

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

Progettare l'incontro con il Patrimonio Culturale. Indagine sul ruolo dell'empatia nell'esperienza museale con il supporto del metodo neuroscientifico

*Original*

Progettare l'incontro con il Patrimonio Culturale. Indagine sul ruolo dell'empatia nell'esperienza museale con il supporto del metodo neuroscientifico / Minucciani, Valeria; Benente, Michela. - STAMPA. - (2025).

*Availability:*

This version is available at: 11583/3010793 since: 2026-05-13T11:18:23Z

*Publisher:*

Edifir

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

## INTRODUZIONE ALLA NEUROESTETICA: DALLA FILOSOFIA ALLA PSICOLOGIA

---

Marco Iosa

Per capire a pieno il senso del nome Neuromuseum va spiegato cosa sia la neuroestetica, una nuova branca della neuropsicologia che ha radici profonde che affondano nella filosofia e al tempo stesso usa strumenti moderni per un approccio scientifico-quantitativo.

L'Estetica come disciplina che mirava a studiare la percezione del bello ed anche la creazione artistica nasce in ambito filosofico. Già antichi filosofi si erano interessati al concetto di bellezza. Per Platone il bello era una proprietà dell'oggetto dell'osservazione, riflesso di un'idea di bello assoluto, mentre per Aristotele non esisteva un bello assoluto, sebbene anche per lui il bello è caratteristica degli oggetti. I due filosofi influenzarono ampiamente il pensiero greco: il bello è avere specifiche caratteristiche quali ad esempio simmetria e proporzioni armoniche [Iosa, 2018]. Ad esempio, il Doriforo di Policletto, la Venere di Milo, i bronzi di Riace e molte altre sculture vennero eseguite rispettando la proporzione della sezione aurea perché questa caratterizza anche il corpo umano (l'uomo come misura di tutte le cose, diceva Protagora), ma anche altre opere furono eseguite seguendo questa proporzione, tra queste la facciata del Partenone progettata da Fidia [Iosa, 2018]. Questo approccio verrà anche ripreso nel Rinascimento, ad esempio nell'Uomo vitruviano di Leonardo, che non a caso fu illustratore del *De Divina Proportione*, il libro di frate Luca Pacioli sulla sezione aurea.

Ma passeranno altri secoli prima che qualcuno coni propri il termine *Aesthetica*: sarà in particolare il filosofo tedesco Alexander Gottlieb Baumgarten, pubblicando il trattato *Aesthetica* nel 1750. Poco tempo dopo sarà Immanuel Kant a riprendere ampiamente il tema estetico nella *Critica del giudizio* (1790), cambiando sostanzialmente il punto di vista di Platone: il bello diventa soggettivo, più legato alle sensazioni provate dal soggetto che percepisce un oggetto, in accordo col termine coniato da Baumgarten legato al significato greco si sentire, percepire. D'altronde, diceva Baumgarten: "*l'estetica è la scienza della conoscenza sensibile*". Nell'ottocento Hegel, nelle sue *Lezioni sull'estetica* (1838), riprenderà il tema, suggerendo che l'arte è il mezzo che trasforma l'idea di bello in forma sensibile. Pochi anni dopo, Fechner sarà il primo a eseguire degli esperimenti per studiare questa "scienza della conoscenza sensibile" e non a caso inizierà proprio da uno studio sulla sezione aurea. Egli mostrò dieci rettangoli a dei soggetti chiedendo di scegliere quello che preferivano, questo risultò essere quello in proporzione di 8:5, ovvero 1.6, un valore molto prossimo proprio alla sezione aurea dei greci, il cui valore è circa 1.618 [Fechner, 1865].

Questo studio può considerarsi uno spartiacque tra le riflessioni filosofiche sull'estetica e l'inizio di un'epoca sperimentale in cui le ipotesi avevano bisogno di essere testate scientificamente, raccogliendo dati ed analizzandoli.

Oggi, lo studio dell'estetica non è più solo uno dei campi della filosofia, ma è diventato oggetto di ricerca per psicologi e neuroscienziati, quali ad esempio Samir Zeki, che ha coniato il termine Neuroestetica, Alan Chatterjee e Vittorio Gallese. Grazie anche a loro l'esperienza estetica oggi è vista come una complessa interazione tra processi emotivi (legati a desiderio e ricompensa), processi sensori-motori (sensazioni, percezioni, rappresentazioni motorie), e conoscenze pregresse (cultura, contesto ed esperienza). La Neuroestetica da un lato studia come le persone percepiscono il bello, spesso nelle opere artistiche, negli artefatti archeologici o nei siti culturali, ma anche come l'artista crei e produca la sua opera. Come disse Cavanagh [2005], i primi neuroscienziati sono stati proprio gli artisti.

Tutto ciò ha portato ad una profonda rivalutazione della bellezza, investigando se sia una caratteristica dell'oggetto, oppure sia una percezione del soggetto o ancora una sua emozione [Iosa et al., 2025], con modelli come la Triade estetica che la vedono come risultato di una interazione tra tre componenti: quella sensori-motoria, quella emotivo-valutativa, e quella legata ai sistemi neurali di comprensione e conoscenza [Chatterjee e Vartanian, 2014] (Fig. 1).

In conclusione, possiamo definire la Neuroestetica come lo studio scientifico dei processi cognitivi e delle basi neurali inerenti alla percezione del bello, ma anche relativi alla fruizione e la creazione dell'Arte [Zeki, 1999].

### Metodi di analisi in neuroestetica

L'applicazione del metodo scientifico è dunque la principale differenza tra l'estetica e la neuroestetica. E tale applicazione è possibile solo grazie agli strumenti, i materiali e i metodi della psicologia sperimentale, che si avvale anche delle competenze della moderna bioingegneria. Da un lato vi è dunque l'uso di scale e test psicometricamente validati, dall'altro l'uso di strumenti che registrano segnali biologici.

Scale, questionari, singoli item chiedono al soggetto una risposta esplicita su cosa percepisce come bello. Ma possono anche investigare come il bello influenzi alcuni fattori quali attenzione e memoria. I test invece possono avere risposte esplicite o implicite (come ad esempio nell'Implicit Association Test). Le misure strumentali possono invece riferirsi a diversi campi. Vi sono misure del comportamento del soggetto davanti al bello, ad esempio con l'uso del tracciamento oculare (*eye-tracking*) per vedere cosa guarda o l'analisi della sua posizione (*positioning*, ad esempio in quali sale vada il soggetto all'interno di un museo). Vi sono poi misure fisiologiche che possono riguardare segnali bioelettrici, come ad esempio la variazione di frequenza cardiaca (*heart rate variability*) o la variazione di elettroconduttanza cutanea (conosciuta come *Galvanic Skin Response*), oppure possono riguardare variazioni ormonali, come il livello di cortisolo (misurato spesso dalla saliva). La frequenza cardiaca e l'elettroconduttanza cutanea sono misure di quanto il soggetto sia emotivamente coinvolto, mentre il cortisolo viene indagato in quegli studi che hanno come obiettivo di valutare se l'arte possa ridurre i livelli di stress.

