



Dipartimento di Architettura

Dottorato **Architettura Città Paesaggio**  
ciclo XXXVIII  
tesi dottorale

# **Sistemi di esperienze digitali** *Extended Realities* per la comunicazione del patrimonio archeologico e paesaggistico diffuso

**Dottorando: Stefano Botta**  
stefano.botta@uniroma3.it

**Tutor: Maria Grazia Cianci**

## Abstract

La ricerca presenta un'indagine interdisciplinare sulla metodologia alla base dei nuovi sistemi digitali di rappresentazione e comunicazione del patrimonio archeologico e paesaggistico, con particolare attenzione ai media interattivi e immersivi, quali le Realtà Estese (come Realtà Virtuale e Aumentata). L'obiettivo è valutare il potenziale divulgativo derivante dall'integrazione di diversi linguaggi e modelli comunicativi in un sistema diffuso di esperienze digitali. A tal fine, la sperimentazione si concentra sul tratto dell'*Aqua Claudia* di pertinenza del Parco Archeologico dell'Appia Antica. Questo importante *landmark* di epoca romana che si presta a essere la traccia per un sistema lineare e coeso di esperienze, lungo il quale intercettare episodi da cui sviluppare e analizzare modelli differenti.

Lo studio si fonda sull'analisi dei temi legati alla divulgazione digitale, esplorando le varie forme di Realtà Estesa, la disciplina della riproduzione del patrimonio, nonché i linguaggi e i modelli di *storytelling* più diffusi. Ciò è reso possibile soprattutto dall'analisi dello stato dell'arte in questo campo e in altri affini, come nei *serious games*. Inoltre, l'analisi documentale e iconografica dell'Acquedotto Claudio è tesa a definire un quadro conoscitivo approfondito a supporto della ricerca.

Il sistema divulgativo e le singole esperienze vengono quindi concettualizzati, identificando le tecniche più adeguate a ricostruire e comunicare le specificità degli episodi studiati. Segue la prototipazione parziale del sistema di esperienze, ricorrendo all'uso di repliche digitali del patrimonio dove necessario. Dai risultati sul caso studio applicativo, unitamente alle riflessioni teoriche da cui esso deriva, vengono formulate osservazioni e conclusioni sui vari approcci esaminati, valutandone potenziale e criticità, nonché aprendo a possibili nuovi sviluppi.

*The research presents an interdisciplinary investigation on the methodology underlying new digital systems for the representation and communication of archaeological and landscape heritage, with particular attention to interactive and immersive media such as Extended Reality (including Virtual and Augmented Reality). The objective is to assess the dissemination potential arising from the integration of different languages and communicative models within a distributed system of digital experiences. To this end, the experimentation focuses on the stretch of the Aqua Claudia within the jurisdiction of the Appia Antica Archaeological Park. This significant Roman-era landmark lends itself to functioning as the backbone of a linear and cohesive system of experiences, along which specific episodes can be identified to develop and analyse different models.*

*The study is grounded in the analysis of themes related to digital dissemination, exploring various forms of Extended Reality, the discipline of heritage reproduction, as well as the most widely adopted storytelling languages and models. This is made possible primarily through an examination of the state of the art in this field and in related domains, such as serious games. In addition, the documentary and iconographic analysis of the Aqua Claudia aims to establish a comprehensive knowledge framework in support of the research.*

*The dissemination system and the individual experiences are then conceptualised by identifying the most appropriate techniques to reconstruct and communicate the specific characteristics of the selected episodes. This is followed by the partial prototyping of the experiential system, employing digital replicas of the heritage assets where necessary. Based on the results of the applied case study, together with the theoretical reflections from which it derives, observations and conclusions are formulated regarding the different approaches examined, evaluating their potential and limitations, while also opening up possible future developments.*

## Indice

### SEZIONE 1

## DEFINITIONS

### 1. INTRODUZIONE

- 1.1. L'informatizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico a oggi
- 1.2. Repliche del patrimonio: contesto normativo e questioni etiche

### 2. SIMULAZIONE E INTERAZIONE FRA SPAZI FISICI E DIGITALI: LE *EXTENDED REALITIES*

- 2.1. Lo sviluppo delle realtà estese: un excursus storico
- 2.2. Forme e parametri dell'esperienza nel continuum *reality-virtuality*
- 2.3. Simulazione di stimoli sensoriali nell'ambiente digitale

### 3. COINVOLGERE, DIRIGERE, RACCONTARE: STRATEGIE ESPERIENZIALI DIGITALI

- 3.1. *"The sense of being there"*: l'illusione della presenza
- 3.2. *Engagement*: conoscere attraverso il coinvolgimento
- 3.3. *Virtual Storytelling*: racconto e direzione dello spazio virtuale

### SEZIONE 2

## DESIGN

### 1. LO STATO DELL'ARTE

- 1.1. Selezione, analisi e classificazione dei casi studio
- 1.2. Le esperienze digitali
  - 1.2.1. *A Night in the Forum*
  - 1.2.2. *Art of London AR Gallery*
  - 1.2.3. *BAIAExperience*
  - 1.2.4. *Carnuntum App*
  - 1.2.5. *Chania AR*
  - 1.2.6. *Civilisations AR*
  - 1.2.7. *Domus Aurea Experience*
  - 1.2.8. *HoloTour*
  - 1.2.9. *Imago Bononiae*
  - 1.2.10. *iMARECulture UwAR*
  - 1.2.11. *Mona Lisa: Beyond the Glass*
  - 1.2.12. *Notes on Blindness*
  - 1.2.13. *Story of the Forest*
  - 1.2.14. *The Hidden Waterfall City*
  - 1.2.15. *The Night Cafe: A VR Tribute to Vincent Van Gogh*
  - 1.2.16. *Tomba Regolini Galassi*
  - 1.2.17. *Town of Light*
  - 1.2.18. *Uist Unearthed*
  - 1.2.19. *Villa di Livia Reloaded*
  - 1.2.20. *Virtual Arsinoe*
  - 1.2.21. *VR BUS Roma*

1.3. Osservazioni critiche sullo stato dell'arte

**2. L'AQUA CLAUDIA E IL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA**

2.1. Un monumento lineare per un sistema di esperienze digitali

2.2. Le vie dell'acqua a Roma: il sistema degli acquedotti di epoca romana

2.3. La rappresentazione dell'Aqua Claudia attraverso i secoli

2.4. L'Acquedotto Claudio e il Parco Archeologico: sviluppo, tutela e divulgazione digitale

**3. SISTEMA DI ESPERIENZE AQUA CLAUDIA XR**

3.1. Sistema di esperienze digitali: struttura, relazioni e linguaggi di rappresentazione

3.2. L'Aqua Claudia e i suoi episodi attraverso la città

**4. CONCEPTS**

4.1. *Imago Aquae AR*

4.2. *Campus Barbaricus VR*

4.3. *Memorie dal Mandrione AR*

4.4. *Ad Spem Veterem VR*

SEZIONE 3

**DEVELOPMENT**

**1. CAMPUS BARBARICUS VR\_prototipo**

**2. SPAZIO NARRATIVO**

1.1. REGIA: struttura e *storytelling*

1.2. SCENE: dimensionare lo spazio dell'esperienza virtuale

**3. RICOSTRUZIONE DEL PATRIMONIO**

3.1. Approcci alla ricostruzione digitale

3.2. Livelli di Dettaglio

3.3. Gli Acquedotti: dalle tracce alla ricostruzione del tracciato

3.4. HAsset: repliche digitali del patrimonio archeologico

3.4.1. Gli Acquedotti Romani

3.4.2. Mausoleo di Campo Barbarico

3.4.3. Emergenze del contesto

3.4.4. Morfologia e vegetazione

**4. SVILUPPO DELL'ESPERIENZA**

4.1. Il museo virtuale del Mausoleo di Campo Barbarico

4.2. La campagna romana prima della guerra gotica

SEZIONE 4

**DERIVATIONS**

**1. CAMPUS BARBARICUS VR: OSSERVAZIONI SUL PROTOTIPO**

**2. CONSIDERAZIONI FINALI E FUTURI SVILUPPI**

## **Ipotesi e obiettivi di ricerca**

La tesi nasce da una constatazione sullo stato attuale della divulgazione digitale del patrimonio, in cui molte esperienze in *Extended Reality* (XR), pur risultando efficaci, coinvolgenti e anche metodologicamente solide sul piano del caso singolo, tendono a operare come episodi autonomi, concentrati su un manufatto, un luogo o un tema specifico. Se ciò si rivela funzionale per soggetti contenuti, è possibile prevedere un rischio di atomizzazione, sul piano comunicativo, in casi più ampi e complessi come quelli derivanti dal patrimonio archeologico e paesaggistico diffuso: qui, l'impiego di singole esperienze digitali potrebbe indebolire una rappresentazione più generale, fatta di relazioni territoriali, storiche e simboliche che attraversano e tengono insieme il senso dei singoli elementi.

