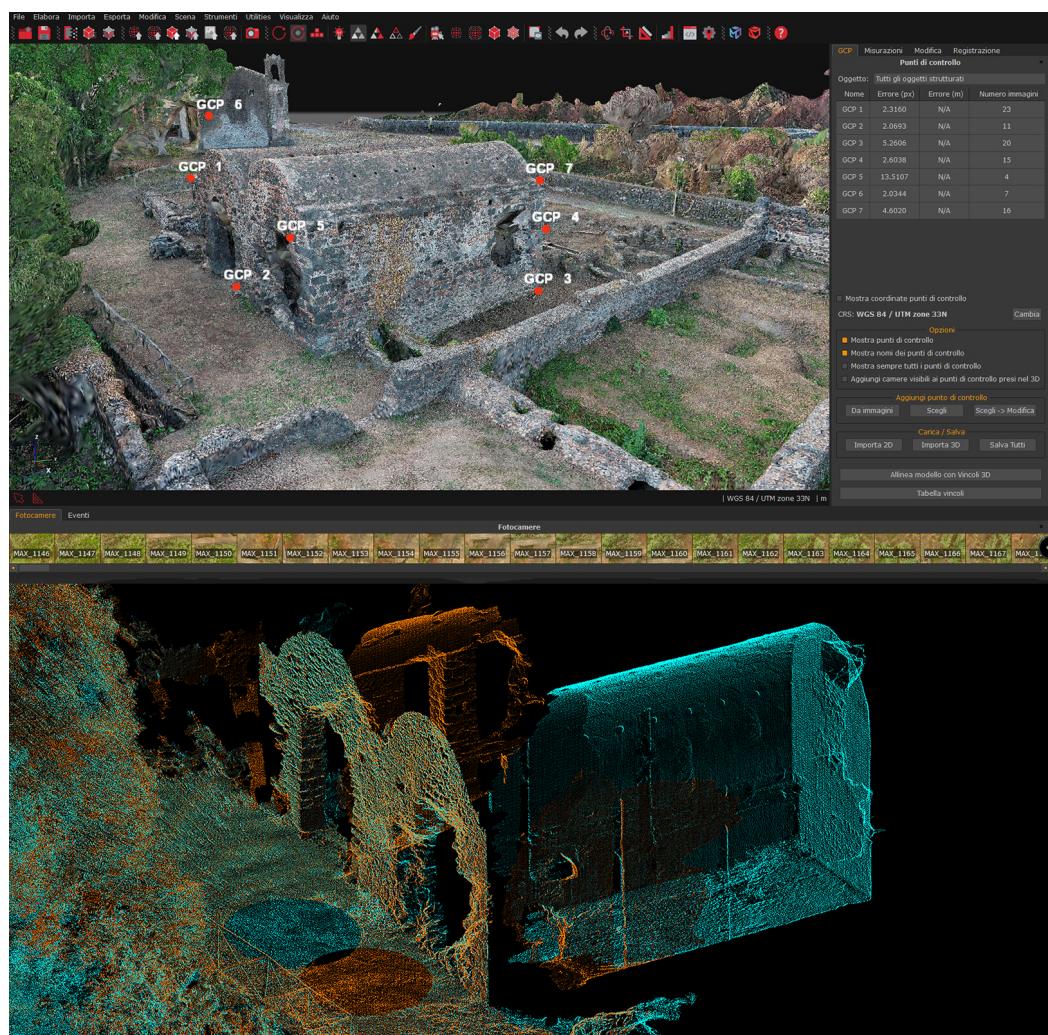


Fig. 7. Above: union with Zephyr application of models from photogrammetry, aerophotogrammetry and laser scanner. Below: union with Cyclone application of models from laser scanner BLK360 and Zephyr (image by the authors).