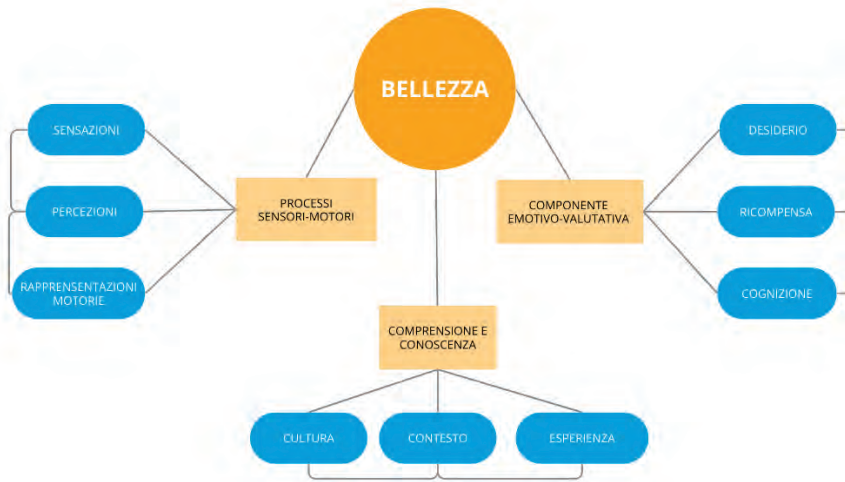


Fig. 1. La Triade estetica

Menzioni a parte riguardano le misure relative a ciò che accade nel cervello davanti ad un'opera d'arte o, in generale, davanti ad uno stimolo esteticamente piacevole. Le indagini principali che si possono condurre sono la risonanza magnetica funzionale (fMRI) e l'elettroencefalografia (EEG). La fMRI consente di vedere quali aree del cervello si attivano, comprese le regioni più profonde, ma ovviamente il soggetto deve stare all'interno del macchinario e gli vengono mostrate su un piccolo schermo che ha davanti agli occhi riproduzioni digitali di opere d'arte (oppure gli vengono fatti ascoltare brani musicali). L'EEG, meno costoso, ma anche meno dettagliato dell'fMRI, invece registra da elettrodi posti sulla testa del soggetto l'attività elettrica del cervello ed attraverso sofisticati algoritmi cerca di ricostruire le attivazioni delle aree cerebrali sottostanti. L'EEG può avere un numero diverso di canali, che vanno da 8 a 256. Nel tempo si è spesso preferito usare EEG con un numero inferiore di elettrodi ma che fossero usabili fuori dai laboratori di ricerca (dove solo copie digitali delle opere potevano essere mostrate ai soggetti), per portarli all'interno dei musei, nei siti archeologici, davanti alle opere reali, come si è fatto nel progetto Neuromuseum.

### Attivazioni cerebrali legate al bello fMRI e EEG

La figura 2 mostra le principali attivazioni cerebrali identificate soprattutto negli studi di Di Dio e colleghi svolti mediante fMRI in cui i soggetti vedevano opere come il Doriforo di Policleto nella forma originale che ha le proporzioni della sezione aurea e altre forme distorte artificialmente al computer che ne alteravano le proporzioni [Di Dio et al. 2007] oppure quadri di scene statiche o dinamiche di persone o paesaggi [Di Dio et al., 2016]. In questa figura sono anche riportati altri risultati trovati in letteratura scientifica sull'osservazione dei quadri. Un'opera d'arte attiva principalmente il lobo parietale inferiore del cervello, deputato soprattutto all'analisi spaziale di un'immagine, soprattutto nel lobo destro (essendo il sinistro più dedicato al linguaggio), l'insula che si attivava soprattutto nella semplice osservazione e che è stata associata ad un concetto di bellezza oggettiva (similmente a come era stata definita da Platone e Aristotele), l'amigdala che invece si attivava quando al soggetto veniva richiesto di esplicitare il suo giudizio estetico (e quindi più soggettiva, in un'accezione più kantiana della bellezza), e, sorprendentemente, anche le aree della corteccia premotoria e le aree motorie supplementari. Freedberg e Gallese [2007] avevano già ipotizzato che vedere dei personaggi scolpiti o dipinti potesse attivare il network cerebrale dei neuroni specchio, scoperti nel 1998 da Rizzolatti, questi sono un gruppo di neuroni che si attivano quando il soggetto compie un'azione, ma anche quando vede compierla da altri, anche se questi sono personaggi dipinti in un quadro. Le aree della corteccia motoria poi si attivano anche nel caso in cui i soggetti stanno per compiere un'azione, per consentire il riconoscimento delle intenzioni motorie [Adolphs et al., 2000]. La sorprendente attivazione delle aree motorie durante la sola osservazione di opere d'arte si è vista anche davanti ad ambienti o strumenti dipinti, ed è stata spiegata una pre-attivazione di programmi motori di accessibilità degli ambienti o uso degli strumenti [Di Dio et al., 2016]. Persino davanti ad opere astratte come i tagli nelle tela di Fontana si è vista un'attivazione della corteccia motoria, spiegata dal coinvolgimento empatico con il gesto fatto dall'artista per creare l'opera [Umiltà et al., 2012].

Come detto, l'EEG è molto meno dettagliato dell'fMRI, ma dà la possibilità di registrare alcuni indici dell'attivazione cerebrale e fisiologica del soggetto davanti alla reale opera d'arte e non a riproduzioni digitali proiettate all'interno di un macchinario di risonanza. Tra i vari indici proposti in letteratura scientifica che vengono estratti dai segnali EEG, due sono di particolare interesse: il carico cognitivo del soggetto (*Cognitive Workload*), ovvero quanto l'opera faccia riflettere il soggetto, e quanto il soggetto si senta attratto (piuttosto che respinto) dalla visione dell'opera (*Approach Withdrawal*). A questi due indici però, per completezza, va affiancato un indice più legato alla percezione emotiva (e meno cognitiva) del bello. In questo caso, l'indice più appropriato è tratto dall'elettroconduttanza cutanea (*electrodermal activity*, EDA) ed è la *Galvanic Skin Response* (GSR) che è normalmente formata da un segnale a bassa frequenza (*Skin Conductance Level*, SCL) e da una risposta a più alta frequenza (*Skin Conductance Response*, SCR). Il valore della GSR può anche essere combinato con la variabile della frequenza cardiaca (*Heart Rate Variability*, HRV) per ottenere un *Emotional Index* (EI). Questi tre indici (CW, AW e GSR o EI) sono stati utilizzati in diversi studi per comprendere le attivazioni di un soggetto che

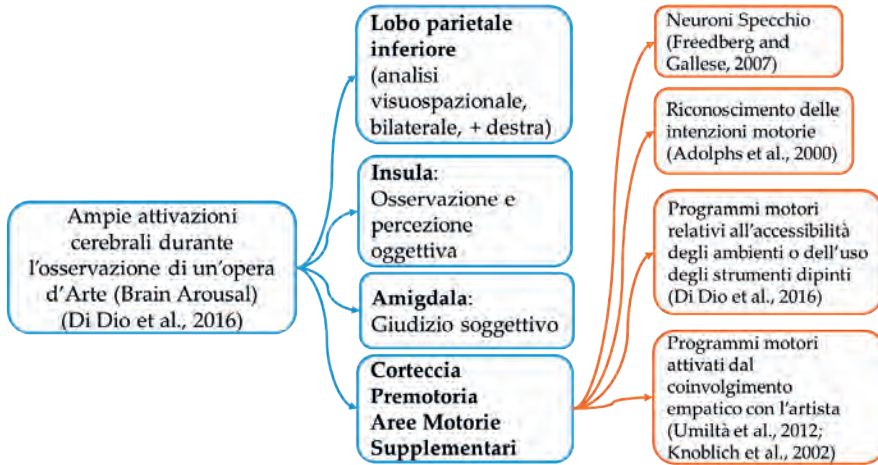


Fig. 2. Le principali attivazioni cerebrali che accadono durante l’osservazione di un’opera d’arte

si trovava davanti ad una reale opera d’arte come ad esempio il Mosé di Michelangelo [Babiloni et al., 2014] o il Sarcofago degli Sposi di epoca etrusca [Giorgi et al., 2023], e sono stati usati anche nel progetto Neuromuseum.