L'ipotesi approfondita è quella di ragionare attraverso un sistema coordinato di esperienze digitali, capace di tenere insieme differenze di medium, tematiche, linguaggi e dispositivi entro una cornice comune, che rappresenti in modo riconoscibile e coerente un soggetto più esteso e articolato.

Da qui discende la prima domanda di ricerca, che non riguarda soltanto la possibilità di usare le XR per raccontare il patrimonio, ma il modo in cui differenti declinazioni di questa – come AR e VR – possano essere integrate in un ecosistema di esperienze autonome ma interrelate, in grado di tenere insieme temi e linguaggi diversi, evitando sia la frammentazione dei contenuti sia la riduzione della tecnologia a puro effetto immersivo. In tal senso, viene assunta l'Aqua Claudia come caso studio esemplare: in quanto monumento lineare che attraversa vari contesti della capitale, consente di riflettere sulla possibilità di costruire una narrazione ampia, coesa e coerente di un soggetto attraverso una costellazione di episodi, scale e tematismi.

Come ulteriore punto di riflessione, la ricerca entra nel dettaglio, attraverso la prototipazione parziale di un caso studio, per affrontare il rapporto tra il patrimonio e la sua ricostruzione divulgazione digitale. L'obiettivo è quello di integrare alla narrazione dei contenuti – attraverso meccaniche di immersività, interattività ed *engagement* tipici delle XR – un livello di leggibilità metanarrativa che racconti con trasparenza le scelte comunicative, nonché metodi, qualità e limiti delle ricostruzioni digitali rappresentate; ciò ragionando su registri rappresentativi, tracciabilità delle fonti, dichiarazione dei livelli di attendibilità e chiarezza dei processi di costruzione dell'immagine, così che la dimensione immersiva non finisca per occultare la complessità del patrimonio e delle sue ricostruzioni, ma diventi essa stessa uno spazio capace di comunicarla.

## **Metodologia**

La ricerca viene articolata come un percorso strutturato su più fasi consequenziali che portano il discorso dalla definizione del contesto teorico entro cui si muove la tesi, allo sviluppo applicativo, fino alle osservazioni derivanti dai risultati ottenuti.

In una prima fase, viene affrontata un'analisi conoscitiva interdisciplinare della letteratura relativa alla comunicazione digitale del patrimonio, con particolare attenzione ai temi dell'interazione, dell'immersività e della simulazione multisensoriale. Parallelamente viene sviluppato un approfondimento teorico su elementi, linguaggi e meccaniche di funzionamento e divulgazione attraverso le XR, affrontando temi quali *applied gaming*, *engagement* ed *environmental storytelling*. La fase successiva si è incentra sulla raccolta, catalogazione e analisi di casi studio relativi alla comunicazione digitale del patrimonio e a campi affini, finalizzata a dare una panoramica sulle pratiche attuali nel campo e a fornire strumenti e riflessioni – qualitative e quantitative – attraverso cui intraprendere le fasi successive. Dallo studio dello stato dell'arte parte la concettualizzazione di un sistema di esperienze digitali in *Extended Reality* su cui formulare delle considerazioni

applicative. Il caso studio, in particolare, prende come riferimento il soggetto dell'Aqua Claudia (e degli acquedotti romani) inserita nel suo percorso attraverso il Parco Archeologico dell'Appia Antica. In tal senso, viene il tema sotto un profilo storico, artistico, di tutela e divulgazione. L'approfondimento conoscitivo è volto a un successivo ragionamento su una serie di episodi, incontrati lungo il percorso dell'acquedotto, attraverso cui strutturare un sistema di esperienze digitali. In questa fase avviene la concettualizzazione approfondita sia del sistema – attraverso regole e linguaggi condivisi per creare coerenza e coesione fra le parti – sia delle singole esperienze XR che lo compongono.

Segue la fase di sviluppo, che prevede la prototipazione parziale di una delle esperienze XR concettualizzate, applicando i metodi e gli strumenti precedentemente definiti. Un prototipo di realtà virtuale viene sviluppato come caso studio applicativo, combinando *captured reality*, modellazione avanzata, storytelling ambientale e meccaniche di immersività e interattività.

Infine, viene proposta un'osservazione critica dei risultati ottenuti rispetto ai diversi aspetti analizzati, sia da un punto di vista teorico, sia per quanto concerne l'analisi sullo stato dell'arte e la prototipazione del caso studio applicativo. Vengono così messi in relazione gli esiti dei differenti approcci integrati e valutandone l'efficacia all'interno del sistema di esperienze digitali proposto.

## Struttura della tesi

Ripercorrendo la medesima logica per fasi definita dalla metodologia adottata, la tesi si articola su quattro sezioni consecutive, che partono dal piano teorico fino all'approfondimento applicativo.

La prima sezione, **DEFINITIONS**, costruisce il quadro teorico della ricerca. Parte dal tema della digitalizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico, affronta il problema della riproduzione digitale dal punto di vista normativo ed etico, e si concentra poi sulle *Extended Realities* come medium di rappresentazione e comunicazione. In questa parte vengono chiariti i concetti chiave legati a immersività, interattività, simulazione sensoriale, presenza, *engagement* e *environmental storytelling*.

La seconda sezione, **DESIGN**, sposta l'attenzione sul progetto. Si apre con l'analisi dello stato dell'arte attraverso ventuno casi studio, letti con un metodo comparativo pensato come strumento aperto e aggiornabile. Su questa base viene introdotto il caso dell'Aqua Claudia e del Parco Archeologico dell'Appia Antica, assunto come campo di applicazione per ragionare su un sistema coerente di esperienze digitali. In questa sezione avviene la definizione del sistema di esperienze digitali *Aqua Claudia XR*, nonché di quattro concept, tra cui *Campus Barbaricus VR*.

La terza sezione, **DEVELOPMENT**, entra nello sviluppo del prototipo scelto. Qui la tesi approfondisce da un lato la costruzione dello spazio narrativo e dell'esperienza immersiva, dall'altro il tema della ricostruzione digitale del patrimonio, affrontando in modo esplicito questioni come livelli di dettaglio, criteri di rappresentazione, attendibilità, trasparenza delle fonti e distinzione tra ricostruzione fondata ed evocazione narrativa. Il tutto confluisce nello sviluppo concreto di *Campus Barbaricus VR*.

La quarta sezione, **DERIVATIONS**, raccoglie le osservazioni sul prototipo e le considerazioni finali. È la parte in cui la sperimentazione viene riletta in chiave critica, mettendo a fuoco risultati, limiti, potenzialità e sviluppi futuri del lavoro.

## **Casi studio e sperimentazione**

La ricerca trova nella sperimentazione di un caso studio applicativo il punto focale attraverso cui ragionare e integrare alcune delle principali tematiche affrontate dapprima sotto un profilo teorico. Il monumento lineare dell'Aqua Claudia in Roma viene assunto come struttura portante di un sistema di esperienze XR, al fine di valutare possibilità e limitazioni della divulgazione del patrimonio diffuso attraverso uno dispositivo più ampio, coeso e coerente di episodi digitali differenti ma reciprocamente connessi.

In questo quadro, la scelta di sviluppare il prototipo applicativo *Campus Barbaricus VR* consente di trasferire sul piano operativo alcuni nodi centrali della ricerca e di discuterli non solo in termini teorici ma anche progettuali e sperimentali, dal rapporto tra immersività, interattività e narrazione fino alle questioni più delicate della ricostruzione virtuale, quali la sua attendibilità e la trasparenza delle fonti. Da questo punto di vista, la tesi lavora anche secondo una logica di *research by design*, nella misura in cui la concettualizzazione del sistema di esperienze e la prototipazione parziale di uno dei suoi episodi vengono intese come strumenti investigativi attraverso cui mettere alla prova le ipotesi, far emergere criticità visibili solo nella fase di sviluppo e produrre riflessioni metodologiche più ampie a partire da un'applicazione concreta interna al sistema.