Future developments

Despite its many benefits, 3D print for architectural *maquette* is not without its challenge: the quality and durability of materials used are still research issues, and the considerable weight of large objects limits their transportability. However, technology continues to advance, and it is expected that as new technologies and studies are developed, these obstacles will be overcome. The transition from digital to analog represented a moment of reflection on the return to the perception of the real, as well as a procedure that starting from the real, transports us to the digital with immersive sensory perceptions, with versatile outputs that allow us to return through printing to the ana-

log. Future developments have included the idea of 3D printing the third environment that is no longer visible at natural scale today, from the data obtained, from prints, from archival documents. The developing possibility would be possible through 3D printing of individual parts for assembly. In addition, the digital material obtained forms the basis for a graphical comparison of the thermal environments with those of the Villa Romana del Casale in Piazza Armerina (EN). Developments also include AI with experiments using MidJourney, DALL·E (OpenAI), Stable Diffusion, Artbreeder for collapsed parts.



Fig. 8. Scene extracted from the Oculus Quest 2 viewer (image by the authors).

Conclusions

The creation of digital models of VR and AR, enable the dissemination of experiential content to an increasingly broad and demanding audience, raising awareness of the significance of cultural property [Giovannini 2024, p. 517]. Conversely, digital surveys and acquisitions continue to be the only tool behind the development of reuse projects and are always the basis for new investigations and inquiries into unusual aspects creating a database over time. The opportunity initiated by this project has resulted in products for innovative visualization experiences and the use of the acquired data for insight and research that are still ongoing and can fit fully into the cultural debate [Clini 2024, pp. 2649, 2650]. The two models created with the Matterport system, and the Unity application were aimed at multiple end users: the professional students of the training course held by GAL, web surfers attentive to museum sites, and an increasingly evolved and acculturated tourism. These figures, although different, present the common denominator of a punctual and scrupulous attention to Cultural Heritage, hence the need for the methodological rigor adopted that cannot disregard the sensitivity of this audience. A photograph freezes the moment of its acquisition, a digital twin gives us back the experience in time and space, in its meaning as a place of memory. We cannot but agree with Colamedici and Arcagni's essay, *L'algoritmo di Babele, storie e miti dell'intelligenza artificiale*, when it is stated: "our inventions not isolated from nature but integrated into it, and they evoke reactions and meanings that transcend mere technical functionality. Through this lens we can better understand how technology influences and is intertwined with our perception of the world, enriching our understanding of the cultural implications of our innovations" [Colamedici, Arcagni 2024, p. 12]. Undoubtedly,