Questi indici sono stati dunque estratti dai segnali registrati anche all’interno del progetto Neuromuseum secondo i metodi riportati in letteratura e qui di seguito brevemente riassunti, rimandando per maggiori dettagli agli articoli citati.

Tutti i segnali registrati (EEG e EDA) sono stati ritagliati in un intervallo di tempo specifico corrispondente al compito di interesse, al fine di analizzare l’esatto lasso di tempo delle risposte fisiologiche. Il segnale EEG è stato acquisito usando uno strumento Mindtooth Touch (BrainSigns) a 10 elettrodi ad acqua (spugna salina ed elettrodi passivi Ag/AgCl), di cui 8 di misurazione e 2 di riferimento, collocati secondo il Sistema Internazionale 10-10 nelle seguenti posizioni: AFz, AF3, AF4, AF7, AF8, Pz, P3 e P4 [Oostenveld & Praamstra 2001; Sciaraffa et al., 2022]. Il segnale EEG è stato inizialmente filtrato passa-banda con un filtro Butterworth del quinto ordine nell’intervallo 2–30 Hz. Gli artefatti da ammiccamento sono stati rilevati tramite il metodo Reblinca [Di Flumeri et al., 2016]. Il segnale EEG ricostruito è stato quindi segmentato in epoche della durata di 1 secondo con una sovrapposizione di 0,5 secondi, al fine di evitare qualsiasi “boundary effect”, e sono stati applicati tre ulteriori criteri per il rilevamento degli artefatti, basati sull’ampiezza e sull’andamento del segnale, per rimuovere quelle porzioni di dati ancora affette da artefatti non corretti in precedenza [Delorme & Makeig, 2004; Vozzi et al., 2021].

Dal segnale EEG privo di artefatti è stata calcolata la Global Field Power (GFP) per la banda di frequenza EEG di interesse, ovvero le bande alpha e theta. Questa banda è stata definita in base al valore della Frequenza Alpha Individuale (IAF) [Klimesch, 1999]: banda alpha [IAF-2, IAF+2] e banda theta [IAF-6, IAF-2] sono state stimate specificamente per ciascun soggetto tramite una registrazione di un minuto a occhi chiusi effettuata prima dell'inizio dell'esperimento.

L'Indice di Approach-Withdrawal (AW, avvicinamento-respingimento) è stato calcolato a partire dall'indice di Asimmetria Frontale Alpha [Davidson et al., 1990; Cartocci et al., 2018], per il quale è stata utilizzata la Formula (1): Asimmetria Frontale Alpha =  $GFP_{(\alpha\_destra)} - GFP_{(\alpha\_sinistra)}$ , dove  $GFP_{(\alpha\_destra)}$  e  $GFP_{(\alpha\_sinistra)}$  rappresentano la GFP calcolata rispettivamente tra gli elettrodi frontali destro (AF4, AF8) e sinistro (AF3, AF7), nella banda alpha ( $\alpha$ ). Valori positivi indicano una tendenza all'approccio, ovvero l'interesse, da parte del partecipante, mentre valori negativi indicano una tendenza all'allontanamento rispetto allo stimolo.

L'Indice di Carico Cognitivo (*Cognitive Workload Index*, CWL) è stato ottenuto considerando la GFP nella banda theta su tutti gli elettrodi frontali (AFz, AF3, AF4, AF7, AF8). Un aumento dei valori theta frontali implica un incremento del carico cognitivo richiesto durante il compito [Wisniewski et al., 2015; Cartocci et al., 2021].

I segnali di Attività Elettrodermica (*Electrodermal Activity*, EDA) acquisiti mediante uno strumento Shimmer sono stati analizzati utilizzando il software LEDA Lab [Benedek e Kaernbach, 2010]; è stata stimata la componente tonica della conduttanza cutanea (*Skin Conductance Level*, SCL). La SCL corrisponde alla componente a variazione lenta del segnale EDA, coerentemente associata ai livelli di attivazione (*arousal*) e stress [Ronca et al., 2023], pertanto i segnali sono stati filtrati passa-basso con una frequenza di taglio di 1 Hz. I segnali finali sono stati poi normalizzati.

### Neuromuseum: Neuroestetica nei musei e nei parchi archeologici

L'attivazione dei neuroni specchio sopra descritta è interpretabile come un ponte tra l'oggetto osservato e il soggetto osservatore, una connessione che consente un'immedesimazione e un'appropriazione del patrimonio artistico, archeologico e culturale. Questo incontro cambia il soggetto che osserva, attraverso l'apprendimento culturale ed emotivo, facendolo diventare esperienza del patrimonio personale del soggetto. Tanto più questa esperienza sarà segnante tanto più è possibile che il patrimonio culturale possa favorire la crescita conoscitiva ed emotiva del soggetto. Per questo il patrimonio culturale potrebbe essere promotore di benessere mentale, integrazione, inclusione sociale.

Le ricerche condotte nei laboratori hanno il vantaggio di avere condizioni sperimentali perfettamente controllate, ma perdono l'impatto emotivo di essere davanti a una vera opera d'arte o un vero reperto archeologico, all'interno di un contesto museale o di un parco archeologico.

Il progetto Neuromuseum si è mosso proprio con l'intento di effettuare misurazioni nei luoghi reali, come il museo Egizio di Torino con le sue mummie e i suoi sarcofagi, il

Categoria	Struttura e funzione	Materiali e Metodi	Misura	Interpretazione
<b>Misure neurofisiologiche</b>	Attività cerebrale (in particolare delle aree frontali)	Analisi elettroencefalografica a 10 elettrodi	Carico cognitivo (workload, CW)	Un maggiore CW corrisponde a un maggiore carico cognitivo
			Simmetria/asimmetria nella banda alfa (Approach-Withdrawal, AW)	Un maggiore indice AW corrisponde a una tendenza all'approccio allo stimolo
	coinvolgimento del sistema nervoso autonomo (in particolare del simpatico)	Attività elettrodermica della pelle	Risposta galvanica della pelle (Galvanic Skin Response)	Un maggiore GSR corrisponde a un maggiore carico emotivo

Tab. 1. Indici neurometrici

museo Nazionale Etrusco di Roma con il già citato Sarcofago degli Sposi, e la Necropoli della Banditaccia a Cerveteri.

La tabella 1 riporta le misurazioni neurometriche effettuate nell'ambito del progetto Neuromuseum e descritte in generale nel precedente paragrafo.

### Neuromuseum: Neuroestetica del Sarcofago degli Sposi

Il già citato Sarcofago degli Sposi è stato di estremo interesse nell'ambito del Progetto Neuromuseum. Questo è probabilmente il manufatto più importante presente al Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma. Il precedente studio di Giorgi e colleghi [2023] confrontava le reazioni cognitive ed emotive di soggetti che vedevano il sarcofago reale all'interno del museo e una sua ricostruzione virtuale, trovando che l'opera reale implicava un maggiore workload cognitivo ed un più alto indice emotivo, tuttavia l'indice di Approach Withdrawal era maggiore nel caso della ricostruzione virtuale.