## **Esito e contributo della ricerca**

La tesi ha la volontà di proporre un approccio sistemico alla comunicazione del patrimonio attraverso le *Extended Realities*, cercando un equilibrio continuo tra scientificità della ricostruzione, efficacia narrativa, qualità percettiva e chiarezza metodologica, al fine di realizzare un'esperienza digitale efficace per l'*heritage* anche in casi più complessi e diffusi. *Core value* è che l'innovazione tecnologica si rende utile non quando sostituisce l'esperienza del luogo, ma quando la integra, la rende più leggibile e apre nuove forme di comprensione e sperimentazione del patrimonio archeologico e paesaggistico. Le proposte presentate – fra cui l'atlante delle esperienze XR, il sistema *Aqua Claudia XR*, il prototipo *Campus Barbaricus VR* – non vengono trattati tanto come prodotti conclusi, bensì come dispositivi sperimentali sulla base dei quali vengono proposte delle riflessioni, lasciando apertura a successivi sviluppi e integrazioni.

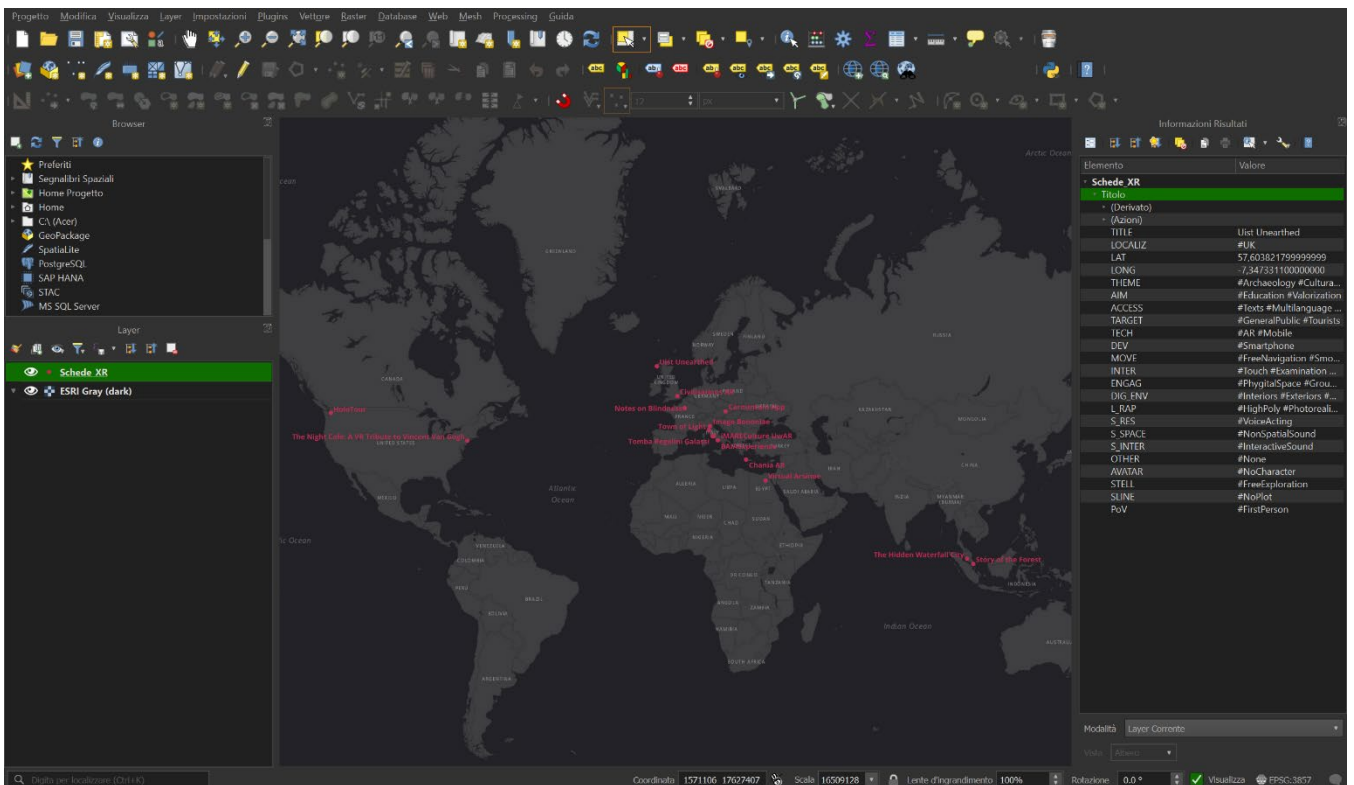
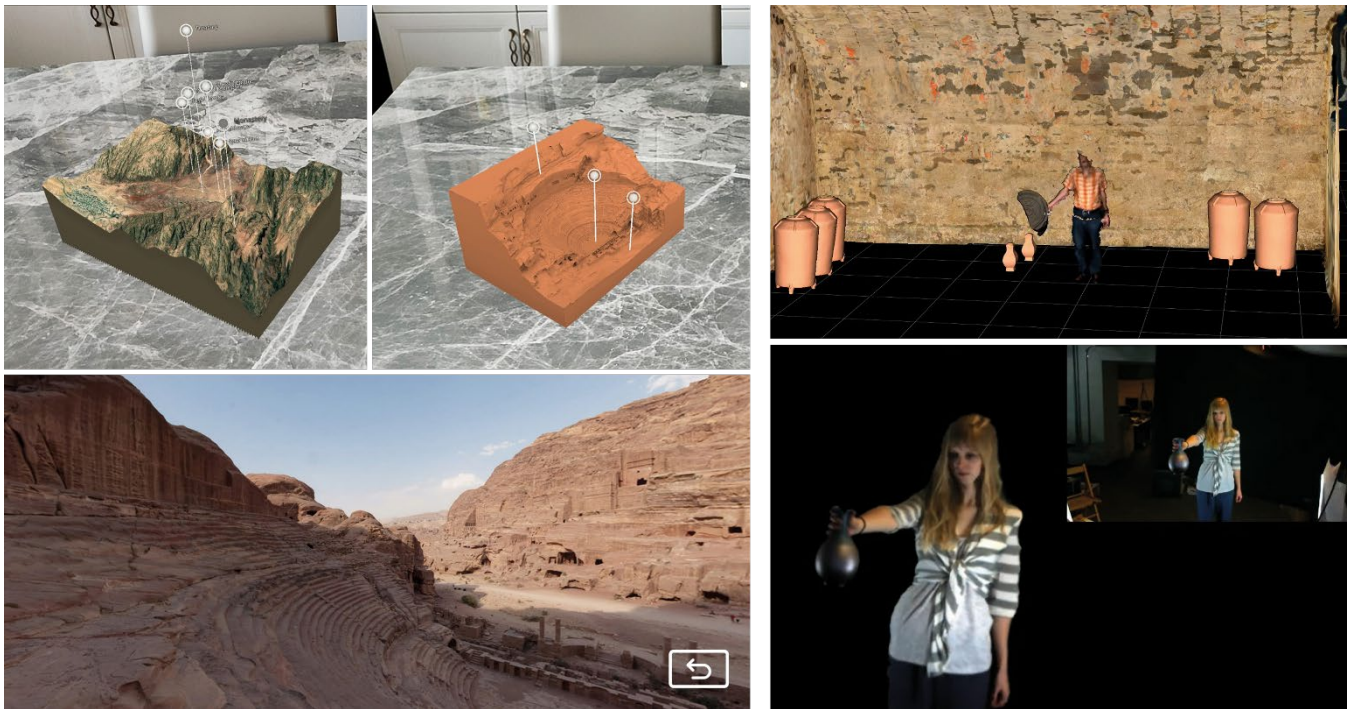


Fig. 1: (a) Screenshots tratti dall'app *Xplore AR*, raffiguranti due modelli 3D relativi al sito di Petra, posizionati su una superficie reale, Interagendo con essi, è possibile accedere a viste panoramiche su punti d'interesse del sito (foto dell'autore); (b) Due immagini dal progetto *Tele-Immersive Archaeology*, in cui si evidenzia la telepresenza di un utente nel sito archeologico virtuale (in alto) e il relativo processo di rilevamento in real-time (in basso) [University of California. (2015). *Tele-Immersive Archaeology Demo*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=TPNwdtosi8E>].