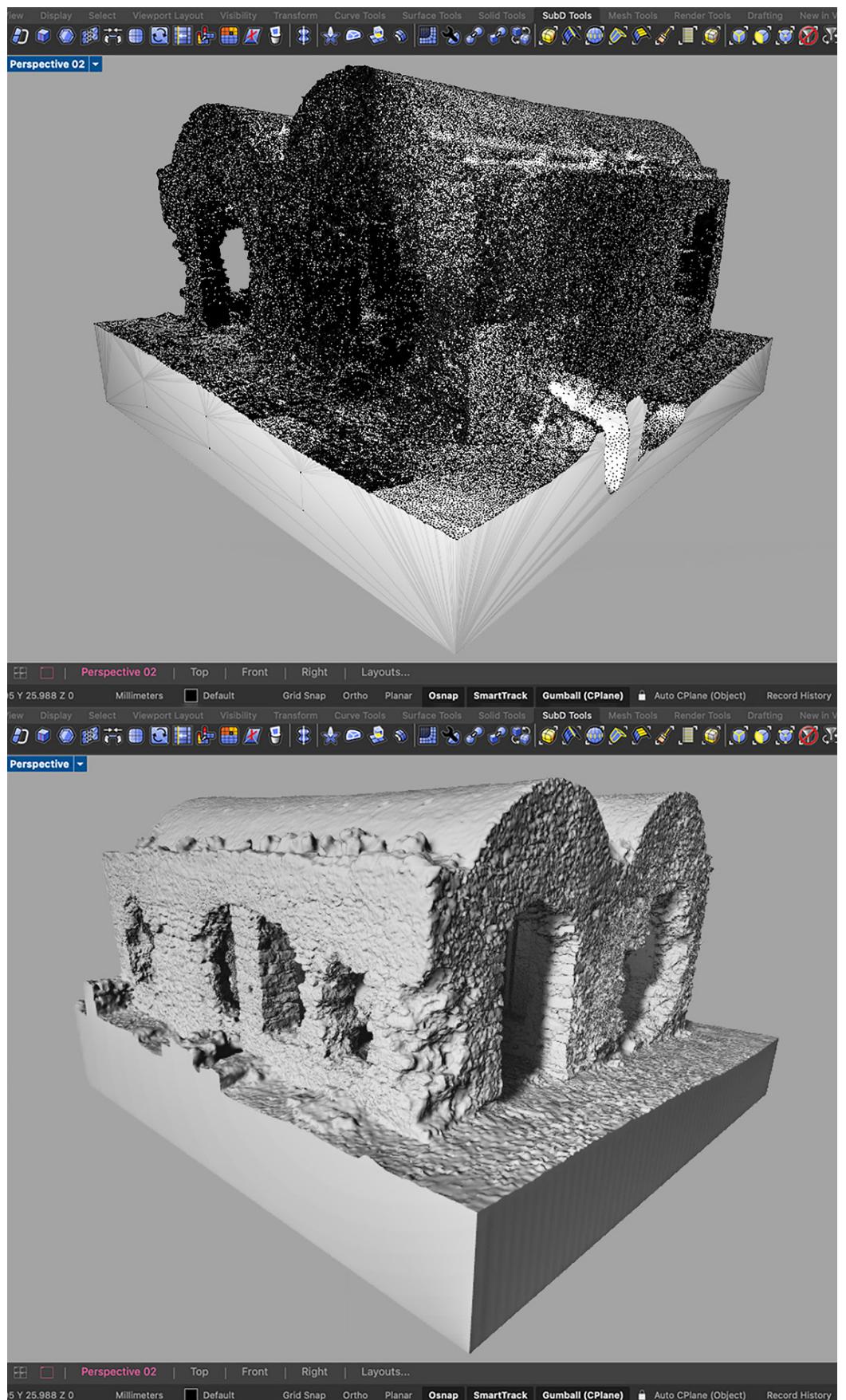


Fig. 9. Two stages of 3D model processing with Grasshopper and Rhinoceros (image by the authors).