Il Sarcofago degli Sposi fu rinvenuto presso il parco della Banditaccia di Cerveteri, anche se tutt'oggi non è certo in quale tomba fu ritrovato. Portato a Roma al Museo Nazionale Etrusco, a Cerveteri è ora presente una copia realizzata da Giugiario costruita partendo da una scansione 3D che a sua volta è considerata un'opera d'arte ed è del tutto identica all'originale. Ciò ha permesso, nell'ambito del progetto NeuroMuseum, di svolgere un esperimento che rispondesse a una domanda fondamentale: che differenze ci sono nell'osservare un reperto archeologico originale ma in un museo che è un ambiente diverso dal suo luogo naturale e osservare una copia dello stesso reperto posta però all'interno del suo contersto originale, dove l'originale è stato ritrovato?

Nell'esperimento sono state arruolate 25 persone, 13 hanno prima visitato il sito di Cerveteri e poi il museo e 12 il contrario. Le neurometriche di queste persone sono state registrate sia davanti alla copia del Sarcofago degli Sposi esposta al parco della Banditaccia di Cerveteri, sia all'originale esposto al Museo Nazionale Etrusco di Roma. In entrambi i casi durante l'osservazione è stato riprodotto un audio contenente un commento al sarcofago, con taglio e contenuto diversi: un primo al Museo Nazionale Etrusco concentrato su temi di cultura e società della vita etrusca, il secondo a Cerveteri centrato invece su elementi più didascalici e descrittivi del ritrovamento. Ciascuno, infine, concludeva con una domanda per invitare alla riflessione sul sarcofago.

La figura 3 mostra i risultati ottenuti per il carico cognitivo, l'approccio allo stimolo e il coinvolgimento emotivo. Il carico cognitivo maggiore si è registrato al museo ( $p=0.003$ , Anova a misure ripetute), con un effetto significativo della narrazione ( $p<0.001$ ) che ha visto il carico maggiore per il silenzio. Anche l'interazione tra i due fattori (sito e narrazione) è risultata statisticamente significativa ( $p=0.029$ ), soprattutto perché la progressiva riduzione del CW durante l'ascolto della narrazione proposta a Cerveteri, che ha portato ad un valore minimo durante la domanda, probabilmente anche dovuto ad una progressiva riduzione dell'attenzione, non è stato riscontrato durante la domanda al museo in cui si è avuto un aumento del carico cognitivo.

L'AW invece è stato influenzato dalla narrazione ( $p=0.030$ ), risultando minimo per la condizione in silenzio, ma non è stato influenzato dal sito ( $p=0.637$ ), se non nell'interazione tra sito e narrazione ( $p=0.039$ ) dovuto al fatto che in questo caso la domanda ha comportato un maggiore approccio nel parco archeologico.

La risposta galvanica della pelle è stata fortemente influenzata dal sito con un coinvolgimento emotivo più alto rispetto al parco archeologico ( $p=0.008$ ), in entrambi i casi si è vista una riduzione di tale coinvolgimento durante la narrazione, anche rispetto a quella emotiva ( $p=0.032$ ), mentre non c'è stata significativa interazione tra i due fattori ( $p=0.230$ ). L'osservazione dell'originale Sarcofago degli Sposi all'interno del museo si è dunque rivelata la condizione ad aver avuto un maggiore coinvolgimento sia cognitivo che emotivo, mentre l'approccio non è stato influenzato dal sito. La narrazione ha avuto un effetto significativo, ma questo effetto si è visto essere influenzato da una progressiva riduzione sia del carico cognitivo che di quello emotivo, probabilmente dovuto ad una progressiva riduzione dell'attenzione del soggetto. Solo la domanda è stata capace di modulare parzialmente questo andamento generalizzato.

Un dato interessante è che il carico cognitivo e quello emotivo hanno mostrato andamenti simili. Ciò suggerisce che i due aspetti non devono per forza essere visti come contrapposti, ma ciò che emoziona può anche stimolare una riflessione cognitiva più approfondita e viceversa. In particolare questa relazione sembra essere modulabile quando il visitatore viene coinvolto in prima persona attraverso una narrazione che gli pone delle domande, che possono aumentare l'approccio allo stimolo, e dunque favorire un'appropriazione del patrimonio culturale. Dall'altro lato si è visto come sia il carico cognitivo che quello emotivo decadano rapidamente davanti ad uno stimolo. Ciò può essere anche dovuto ad un effetto immediato di stupore quando si vede l'opera che però si riduce piuttosto velocemente. Questa interpretazione può trovare conferma in diversi studi che riportano come il primo

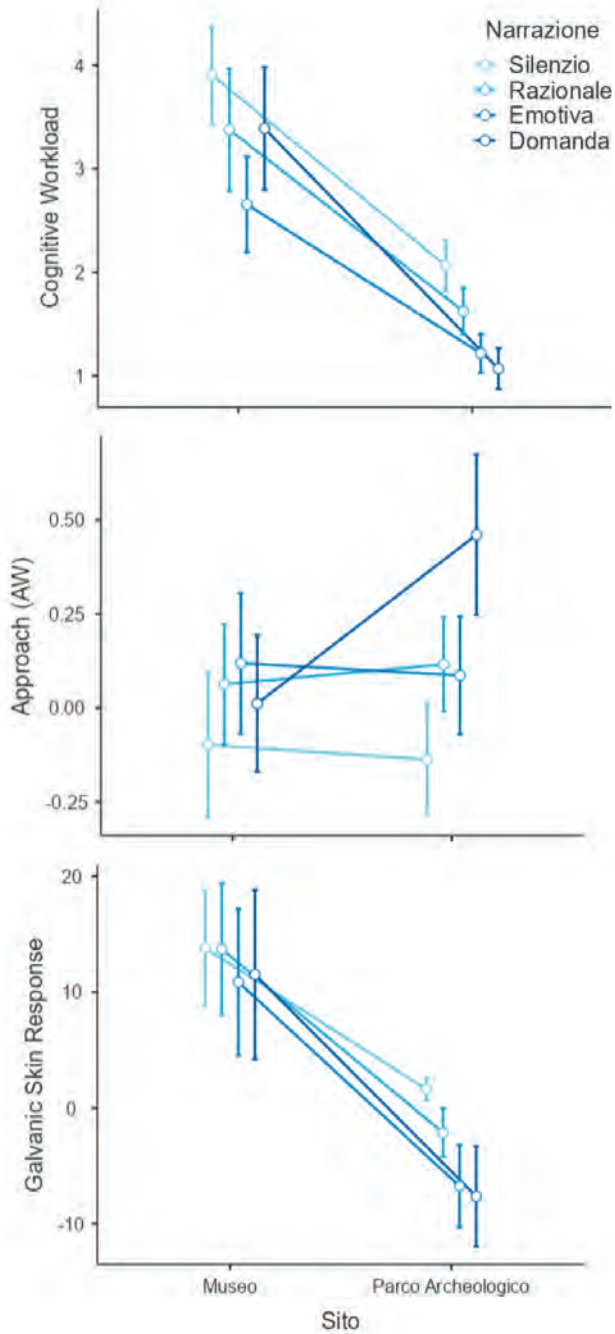


Fig. 3. Medie ed errori standard nei due siti e nelle quattro condizioni narrative dei parametri neuro-metrici

approccio ad un'opera sia fondamentale. Nell'arte ad esempio si è visto che vi sono due fasi e quella della prima impressione include molteplici aspetti come la comprensione cognitiva del senso dell'opera, l'analisi della sua struttura generale, dello stile in cui è fatta, il suo significato, e anche la reazione affettiva ad essa, seguita poi da una seconda fase in cui il soggetto ad esempio analizza i dettagli [Locher, 2015]. Si ha dunque anche un effetto sorpresa che può giocare un ruolo fondamentale nell'aumentare sia l'attenzione che la piacevolezza sia in opere d'arte che nella musica [Miles et al., 2021].