Fig. 2: Prototipo di atlante dinamico delle esperienze XR. Al momento, il database contiene i ventuno casi studio analizzati dalla ricerca. Le sottocategorie di ogni scheda sono state trasformate in campi compilati con i rispettivi tag, in modo da semplificare le operazioni di indagine, classificazione e confronto (elaborazione dell'autore).

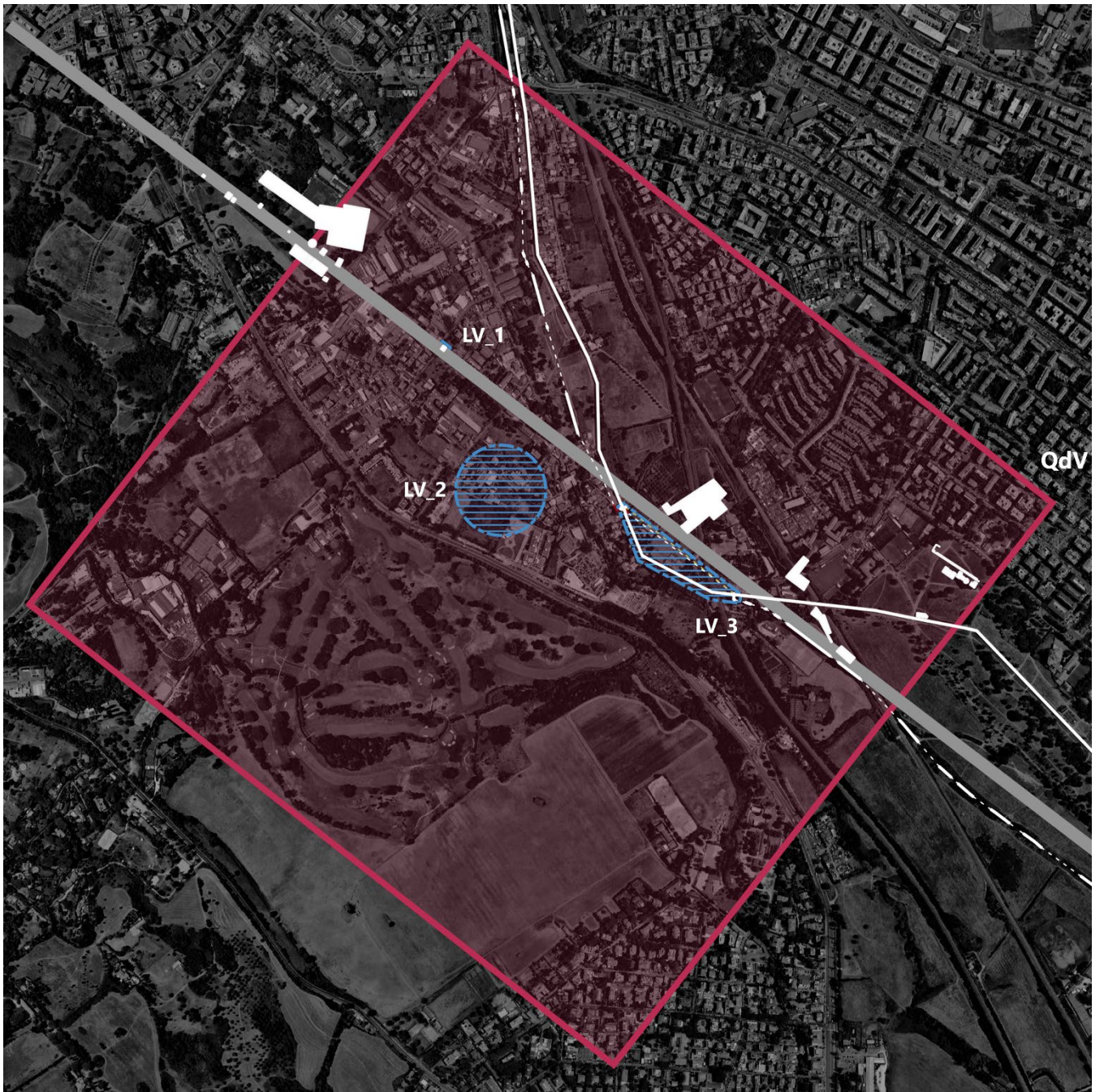
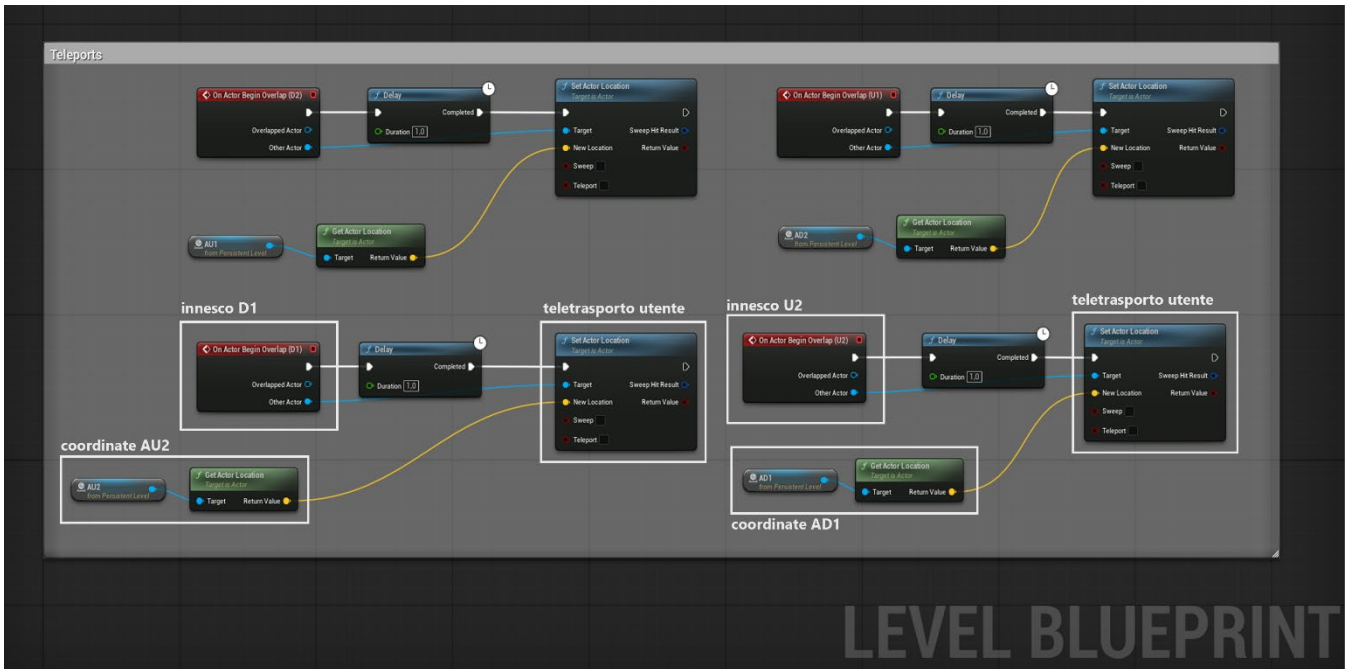


Fig. 3: Seconda definizione dimensionale dell'area dell'esperienza. In questo caso il QdV risulta nettamente ridotto (in magenta, ca. 2km di lato), così come l'area di navigazione (in azzurro), adesso scomposta in tre sottozone, in accordo con lo storytelling dell'esperienza che è variato di conseguenza (elaborazione dell'autore).