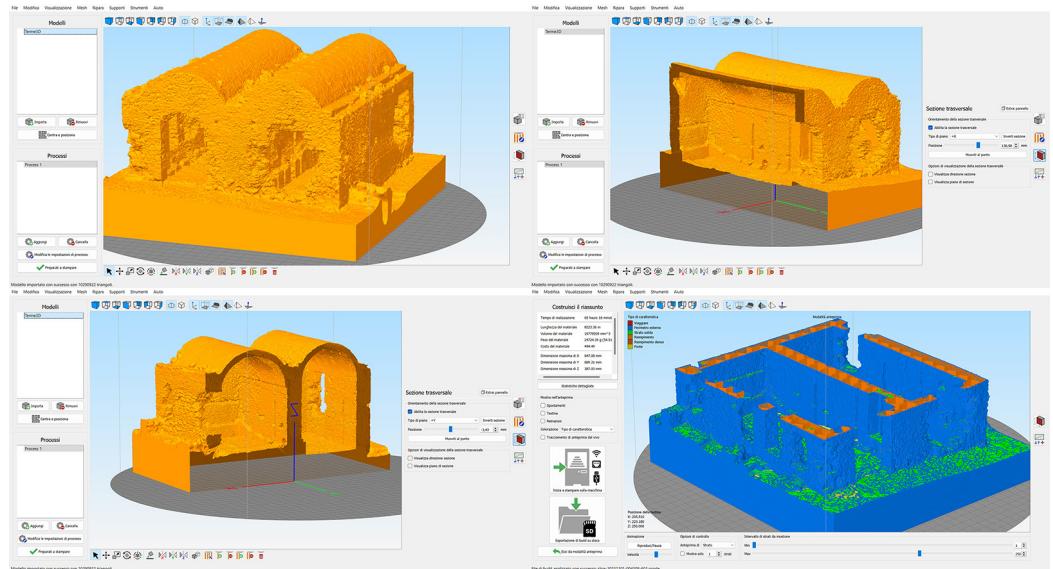


Fig. 10. Steps of 3D print processing with proprietary software (image by the authors).

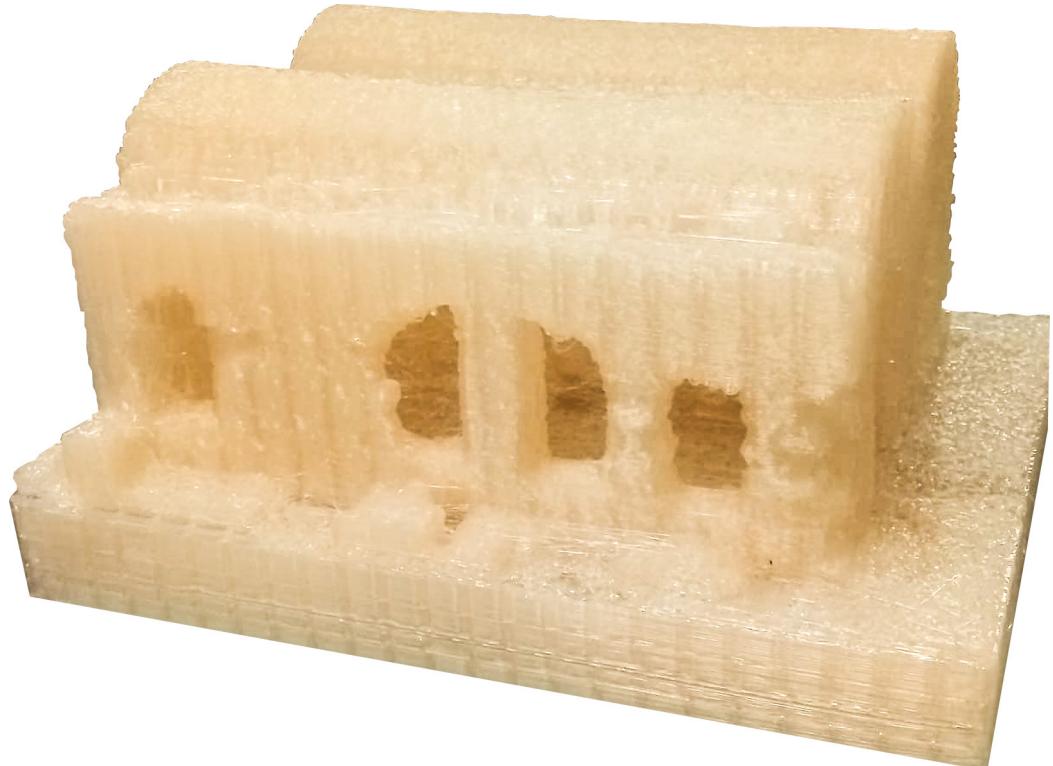


Fig. 11. Maquette resulting from 3D printing in PLA (image by the authors).

technological acceleration is exponential; while we are still trying to delve into VR, AR and AM, developed just a few years ago, we are already looking at the opportunities of AI to process images. The dual role of representation and design remains central in controlling the quality of content, experimenting and visualizing these new frontiers. It baffles Aresu's provocative statement: "Artificial Intelligence is the ultimate invention of humanity. Its appearance on the scene evokes the risk of its creator's extinction. Its diffusion, as a form of general and superior intelligence, will fulfill the destiny of humanity because it will lead to its overcoming" [Aresu 2024, p. 11], later refuted by the author