### Neuromuseum: le Mummie egizie

Se il Sarcofago degli Sposi mette in relazione la morte di due persone con l'immortalità dell'opera che li rappresenta, altrettanto interessante è il caso delle mummie esposte nei musei, le più famose delle quali sono quelle egizie, per comprendere come il patrimonio culturale possa essere spunto di riflessioni presenti. Le esposizioni di mummie, infatti, aprono a valutazioni etiche relativi all'esposizione di resti umani, perché, di fatto, questo le mummie sono [Kaufmann & Rühli, 2010; Gill-Frerking, 2021]. In uno studio greco basato su questionari somministrati ai visitatori di un museo, il 46% sollevava questioni etiche relative all'esposizione di resti umani, e il 28% ipotizzava che questi potessero avere un impatto psicologico negativo [Raikos et al., 2012]. Ma questo studio si basava su questionari che riportavano la credenza dei visitatori e non quello che davvero essi percepivano. Per questo nell'ambito del progetto Neuromuseum abbiamo condotto due esperimenti estremamente interessanti all'interno del Museo Egizio di Torino. Nel primo abbiamo confrontato le reazioni dei visitatori del museo davanti ad un sarcofago vuoto, un sarcofago contenente una mummia, e infine un sarcofago in cui la mummia era esposta fuori di esso. Nel secondo esperimento i visitatori entravano nella sala delle "Tre Sorelle" in cui sono esposte tre mummie, le due laterali completamente bendate, mentre quella centrale era parzialmente sbendata in modo che se ne potesse vedere il volto.

Nel complesso, agli esperimenti hanno partecipato 34 soggetti (età media  $40,3 \pm 14,4$  anni, 23 donne) indossando un sistema elettroencefalografico portatile a 8 canali più due elettrodi di riferimento (Mindtooth, Brain Signs, Italia), un misuratore di variazione della frequenza cardiaca posto sul lobo dell'orecchio e collegato ad un misuratore di elettroconduttanza cutanea formato da due elettrodi posti sul secondo e terzo dito della mano non dominante avente come frequenza di campionamento 64Hz (Shimmer3 GSR+, Shimmer Sensing, Irlanda), e degli occhiali per il tracciamento oculare (Tobii Pro Glasses 3, Tobii, Svezia). Il Mindtooth, seguendo il sistema internazionale EEG 10-10, aveva 8 canali posti su AFz, AF3, AF4, AF7, AF8, Pz, P3 e P4, più un elettrodo di riferimento e uno di terra. La frequenza di campionamento era a 125 Hz, con un filtro notch che tagliava le interferenze elettriche ambientali a 50 Hz. Il segnale veniva poi filtrato passa alto a 2Hz e passa basso a 40Hz e consentiva di estrarre il *Cognitive Workload* facendo la media dei segnali EEG nella banda teta relativamente agli elettrodi frontali e l'*Approach Withdrawal* misurando l'asimmetria del segnale EEG nella banda alfa [Giorgi et al., 2024]. Gli indici sono stati normalizzati rispetto alla baseline in cui i soggetti erano in condizioni di riposo davanti a un muro bianco, come descritto precedentemente. I soggetti indossavano anche degli occhiali per eye-tracking.

Nel primo esperimento, i partecipanti venivano posizionati dal ricercatore di fronte a uno dei tre sarcofagi, con gli occhi chiusi, a una distanza di un metro. Su segnale del ricercatore, veniva chiesto loro di rimanere immobili, aprire gli occhi e osservare visivamente il sarcofago posto davanti a loro per un minuto. I partecipanti venivano testati in tre condizioni diverse, corrispondenti ai tre sarcofagi differenti. Uno dei sarcofagi era vuoto, uno conteneva una mummia, e il terzo era aperto con la mummia posizionata tra la base e il coperchio. L'ordine di presentazione dei tre sarcofagi era randomizzato tra i partecipanti. Ad occhio inesperto, i tre sarcofagi erano molto simili tra loro. Successivamente, i partecipanti compilavano un questionario sulle emozioni provate in ciascuna delle tre condizioni, nel quale valutavano 15 emozioni su una Scala Analogica Visiva (VAS) che andava da 0 (per niente) a 100 (massima intensità).

Sono state osservate differenze significative tra le tre condizioni in termini di carico cognitivo (Fig. 4 e Tab. 1). L'analisi post-hoc ha rivelato che il carico cognitivo era inferiore nella condizione senza la mummia ( $p = 0.001$ , per entrambe le comparazioni che coinvolgevano le condizioni con la mummia), mentre non sono emerse differenze statisticamente significative tra le due condizioni con la mummia ( $p = 0.876$ ). Non sono state osservate differenze negli altri indici neurofisiologici. Nella condizione con la mummia posta all'esterno del sarcofago si è anche vista una correlazione significativa tra la frequenza cardiaca e l'indice AW ( $R = -0,554$ ,  $p = 0.001$ ).

I punteggi VAS del questionario indicavano che le emozioni riportate con maggiore intensità erano interesse, piacere estetico e meraviglia, senza differenze statisticamente significative tra le tre condizioni. Sono state osservate differenze significative ( $p < 0.05$ ) per la noia, che risultava inferiore quando era presente una mummia (indipendentemente dal fatto che fosse dentro o fuori dal sarcofago), per la malinconia (inferiore quando la mummia era all'interno del sarcofago) e per il piacere (anch'esso significativamente ridotto in quella condizione).

Nel secondo esperimento i partecipanti hanno visitato la sala delle "Tre Sorelle". Gli indici estratti dai segnali EEG e GSR sono stati confrontati per gli istanti prima e dopo che i soggetti notassero che una delle tre fosse sbendata. Dieci soggetti non hanno guardato la mummia sbendata, mentre per gli altri si è osservato un aumento dell'attivazione emotiva (GSR) dopo che i partecipanti hanno visto che una delle mummie era senza bende. La figura 5 mostra cosa accadeva ai soggetti dopo aver visto la mummia sbendata (l'attimo esatto è stato identificato attraverso il tracciamento oculare): il carico cognitivo si riduceva (ma non in modo significativo:  $p=0.201$ ), da una sensazione di leggero approccio ai reperti (AW positivo) si passava ad uno di senso di respinta (AW negativo: anche questo però non statisticamente significativo,  $p=0.447$ ), ma soprattutto si aveva un incremento del coinvolgimento emotivo (statisticamente significativo:  $p=0.002$ ).

In sintesi, entrambi gli esperimenti hanno permesso di valutare le risposte cognitive ed emotive dei visitatori di fronte alle mummie. I risultati di entrambi gli esperimenti mostrano che l'osservazione delle mummie ha effettivamente suscitato un aumento nelle risposte cognitive ed emotive nei visitatori. In particolare, il carico di lavoro cognitivo era maggiore quando il sarcofago era esposto insieme alla mummia, rispetto a quando era vuoto. Nel secondo esperimento, è stata rilevata una maggiore attivazione emotiva nei visitatori che hanno osservato il volto non bendato di una delle mummie.