# LEVEL BLUEPRINT

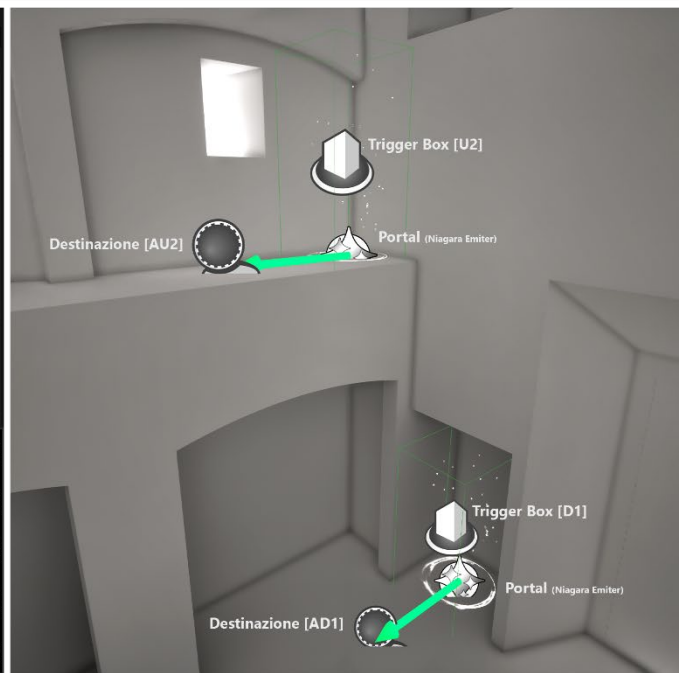
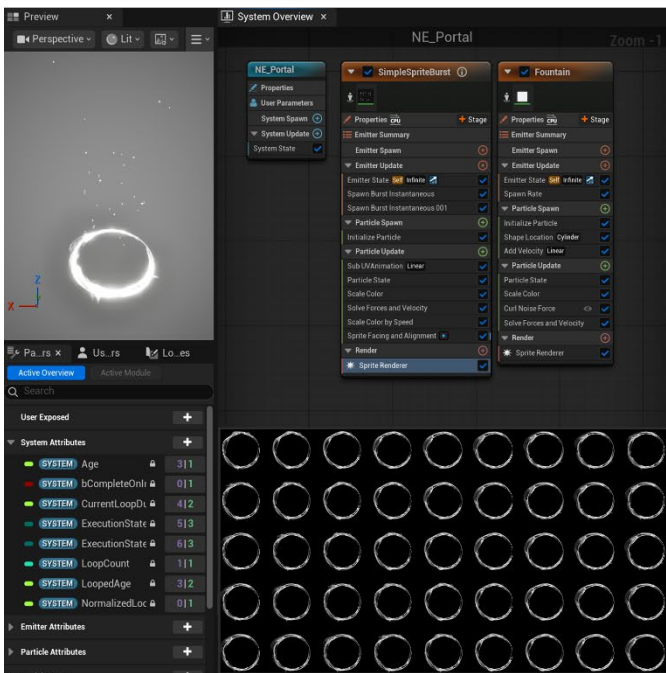


Fig. 4: (a) *Blueprint* attraverso cui viene gestito il sistema di teletrasporto all'interno della scena; (b) La realizzazione dell'emettitore di particelle *Niagara* atto a segnalare la presenza del teletrasporto; (c) La messa in scena del sistema di teletrasporto, sia nelle sue componenti visibili (emettitore) che nelle sue parti funzionali invisibili (*Trigger Box* - punti di destinazione) (elaborazioni dell'autore).

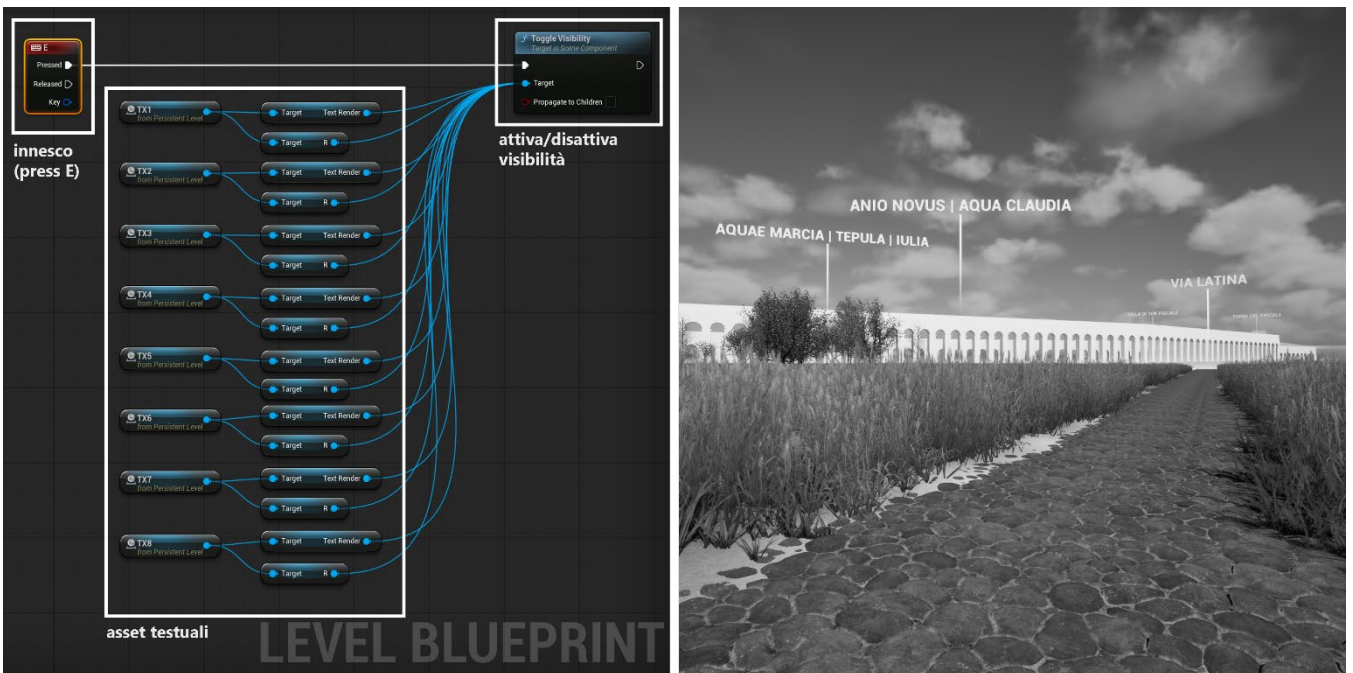
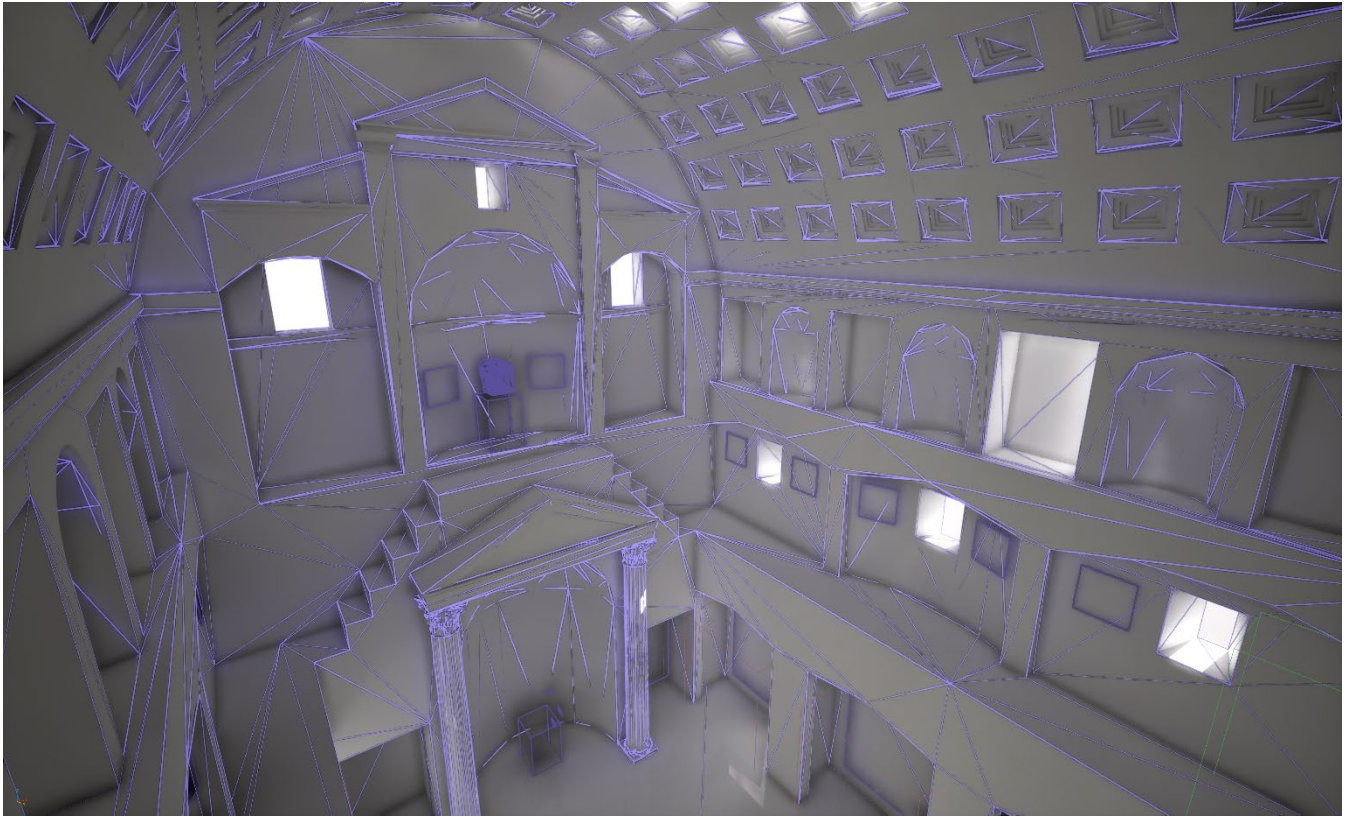


Fig. 5: Nella configurazione del sistema di collisioni (viola), i poligoni delle mesh vengono scelti come riferimento per la generazione di volumi bloccanti che simulino la solidità degli oggetti di scena (elaborazioni dell'utente).