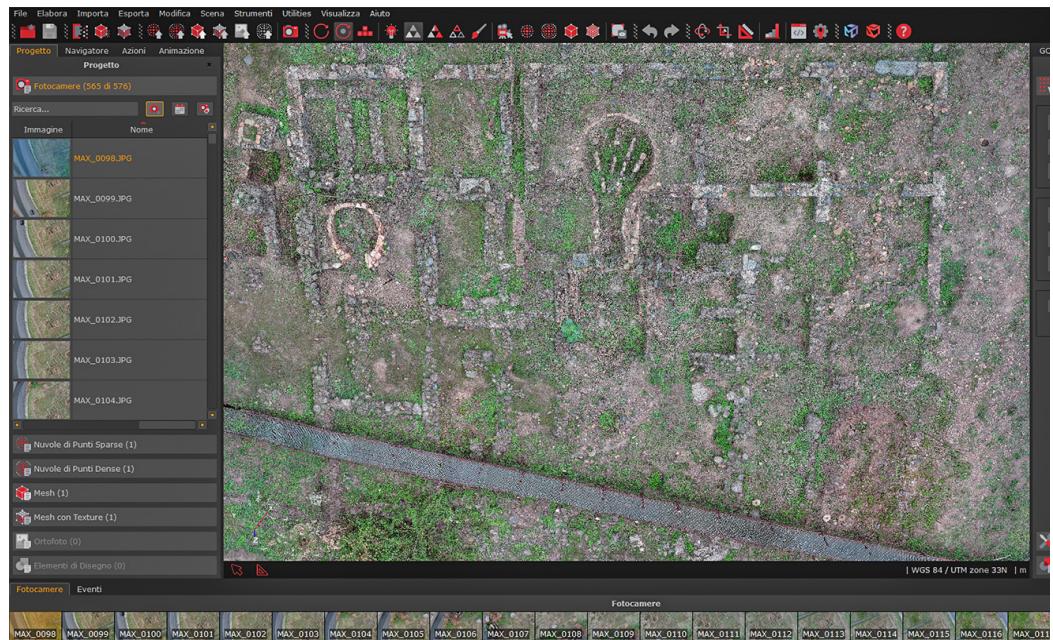


Fig. 12. SFM processing of drone photos of the furnaces (image by the authors).

himself. If by *ékphrasis* we mean the verbal description of an object, off places and works of art, with the peculiar ambition to compete in expressive force with the object, we can consider that the digital twin and its analog processing with 3D printing, are the expressive translation that best interprets the meaning of this term.

Credits

The authors by common agreement attribute the paragraphs to each other as follow: G. Di Gregorio Abstract and paragraphs *Introduction: the significance of baths in the territory, The opportunity with the GAL and the territory, Data acquisition and processing, Future developments, Conclusions*; G. Liuzzo paragraphs *Decimation, segmentation and visual quality, 3D model, 3D print*.