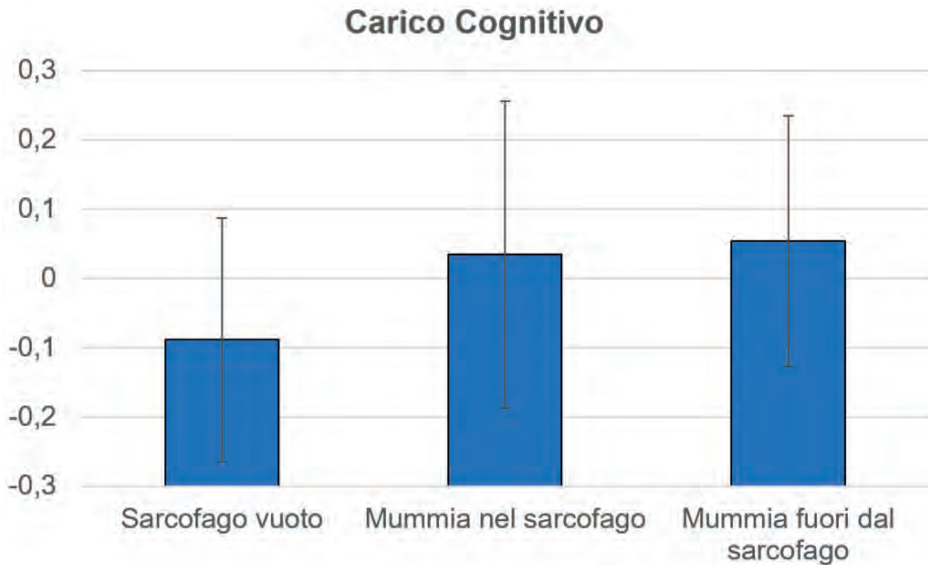


Fig. 4. Media e deviazione standard del carico cognitivo nelle 3 condizioni dei sarcofagi

### Neuromuseum: una visione neuroestetica dell'appropriazione del patrimonio culturale

Il Progetto Neuromuseum ha mostrato l'importanza di acquisire misure neuropsicologiche direttamente nei siti reali, che siano musei o parchi archeologici, e soprattutto davanti all'opera reale e non a sue riproduzioni. Questo si è visto ad esempio con il Sarcofago degli Sposi: l'originale esposto al museo aumentava sia il carico cognitivo che quello emotivo. Entrambi gli aspetti sono da considerarsi fondamentali per l'appropriazione del patrimonio culturale e non sembrano essere legati all'approccio che si ha allo stimolo, quanto più a riflessioni cognitive e alla percezione delle emozioni. Non solo il sito, ma anche il modo in cui un reperto è esposto diventa fondamentale, ma a volte non nel modo in cui ci si aspetta. Ad esempio i visitatori non hanno mostrato nessuna repulsione davanti alle mummie bendate, e si sono mostrati molto più interessati quando queste erano presenti. Certo, non tutti hanno guardato con attenzione il volto della mummia sbendata, ma coloro che l'hanno fatto hanno mostrato un aumento del coinvolgimento emotivo, con una riduzione del carico cognitivo.

La parte più razionale e quella più emotiva dunque in certi contesti sono state entrambe coinvolte, mentre in altri hanno avuto andamenti opposti e di questo bisogna chiaramente tenere conto quando si vogliono generare forme innovative e diverse dalle solite per favorire l'apprendimento culturale e l'appropriazione individuale del patrimonio. È chiaro che come sia narrata (ad esempio nelle audio-guide) un'opera è un aspetto fondamentale, ma che rischia di scontrarsi con una progressiva riduzione dell'attenzione che accade dopo i primi secondi di osservazione di un'opera. Un coinvolgimento personale del visitatore, ad esempio attraverso domande che possano stimolare una riflessione (sul piano cognitivo, ma che tengano conto anche di quello emotivo), possono portare a un ritorno attento

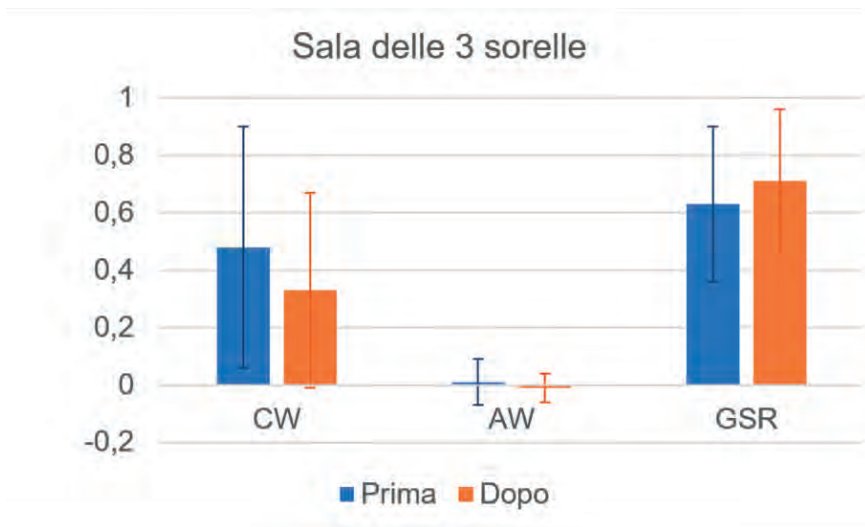


Fig. 5. Media e deviazione standard degli indici CW (carico cognitivo), AW (approccio-repulsione), GSR (conduttanza cutanea) normalizzati prima e dopo aver visto la mummia sbendata

attraverso una rielaborazione personale di quello che si sta osservando e ciò può comportare anche una migliore memorizzazione, forse non tanto delle nozioni, quanto dell'esperienza, che di nuovo va considerata nel suo duplice aspetto cognitivo ed emotivo. In questo è proprio l'esperienza personale che una domanda può stimolare che potrebbe giocare un ruolo fondamentale nell'appropriazione del patrimonio culturale, fermo restando che l'osservazione in silenzio ha comunque mostrato il più alto livello di carico cognitivo e di coinvolgimento emotivo, ma è anche stata la prima condizione, quella in cui il soggetto si trovava davanti l'opera per i primi istanti. L'ideale sarebbe testare scientificamente e strumentalmente le installazioni prima di aprirle al pubblico, per vedere l'effetto sia nella prima che nella seconda fase, testare eventuali audio guide, fatte tenendo conto di aspetti cognitivi ed emotivi, con la consapevolezza che l'attenzione progressivamente si riduce e che quindi vi è la necessità di riattivarla anche inserendo domande e spunti che consentano al visitatore interpretare attivamente, di favorire un suo coinvolgimento per una vera appropriazione del patrimonio culturale.