Fig. 6: Sviluppo delle etichette informative: a sinistra, il *Blueprint* per attivare/disattivare la visualizzazione dei testi; a destra, le etichette, una volta attivate, sono visibili di sopra di ciascuna emergenza e si orientano in accordo con la posizione dell'osservatore per essere sempre leggibili (elaborazioni dell'autore).

## Bibliografia

Allenby, B. R. (2011). Governance and technology systems: The challenge of emerging technologies. In G. E. Marchant, B. R. Allenby, J. R. Herkert (a cura di). *The growing gap between emerging technologies and legal-ethical oversight: The pacing problem*, pp. 3-18. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7_1).

Argan, G. C. (1971). *L'Arte moderna 1770/1970*. Firenze: Sansoni Editore.

Ashby, T. (1927). *The Roman Campagna in Classical Times*. Londra: Ernest Benn Limited (consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2023: <https://archive.org/details/romancampagnainc00ashb/page/n9/mode/2up>).

Ashby, T. (1935/1973). *The aqueducts of ancient Rome*. Washington D.C., USA: McGrath Publishing Company (opera originale 1935; consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2022: <https://archive.org/details/aqueductsofancie0000ashb/page/n5/mode/2up>).

Azhar, A. (2021). *The exponential age: How accelerating technology is transforming business, politics and society*. New York: Diversion Books.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), pp. 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

Banca d'Italia. (2001). *Gli acquedotti Claudio e Aniene Nuovo nell'area della Banca d'Italia in via Tuscolana*. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Battini, C. (2017). *Realtà virtuale, aumentata e immersiva per la rappresentazione del costruito*. Firenze: Altralinea edizioni.

Benjamin, W. (2012). *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica* (E. Filippini, Trad.). Torino: Einaudi. (Opera originale pubblicata 1936).

Bolter, J. D., Grusin, R. (2000). *Remediation: Understanding New Media*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bottà, D. (2018). *User eXperience design: Progettare esperienze di valore per utenti e aziende*. Milano: Hoepli.

Botta, S., Schiaroli, M. (2024). Spazi dispositivi di narrazione immersiva per il paesaggio. *VL 2024 International Conference on Visualizing Landscape*, pp. 656-669. Alghero: PUBBLICA.

Botvinick, M., Chohen, J. (1998). Rubber hands "feel" touch that eyes see. *Nature*, 391 (6669), 756. <https://doi.org/10.1038/35784>.

Bruno, F., Barbieri, L., Mangeruga, M., Cozza, M., Lagudi, A., Čejka, J., Liarokapis, F., Skarlatos, D. (2019). Underwater augmented reality for improving the diving experience in submerged archaeological sites. *Ocean Engineering*, 190, 106487. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106487>.

Bucher, J. (2018). *Storytelling for Virtual Reality. Methods and principles for crafting immersive narratives*. New York, NY: Routledge.

Calzolari, V. (2000). Termini, concetti, definizioni. In MiBAC. Gabinetto del Ministro Ufficio Centrale per i Beni Ambientali e Paesaggistici (a cura di). *Conferenza nazionale per il paesaggio. Lavori preparatori*. Roma, 16 ottobre 1999.

Canina, L. (1853). *La prima parte della Via Appia dalla Porta Capena a Boville*. Roma: Stabilimento Tipografico G. A. Bertinelli (consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2009: <https://archive.org/details/laprimapartedell01cani/page/n3/mode/2up>).

Capuano, A., Toppetti, F. (2017). *Roma e l'Appia. Rovine Utopia Progetto*. Macerata: Quolibet.

Carandini, A. (2012). *Atlante di Roma Antica. Biografia e ritratti della città*, voll. I-II. Roma: Electa.

Casale, A. (2019). *Forme della percezione*. Roma: FrancoAngeli.

Chirico A., Yaden D. B. (2018), Awe: A self-transcendent and sometimes transformative emotion. In H. Lench (a cura di). *The function of emotions*, pp. 221-233. New York, NY: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77619-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77619-4_11).

Cianci, M. G. (2008). *La rappresentazione del paesaggio: Metodi, strumenti e procedure per l'analisi e la rappresentazione del paesaggio*. Firenze: Alinea.

Cianci, M. G., Colaceci, S. (2015). La Via Latina: Analisi, lettura e interpretazione del paesaggio antico. Metodologie e Valorizzazione del patrimonio storico. *Atti del III III Congreso Internacional sobre Documentación, Conservación, y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico y Paisajístico I VALENCIA 2015*.

Cianci, M. G., Colaceci, S. (2015). The via Latina: Analysis, reading and interpretation of the ancient landscape. Methodology and enhancement of heritage. *REUSO 2015 – III Congreso Internacional sobre Documentación, Conservación y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico y Paisajístico*, pp. 2339-2346,. Editorial Universitat Politècnica de València.

Cianci, M. G., Colaceci, S. (2016a). La via Latina: riscoperta dell'antico tracciato viario e delle sue strutture antropiche tra il III e IV miglio. *Archeologia dell'Architettura*, 21, 152–163. <https://doi.org/10.1400/248559>.

Cianci, M. G., Colaceci, S. (2016b). Gli acquedotti Claudio e Marcio-Felice: tracce archeologiche e segni continui negli spazi residuali della città contemporanea. *XIV International Forum – World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies, Aversa – Napoli – Capri*, 16-17-18 Giugno 2016.

Coco, A. (2020). La grande industria del videogioco per scuole e musei: l'esperienza di Ubisoft con Assassin's Creed. In S. Pescarin (a cura di). *Videogames, Ricerca, Patrimonio culturale*, pp. 43-46. Milano: Franco Angeli Editore.

Colaceci, S. (2022). *La rappresentazione del paesaggio per la documentazione, la conoscenza e la valorizzazione*. Milano: FrancoAngeli.

Commissione Europea. (2011). *Raccomandazione della Commissione del 27 ottobre 2011 sulla digitalizzazione e l'accessibilità in rete del materiale culturale e sulla conservazione digitale (2011/711/UE)*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, L. 283/39.

Corbellini, G. (2020). Il Videogioco: un ambiente per la ricerca interdisciplinare applicata alla valorizzazione del patrimonio culturale. In S. Pescarin (a cura di). *Videogames, Ricerca, Patrimonio culturale*, pp. 283-287. Milano: Franco Angeli Editore.

Crow, T. (2010). *The rise of the sixties: American and European art in the era of dissent*. Yale: Yale University Press.

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., Hart, J. C. (1992). The Cave: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment. *Communication of ACM*, 35 (6), pp. 64-72. <https://doi.org/10.1145/129888.129892>.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York, NY: Harper USA (edizione consultata 2011).

D'Aguilonius, F. (1613). *Opticorum libri sex: Philosophis juxta ac mathematicis utiles*. Antverpiae: Ex officina Plantiniana, apud Ioannem Moretum (riproduzione digitale: Sterling and Francine Clark Art Institute Library, Internet Archive: <https://archive.org/details/opticorumlibrise00agui>).

Dallas, C. (2015). Curating archaeological knowledge in the digital continuum: from practice to infrastructure. *Open Archaeology*, 1(1), pp. 176-207. <https://doi.org/10.1515/opar-2015-0011>.

de Vignemont, F. (2011). Embodiment, ownership, disownership. *Consciousness and Cognition*, 20 (1), pp. 82-93. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.09.004>.