Reference List

- Aresu, A. (2024). *Geopolitica dell'intelligenza artificiale*. Milano: Feltrinelli.
- Battini, C. (2017). *Realtà virtuale, aumentata e immersiva per la rappresentazione del costruito*. Firenze: Altralinea.
- Bocconcino, M., Vozzola, M., Pavignano, M. (2024). Rappresentazione per la valorizzazione: il patrimonio universitario dal gemello digitale al gemello analogico. In F. Stilo, V. Castiglione, I. Cazzaro, M. Ceracchi, F. Natta, M. Pileri, L. Pizzonia, A. Tomalini, N. Tomasella, M. Trivi (a cura di). *EXploRA UID 2024 virtual journey to discover inaccessible heritage*. In *Atti del Premio Giovani UID Vito Cardone 2023*. Roma, 15 marzo 2024, pp. 397-416. Alghero: Publìca.
- Brancato, R., Tortorici, E. (2021). *Carta archeologica del territorio delle Aci. Analisi diacronica dei paesaggi tra l'Etna e il Mare Ionio*. Roma: Edizioni Quasar.
- Branciforti, M. G. (2006). *L'area archeologica di Santa Venera al Pozzo - Acium: Antiquarium*. Palermo: Regione Siciliana, Assessorato dei Beni Culturali, Ambientali e della Pubblica Istruzione, Dipartimento dei Beni Culturali, Ambientali e dell'Educazione Permanente.
- Branciforti, M. G. (2011). *Natura e archeologia a Santa Venera al Pozzo: progetto scuola museo*. Palermo: CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace", Assessorato dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana, Dipartimento dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana.
- Clini, P., Angeloni, R., D'Alessio, M., Ferretti, U. (2024). Narrare l'inaccessibile: un virtual immersive movie per le grotte di Palazzo Campana. In F. Bergamo, A. Calandriello, M. Ciammaichella, I. Friso, F. Gay, G. Liva, C. Monteleone (a cura di). *Misura/Dismisura - Measure/Out of Measure*. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Padova-Venezia, 12-14 settembre 2024, pp. 2647-2666. Milano: FrancoAngeli.
- Colamedici, A., Arcagni, S. (2024). *L'algoritmo di Babele. Storie e miti dell'intelligenza artificiale*. Milano: Solferino, RCS MediaGroup.
- D'Agostino, G., Garozzo, R., Galizia, M. (2024). Il cinema Excelsior di Catania: rilievo e documentazione digitale per la fruizione virtuale di un'architettura degli anni Trenta abbandonata. In F. Stilo, V. Castiglione, I. Cazzaro, M. Ceracchi, F. Natta, M. Pileri, L. Pizzonia, A. Tomalini, N. Tomasella, M. Trivi (a cura di). *EXploRA UID 2024 virtual journey to discover inaccessible heritage*. Premio Giovani UID Vito Cardone 2023. Roma, 15 marzo 2024, pp. 258-272. Alghero: Publìca.
- De Giorgis, G. (2021). *Unity. Guida pratica per sviluppare applicazioni di realtà virtuale e aumentata*. Milano: Apogeo.
- Giovannini, E., Minucciari, V., Bottari, V. (2024). Rediscovering and re-functionalizing a forgotten heritage through digital representation techniques. Enzo Venturelli's aquarium-retilarium for a Museum of Japanese Comics and Animation in Turin. In F. Stilo, V. Castiglione, I. Cazzaro, M. Ceracchi, F. Natta, M. Pileri, L. Pizzonia, A. Tomalini, N. Tomasella, M. Trivi (a cura di). *EXploRA UID 2024 virtual journey to discover inaccessible heritage*. Premio Giovani UID Vito Cardone 2023. Roma, 15 marzo 2024, pp. 515-533. Alghero: Publìca.
- Gugliotta, F. (2023). *Biennale 2023: la mostra sull'architettura onomatopeica di Kengo Kuma, spiegata*. <https://www.internimagine.it/agenda/mostre/biennale-architettura-2023-mostra-kengo-kuma>.
- Pierdicca, R., Paolanti, M., Matrone, F., Martini, M., Morbidoni, C., Malinverni, E. S., Frontoni, E., Lingua, A. M. (2020). Point cloud semantic segmentation using a deep learning framework for cultural heritage. In *Remote Sensing*, 12(6). 1005. <https://doi.org/10.3390/rs12061005>.

Authors

Giuseppe Di Gregorio, University of Catania, giuseppe.digregorio@unict.it
Gabriele Liuzzo, University of Catania, gabrieleliuzzo@hotmail.it

To cite this chapter: Giuseppe Di Gregorio, Gabriele Liuzzo (2025). The Baths of Santa Venera al Pozzo: the Archaeological Real, the Digital Immersive, the Analogical in 3D. In L. Carlevaris et al. (Eds.), *ékphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/ekphrasis. Descriptions in the space of representation*. Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3691-3714. DOI: 10.3280/oa-1430-c947.