## BIBLIOGRAFIA

- R. ADOLPHS, H. DAMASIO, D. TRANEL, G. COOPER, A. R. DAMASIO, *A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping*, in «Journal of Neurosciences» 20, 2000, pp. 2683–2690
- F. BABILONI, P. CHERUBINO, I. GRAZIANI, A. TRETTEL, G.M. BAGORDO, C. CUNDARI, G. BORGHINI, P. ARICO, A.G. MAGLIONE, G. VECCHIATO, *The great beauty: a neuroaesthetic study by neuroelectric imaging during the observation of the real Michelangelo's Moses sculpture*, in IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), *Proceedings*, 2014; pp. 6965–8.
- M. BENEDEK E C. KAERNBACH, *A continuous measure of phasic electrodermal activity*, in «Journal of Neuroscience Methods», 190(1–5), 2010; doi: 10.1016/j.jneumeth.2010.04.028
- G. CARTOCCI ET AL., *Neurophysiological Measures of the Perception of Antismoking Public Service Announcements Among Young Population*, «Frontiers in Human Neurosciences», 12, 2018, p. 231; doi: 10.3389/fnhum.2018.00231
- G. CARTOCCI ET AL., *NeuroDante: Poetry Mentally Engages More Experts but Moves More Non-Experts, and for Both the Cerebral Approach Tendency Goes Hand in Hand with the Cerebral Effort*, in «Brain Sciences», 11(3), 2021; doi: 10.3390/brainsci11030281
- P. CAVANAGH, *The artist as neuroscientist*, in «Nature», 434, 2005, pp.301–307
- A. CHATTERJEE, O. VARTANIAN, *Neuroaesthetics. Trends*, in «Cognitive Sciences», 18(7), 2014, pp. 370–375.
- R. J. DAVIDSON, P. EKMAN, C. D. SARON, J. A. SENULIS, E W. V. FRIESEN, *Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology*, in «Journal of Personality and Social Psychology», 58(2), 1990; doi: 10.1037/0022-3514.58.2.330
- A. DELORME E S. MAKEIG, *EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis*, in «Journal of Neuroscience Methods», 134(1), 2004; doi: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- C. DI DIO, E. MACALUSO, G. RIZZOLATTI, *The golden beauty: brain response to classical and renaissance sculptures*, *PLoS One* 2, 2007
- C. DI DIO, M. ARDIZZI, D. MASSARO, G. DI CESARE, G. GILLI, A. MARCHETTI ET AL., *Human, nature, dynamism: the effects of content and movement perception on brain activations during the aesthetic judgment of representational paintings*, in «Frontiers in Human Neurosciences», 705(9), 2016; doi: 10.3389/fnhum.2015.00705
- G. DI FLUMERI, P. ARICÒ, G. BORGHINI, A. COLOSIMO, E F. BABILONI, *A new regression-based method for the eye blinks artifacts correction in the EEG signal, without using any EOG channel*, in 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)[agosto 2016], pp. 3187–3190
- D. FREEDBERG, V. AND GALLESE, *Motion, emotion and empathy in esthetic experience*, in «Trends in Cognitive Sciences» 11, 2007, pp. 197–203.
- H. GILL-FRERKING, *Showing Respect to the Dead: The Ethics of Studying, Displaying, and Repatriating Mummified Human Remains*, in: D.H. SHIN, R. BIANUCCI, (ED.) *THE HANDBOOK OF MUMMY STUDIES*, Springer, Singapore, 2022; [https://doi.org/10.1007/978-981-15-3354-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3354-9_4)
- A. GIORGI, S. MENICOCCI, M. FORTE, V. FERRARA, M. MINGIONE, P. ALAIMO DI LORO, B. M. S. INGUSCIO, S. FERRARA, F. BABILONI, A. VOZZI, V. RONCA, G. CARTOCCI, *Virtual and Reality: A Neurophysiological Pilot Study of the Sarcophagus of the Spouses*, in «Brain Sciences», 13(4), p. 635, 2023
- M. IOSA, *Il numero meraviglioso: la sezione aurea. Bellezza della matematica, armonia dell'universo, musica della natura*, Edizioni Scientifiche Tangram, Trento, Italia, 2018
- M. IOSA, M.P. LUCIA, C. SALERA, *A Kinetic Ecological Approach to Beauty Perception: A Perspective Review on the Case of Symmetry and the Golden Ratio*, in «The European journal of neuroscience», 61(8), 2025
- I.M. KAUFMANN, F.J. RÜHLI, *Without 'informed consent'? Ethics and ancient mummy research*, in «Journal of Medical Ethics», 36(10), 2010, pp. 608–613
- W. KLIMESCH, *EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis*, in «Brain Research Reviews», 29(2–3), 1999; doi: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3
- G. KNOBLICH, E. SEIGERSCHMIDT, R. FLACH, W. PRINZ, *Authorship effects in the prediction of handwriting strokes: evidence for action simulation during action perception*, in «The Quarterly Journal of Experimental Psychology», 55, 2002, pp. 1027–1046
- P.J. LOCHER, *The Aesthetic Experience with Visual Art "At First Glance"*, in P. BUNDGAARD, F. STJERNFELT (ED.), *Investigations Into the Phenomenology and the Ontology of the Work of Art*, in «Contributions To Phenomenology», 81, 2015, Springer; [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14090-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14090-2_5)
- S. A. MILES, D. S. ROSEN, S. BARRY, D. GRUNBERG, N. GRZYWACZ, *What to Expect When the Unexpected Becomes Expected: Harmonic Surprise and Preference Over Time in Popular Music*, in «Frontiers in human neuroscience», 15, 2021, 578644. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.578644>
- S.A. MILES, D.S. ROSEN, N.M. GRZYWACZ, *Behavioral evidence of a harmonic surprise effect on preference in popular music*, in «Current Research in Behavioral Sciences», 3, 2022, 100080, ISSN 2666-5182
- R. OOSTENVELD AND P. PRAAMSTRA, *The five percent electrode system for high-resolution EEG and ERP measurements*, in «Clinical Neurophysiology», 112(4), 2001, pp. 713–719; doi: 10.1016/S1388-2457(00)00527-7

- A. RAIKOS, G.K. PARASKEVAS, M. TZIKA ET AL., *Human body exhibitions: public opinion of young individuals and contemporary bioethics*, in «Surgical and Radiologic Anatomy», 34, 2012, pp. 433-440; <https://doi.org/10.1007/s00276-011-0925-4>
- V. RONCA ET AL., *Wearable Technologies for Electrodermal and Cardiac Activity measurements: a Comparison between Fitbit Sense, Empatica E4 and Shimmer GSR3+*, 2023; doi: 10.20944/preprints202306.0378.
- G.T. FECHNER, *Über die Frage des goldenen Schnitts*, Archiv für die darstellende Kunst 11, 1865 pp. 100-112
- N. SCIARAFFA ET AL., *Validation of a Light EEG-Based Measure for Real-Time Stress Monitoring During Realistic Driving*, in «Brain Sciences», 12(3), 2022, p. 304; doi: 10.3390/brainsci12030304
- M. A. UMITLA', C. BERCHIO, M. SESTITO, D. FREEDBERG, V. GALLESE, *Abstract art and cortical motor activation: an EEG study*, in «Frontiers in Human Neurosciences», 311(6), 2012; doi: 10.3389/fnhum.2012.00311
- A. VOZZI ET AL., *The Sample Size Matters: To What Extent the Participant Reduction Affects the Outcomes of a Neuroscientific Research. A Case-Study in Neuromarketing Field*, in «Sensors», 21(18), 2021, p. 6088; doi: 10.3390/s21186088
- M. G. WISNIEWSKI, E. R. THOMPSON, N. IYER, J. R. ESTEPP, M. N. GODER-REISER, E. S. C. SULLIVAN, *Frontal midline  $\theta$  power as an index of listening effort*, in «Neuroreport», 26(2), 2015; doi: 10.1097/WNR.0000000000000306
- S. ZEKI, *Art and the Brain*, «Journal of Consciousness Studies», 6, 1999, pp. 76-96



## **RILIEVO 3D DI AMBIENTI MUSEALI E POSIZIONAMENTO INDOOR PER LOCALIZZAZIONE E TRACCIAMENTO DEGLI SPOSTAMENTI DEI VISITATORI**

---

Paolo Dabove, Fabio Giulio Tonolo

### **Introduzione**

Una delle attività previste dal progetto PRIN-PNRR Neuromuseum era relativa al rilievo metrico tridimensionale di ambienti museali attraverso tecniche geomatiche, per la creazione di un dato geometrico di riferimento a supporto di altri obiettivi specifici previsti dagli studi pilota, in particolare il posizionamento indoors dei visitatori e la creazione di ambienti virtuali. La componente geomatica del gruppo di ricerca ha quindi analizzato i requisiti tecnici richiesti, la conformazione dei due ambienti museali da rilevare (relativi a due dei pilot previsti dal progetto) ed eventuali altri vincoli, al fine di identificare le metodologie e gli strumenti idonei al rilievo.