Denard, H. (a cura di). (2009). *Carta di Londra*. (versione italiana a cura di F. Niccolucci, S. Hermon; S. Williams, Trad.). King's College London. [https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london\\_charter\\_1\\_1\\_it.pdf](https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_1_1_it.pdf).

Elia, M. (2018). *Nati all'ombra del Mandrione*. Catania: Futura Libri.

Esmaeili, H., Thwaites, H., Woods, P. C. (2018). A conceptual human-centered approach to immersive digital heritage site/museum experiences: The hidden waterfall city. In A. C. Addison, H. Thwaites (a cura di), *2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) - 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)*, pp. 1-4. IEEE. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2018.8810110>.

Falconi, F. (2013). *Misteri e segreti dei rioni e dei quartieri di Roma*. Roma: Newton Compton Editori.

Fanini, B., Pagano, A. (2015). Interface design for serious game visual strategies: The case study of "Imago Bononiae". *2015 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, vol. 2, pp. 623-626, IEEE. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2015.7419583>.

Fasciani, C., Salamone, F. (2015). Il Mausoleo di Campo Barbarico. *Scienze dell'Antichità*, 21 (1), pp. 209-221. Roma: Edizioni Quasar.

Fernández-Vara, C. (2011). Game Spaces Speak Volumes: Indexical Storytelling. *Proceedings of DiGRA 2011 Conference: Think Design Play*. <https://doi.org/10.26503/dl.v2011i1.512>.

Forte, M., Kurillo, G., Bajcsy, R. (2012). Tele-immersive archaeology. In M. Forte (a cura di). *Cyber-archaeology*, pp. 13-28. Oxford: BAR Publishing.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), pp. 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>.

Frontino, S.G. (97 d.C./2014). *Gli acquedotti di Roma [De aquaeductu urbis Romae]*. (a cura di Galli, F.). Lecce: ARGO.

Frutaz, A. P. (1962). *Le Piante di Roma*, voll. I-II-III. Roma: Istituto di Studi Romani.

Giannetti, I., Toso, G. (2011). Iconografie degli acquedotti romani. In F. Purini (a cura di). *Acquedotti romani: Catalogo della mostra* (Roma, 2011). Roma: Gangemi Editore.

Giannini, T., Bowen, J. P. (2022). Museums and Digital Culture: From Reality to Digitality in the Age of COVID-19. *Heritage*, 5(1), pp. 192-214. <https://doi.org/10.3390/heritage5010011>.

Grau, O. (2003). *Virtual Art: from Illusion to Immersion*. Cambridge: MIT Press.

Greengard, S. (2019). *Virtual Reality*. Massachusetts: MIT Press.

Griffiths, A. (2008). *Shivers down Your Spine; Cinema, Museums, and the Immersive View*. New York: Columbia University Press.

Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(2), pp. 262-271. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.2.262>.

Herkert, J. R. (2011). Ethical challenges of emerging technologies. In G. E. Marchant, B. R. Allenby, J. R. Herkert (a cura di). *The growing gap between emerging technologies and legal-ethical oversight: The pacing problem*, pp. 35-44. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7_3).

Hittorff, J. I. (1842). *Description de la rotonde des panoramas élevée dans les Champs-Élysées: précédée d'un aperçu historique sur l'origine des panoramas, aux bureaux de la revue générale de l'architecture et des travaux publics*. Paris. (Riproduzione digitale: Gallica – Bibliothèque nationale de France, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k65408431>).

Huizinga, J. (1938). *Homo Ludens*. Torino: Einaudi (edizione consultata 2002).

ICOMOS. (2017). *Principi di Siviglia per l'archeologia virtuale [The Seville Principles: International Principles of Virtual Archaeology]*. International Council on Monuments and Sites. <https://icomos.es/wpcontent/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf>.

- Italia Nostra: Sezione di Roma, Calzolari, V. (studio coordinato da), Olivieri, M. (pubb. A cura di). (1984). *Piano per il Parco dell'Appia Antica, Testo e Tavole*. Roma.
- Jenkins, H. (2004). *Game Design as Narrative Architecture. First Person*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Jerald, J. (2016). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. San Rafael, CA: ACM and Morgan & Claypool Publishers.
- Lanciani, R.A. (1880). *Topografia di Roma Antica. I comentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti*. (consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2008: <https://archive.org/details/topografiadiroma00lancuoft>).
- Lescop, L. (2017). 360° vision, from panoramas to VR. *Proceedings of the 13th Biennial International Conference of the European Architectural Envisioning Association at the Glasgow School of Art. Envisioning Architecture: Space/Time/Meaning*, pp. 226-233. Glasgow: Freight Design.
- Lescop, L. (2019). *The fabulous history of immersive devices. The VE/AR special edition #2: realestate/AEC*. France: Laval Virtual.
- Li, J., Gao, S., Xie, Y., & Lv, Q. (2024). A systematic review of digital transformation technologies in museums. *Computers in Human Behavior*, 161, 108407. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108407>.
- Ligresti, A. M. (2022). *Sulla riproduzione (digitale) dei beni culturali. Il P.N.R.R. per il "digital cultural heritage"*. Amministrazione in Cammino. <https://www.amministrazioneincammino.luiss.it/2022/11/23/sulla-riproduzione-digitale-dei-beni-culturali-il-p-n-r-r-per-il-digital-cultural-heritage/>.
- Lombard, M., Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>.
- Lucchese, F., Pignatti, E. (2009). La vegetazione nelle aree archeologiche di Roma e della Campagna Romana. *Quaderni di Botanica Ambientale e Applicata*, 20(2), pp. 3-89.
- Maltomini, F., Parrinello, S. (a cura di). (2023). *Arsinoe 3D. Riscoperta di una città perduta dell'Egitto greco-romano*. Firenze: Firenze University Press.
- Marchant, G. E. (2011). Addressing the pacing problem. In G. E. Marchant, B. R. Allenby, J. R. Herkert (a cura di). *The growing gap between emerging technologies and legal-ethical oversight: The pacing problem*, pp. 199-205. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7_13).
- Mateer, J. (2017). Directing for Cinematic Virtual Reality: how the traditional film director's craft applies to immersive environments and notions of presence. *Journal of Media Practice*, 18(1), pp. 14-25. <https://doi.org/10.1080/14682753.2017.1305838>.
- Milgram, P., Kishino, F. (1994a). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), pp. 1321-1329.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, vol. 2351. <https://doi.org/10.1117/12.197321>.
- Mitchell, R. (1801). *Plans, and views in perspective, with descriptions, of buildings erected in England and Scotland*. Oriental Press (Riproduzione digitale: Internet Archive: [https://archive.org/details/plansviewsinpers0000mitc\\_a5n1](https://archive.org/details/plansviewsinpers0000mitc_a5n1)).
- Miyaura, M., Narumi, T., Nishimura, K., Tanikawa, T., Hirose, M. (2011). Olfactory feedback system to improve the concentration level based on biological information. *2011 IEEE Virtual Reality Conference (VR)*, pp. 139-142. IEEE. <https://doi.org/10.1109/VR.2011.5759452>.

- Mori, M. (1970). *Bukimi no tani [The uncanny valley]* (K. F. MacDorman, T. Minato, trad.). *Energy*, 7(4), pp. 33-35. (originale pubblicato in giapponese).
- Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the holodeck: The future of narrative in cyberspace*. Cambridge: MIT Press.
- Namaziano, C. R. (V secolo d.C./1895). *Itinerarium de reditu suo*. (opera originale pubblicata nel V secolo d.C.; consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2016: <https://archive.org/details/TrinchDalPoema/page/n21/mode/2up>).
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of ACM CHI'94 Conference* (Boston, MA, April 24-28), pp. 152-158.
- Norman, D. A. (2019). *La caffettiera del masochista. Il design degli oggetti quotidiani*. Milano: Giunti. (Originale pubblicato nel 1988).
- Paavilainen, J., Hamari, J., Hanner, N., Koskinen, E. (2017). The Pokémon GO experience: A location-based augmented reality mobile game goes mainstream. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2493-2498. New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025871>.
- Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin: Architecture and the Sense*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Pallasmaa, J. (2011). *Lampi di pensiero. Fenomenologia della percezione in architettura*. Bologna: Pendragon.
- Panou, C., Ragia, L., Dimelli, D., Mania, K. (2018). An architecture for mobile outdoors augmented reality for cultural heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12), 463. <https://doi.org/10.3390/ijgi7120463>.
- Paolillo, F. R., Pontisso, M., Roascio, S. (a cura di) (2022). *Partimonium Appiae. Depositi emersi*. Mantova: SAP Società Archeologica s.r.l.
- Parco Archeologico dell'Appia Antica. (2017). *Statuto del Parco Archeologico dell'Appia Antica*. [https://www.parcoarcheologicoappiaantica.it/wp-content/uploads/2018/05/Statuto\\_PAAA\\_18\\_12\\_2017.pdf](https://www.parcoarcheologicoappiaantica.it/wp-content/uploads/2018/05/Statuto_PAAA_18_12_2017.pdf).
- Parrinello, S., Dell'Amico, A., Galasso, F. (2022). Arsinoe 3D. La narrazione digitale di uno scavo archeologico. *DIALOGHI. Visioni e Visualità. 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Congresso della Unione Italiana per il Disegno*, pp. 881-902. <http://doi.org/10.3280/oa-832-c60>.
- Patti, I. (2018). *Serious Game Design: Storia e teorie sull'esperienza ludica applicata*. Milano: FrancoAngeli.
- Pearce, J., Newell, D., Trower, S. (2025). Virtual Vauxhall Gardens: Multisensory Reconstruction and the Role of Olfaction in Virtual Presence. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2505.13612>.
- Pescarin, S. (2020). Esperienze interattive nei musei: dieci regole d'oro. In S. Pescarin (a cura di). *Videogames, Ricerca, Patrimonio culturale*, pp. 89-127. Milano: Franco Angeli Editore.
- Pescarin, S., Cerato, I., Fanini, B., Ferdani, D., Palombini, A., Rescic, L., Ungaro, L., Vigliarolo, P., Hamilton, A., Mesche, I., Mifsud, K. (2020). Una notte nel Foro: un videogioco ambientato in un sito archeologico. In Pescarin, S. (a cura di), *Videogames, Ricerca, Patrimonio culturale*, pp. 60-69. Milano: FrancoAngeli.
- Pietroni, E. (2013). Natural Interaction in VR environments for Cultural Heritage: the virtual reconstruction of the Regolini Galassi Tomb in Cerveteri. *Archeologia e Calcolatori*, n. 24, pp. 231-247. <https://doi.org/10.19282/ac.24.2013.11>.
- Pietroni, E., Adami, A. (2014). Interacting with virtual reconstructions in museums: The Etruscanning project. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 7(2), pp. 1-29. <https://doi.org/10.1145/2611375>.

- Pietroni, E., Pagano, A., Rufa, C. (2013). The Etruscanning project: Gesture-based interaction and user experience in the virtual reconstruction of the Regolini-Galassi tomb. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, Marseille, France, 2013, pp. 653-660. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6744832>.
- Pratesi, F. (2011). Il paesaggio e gli acquedotti. In F. Purini (a cura di). *Acquedotti romani: Catalogo della mostra* (Roma, 2011). Roma: Gangemi Editore.
- Procopio di Cesarea (ca. 550 d.C./1896) *La guerra gotica*, libro II, cap. III (D. Comparetti, a cura di; vol. II). Roma: Forzani e C. Tipografi del Senato. (opera originale ca. 500 d.C.; consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2011: <https://archive.org/details/laguerragoticadi02proc/page/n5/mode/2up>).
- Purini, F. (a cura di). (2011). *Acquedotti romani: Catalogo della mostra* (Roma, 2011). Roma: Gangemi Editore.
- Quilici Gigli, S., Quilici, L. (a cura di). (2002). *Campagna e paesaggio nell'Italia antica* (Atlante tematico di topografia antica, 8). "L'Erma" di Bretschneider.
- Quilici Gigli, S., Quilici, L. (a cura di). (2016). *Roma e suburbio, strade e acquedotti, urbanistica* (Atlante tematico di topografia antica, 26). "L'Erma" di Bretschneider.
- Riva, G., Gaggioli, A. (2019). *Realtà virtuali. Gli aspetti psicologici delle tecnologie*. Milano: Giunti Editore.
- Rosenberg, L. B. (1993). Virtual fixtures: Perceptual tools for telerobotic manipulation. *Proceedings of the 1993 IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, pp. 76-82. IEEE. <https://doi.org/10.1109/VRAIS.1993.380795>.
- Rothe, S., Hußmann, H. (2018). Guiding the Viewer in Cinematic VR by Diegetic Cues. *LNCS 10910*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3_7).
- Ruskin, J. (1843/1903). *Modern Painters*, vol. I. London: George Allen; New York: Longmans, Green and Co. (opera originale pubblicata nel 1843-1860; consultazione testo digitalizzato: Lancaster University: <https://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/documents/ruskin/37ModernPainters.pdf>).
- Ryle, G. (1949). *The concept of mind*. Londra: Routledge (ed. consultata 2009).
- Salens, K. S., Zimmerman, E. (2003). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Schell, J. (2014). *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Schwartz, V. R. (1998). *Spectacular Realities: Early Mass Culture in Fin-de-Siècle Paris*. Oakland, CA: University of California Press.
- Skarbez, R., Neyret, S., Brooks, F. P., Jr., Slater, M., Whitton, M. C. (2017). A psychophysical experiment regarding components of the plausibility illusion. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(4), pp. 1322-1331. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2657158>.
- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence Connect*.
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), pp. 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>.
- Slater, M., Banakou, D., Beacco, A., Gallego, J., Macia-Varela, F., Oliva, R. (2022). A separate reality: An update on place illusion and plausibility in virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 914392. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.914392>.
- Slater, M., Usoh, M. (1993). Presence in Immersive Virtual Environments. *Proceedings of the IEEE Conference – Virtual Reality Annual International Symposium, IEEE Neural Networks Council*, Seattle, WA (Settembre, 1993), pp. 90-96.

- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1993). Presence in immersive virtual environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS)*, pp. 90-96. <https://doi.org/10.1109/VRAIS.1993.380793>.
- Spirn, A. W. (1998). *The language of landscape*. Yale, CT: Yale University Press.
- Staccioli, R.A. (2002). *Acquedotti, fontane e terme di Roma Antica*. Roma: Newton & Compton Editori.
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), pp. 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>.
- Strabone (I secolo a.C./1562). *Geografia*, vol. V, cap. III, (M. A. Buonacuccioli, trad.). Venezia: Francesco Senese (opera originale pubblicata nel I secolo a.C.; consultazione testo digitalizzato: Internet Archive, 2016: [https://archive.org/details/bub\\_gb\\_X\\_qxjj00Qp8C/mode/2up](https://archive.org/details/bub_gb_X_qxjj00Qp8C/mode/2up)).
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three-dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference*, part I, pp. 757-764. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>.
- Tella, F. (2023). *Le acque di Roma e di Ostia Antica*. Roma: Edizioni Espera.
- Testa, O., Campolunghi, M. P., Funicello, R., Lanzini, M. (2008). Il problema dei riporti e le modificazioni della forma originaria. In R. Funicello, A. Praturlon, G. Giordano (a cura di), *Memorie descrittive della carta geologica d'Italia: La geologia di Roma dal centro storico alla periferia*, vol. 80, pp. 145-168. Firenze: S.EL.CA.
- Thommen, L. (2012). *An environmental history of ancient Greece and Rome*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tidwell, J., Brewer, C., Valencia A. (2020). *Designing Interfaces. Patterns for Effective Interaction Design* (3° edizione). Sebastopol, USA: O'Reilly.
- Toffoletti, I. (a cura di) (2021). *Chiusi per Covid / Aperti per Cultura: Musei e Comunicazione digitale. Bilancio e Prospettive*. Roma: Gangemi Editore.
- UNESCO (2024). *Via Appia. Regina Viarum – World Heritage List No. 1708*. <https://whc.unesco.org/en/list/1708/>.
- UNESCO. (1970). *Convention on the Means of Prohibiting and Preventing the Illicit Import, Export and Transfer of Ownership of Cultural Property*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133361>.
- UNESCO. (2003a). *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000132540>.
- UNESCO. (2003b). *Charter on the Preservation of the Digital Heritage*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000179529>.
- Welch, R. B., Warren, D. H. (1986). Intersensory interactions. In K. R. Boff, L. Kaufman, J. P. Thomas (a cura di). *Handbook of Perception and Human Performance*, vol. 1. New York: Wiley Editions.
- Wittkower, R. (1999). *Arte e architettura in Italia 1600-1750*. Torino: Einaudi.