### **Rilievo metrico 3D**

La verifica dei requisiti in termini di accuratezza di posizionamento e di precisione dei rilievi, espressi dagli esperti delle altre discipline coinvolte nella ricerca (neuroscienziati e informatici in particolare) ha evidenziato come fosse sufficiente georeferenziare i dati acquisiti in sistemi di riferimenti locali, con precisioni nell'ordine dei dieci centimetri. Tali precisioni consentono infatti di definire sia un sistema di riferimento locale (necessario per la georeferenziazione dei percorsi dei visitatori e delle misurazioni delle relative emozioni) sia di modellare un ambiente virtuale tridimensionale sufficientemente realistico per le esperienze di visita simulata.

Relativamente alla tipologia di prodotto finale richiesta, si è verificato che una descrizione geometrica per punti fosse ottimale per eventuali successive modellazioni 3D reality-based degli ambienti e più che sufficiente per consentire la corretta georeferenziazione della strumentazione necessaria al posizionamento indoor dei visitatori.

Infine, è stato evidenziato un vincolo operativo e logistico relativo all'accesso ai luoghi, limitato alle giornate di chiusura o di minore affluenza di visitatori e comunque in un orario limitato.

Stante tali requisiti tecnici e vincoli operativi, tra le diverse tecnologie utilizzabili per il rilievo metrico 3D in ambito beni culturali [Teppati Losè, Rinaudo, 2025], sono state identificate come ottimali per la definizione delle geometrie degli ambienti museali quelle basate su strumentazione range-based (laser scanner). I sensori laser o *Light Detection and Ranging* (LiDAR), tipicamente posizionati su un treppiede e immobili per la durata dell'acquisizione, consentono di determinare la posizione 3D di punti attraverso l'invio di un impulso laser e la misura indiretta di distanze e diretta di angoli. I punti misurati sono relativi agli ostacoli incontrati dall'impulso che viene riflesso verso il sensore: l'ambiente 3D intorno al sensore viene rilevato grazie a un sistema integrato generalmente costituito da uno specchio oscillante e una testa rotante. Il dato generato tramite strumentazione laser scanner è una "nuvola" di punti, ovvero l'insieme dei milioni di punti tridimensionali misurati, per ognuno dei quali sono note le coordinate 3D e spesso attributi aggiuntivi come l'intensità di riflessione del laser o il colore della superficie relativa al punto misurato, che descrivono quindi la forma e la geometria dell'ambiente rilevato.

Considerando inoltre i vincoli operativi sopra descritti, che limitano il tempo disponibile per il rilievo, si è infine optato per l'utilizzo di sensori LiDAR mobili basati su tecnologia Simultaneous Localization and Mapping (SLAM). Gli algoritmi di localizzazione e mappatura simultanea consentono di acquisire contemporaneamente dati relativi alla geometria dell'ambiente all'interno del quale si muove il sensore (nel caso specifico dei sistemi a scansione laser la posizione tridimensionale di punti) e la posizione del sensore stesso rispetto a tale geometria [Di Pietra et al, 2020], consentendo di ottenere una nuvola di punti in un sistema di riferimento locale senza necessità di misure preliminari per la definizione (e materializzazione) dello stesso. Sono infatti algoritmi inizialmente sviluppati nell'ambito della navigazione autonoma di piattaforme mobili in ambienti sconosciuti, consentendo all'operatore di trasportare con una sola mano lo strumento muovendosi all'interno dell'ambiente da rilevare. La strumentazione SLAM è quindi più versatile rispetto ai laser scanner terrestri fissi, consentendo di acquisire rapidamente nuvole di punti in ambiente interno ed esterno, a discapito di una minore precisione del dato.

Per i rilievi oggetto della ricerca è stato utilizzato il Laser Scanner SLAM X120GO prodotto dalla Stonex (Fig. 1). Il sistema è dotato di una testa rotante in grado di generare una copertura 360° (orizzontale) x 270° (verticale) della nuvola di punti. In combinazione con l'algoritmo SLAM, può ottenere dati (sotto forma di nuvole di punti) ad alta precisione dell'ambiente circostante, anche senza illuminazione (naturale o artificiale) e in assenza di segnali inerenti il Global Navigation Satellite System (GNSS). Tre sensori fotografici da 5MP ciascuno ricoprono un campo visivo complessivo di 200° orizzontale e 100° verticale, acquisendo in modo sincrono informazioni sulla radiometrica e consentendo di generare nuvole di punti a colori e immagini panoramiche<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [https://stonexdocs.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Brochure\\_ITA/Laser\\_Scanner/X120GO/X120GO\\_Brochure\\_ITA.pdf](https://stonexdocs.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Brochure_ITA/Laser_Scanner/X120GO/X120GO_Brochure_ITA.pdf)



Fig. 1. Laser scanner X120GO della società Stonex (fonte: <https://www.stonex.it/it/prodotto/x120go-slam-laser-scanner/#download>)

La testa rotante consente una copertura di 360° (orizzontale) x 270° (verticale) dell'area rilevata e le tre camere frontali la generazione di immagini panoramiche e la colorazione della nuvola di punti

Durante la ricerca, i rilievi con tecnologia Laser Scanner SLAM hanno interessato alcuni spazi e sale espositive interni del Museo Egizio di Torino e le aree interne ed esterne della Necropoli della Banditaccia di Cerveteri, due dei casi studio previsti dal progetto.

In Figg. 2-4 sono visualizzati alcuni esempi di rappresentazioni 3D basate sulla nuvola di punti colorata acquisita in ambiente indoor presso il Museo Egizio di Torino. A partire dalla visualizzazione della nuvola completa (Fig. 2), che descrive quindi la geometria complessiva dell'ambiente rilevato, è possibile sezionare la nuvola per ottenere rappresentazioni assimilabili a piante (Fig. 3) e sezioni speditive, oltre che a visualizzazione prospettiche della distribuzione delle teche o dettagli delle stesse (Fig. 4).

Relativamente al Pilot del Museo Egizio, tali rilievi metrici 3D hanno permesso di georeferenziare in un sistema di riferimento locale la posizione di strumentazione ultra-wide-band (UWB) fissa (le cosiddette *anchors*) al fine di poter determinare la posizione degli utenti che si muovono all'interno di spazi museali di interesse. Tale tecnologia e i risultati dei test effettuati sono descritti e discussi nei paragrafi seguenti, evidenziandone potenzialità e criticità.



Fig. 2. Visualizzazione tridimensionale della nuvola di punti completa della Sala di Kha al Museo Egizio di Torino

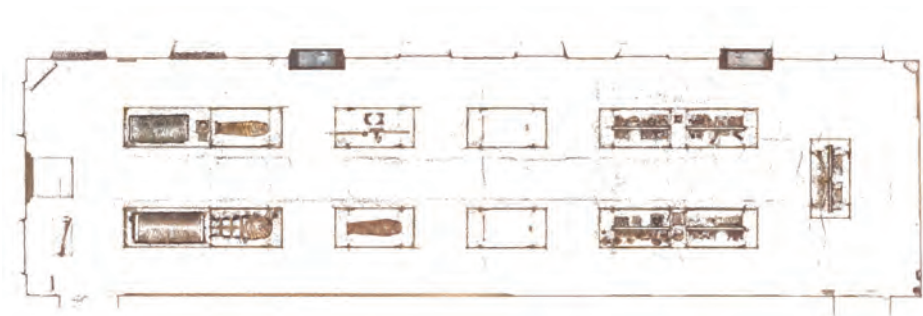


Fig. 3. Sezione della nuvola utile alla rappresentazione di una pianta speditiva

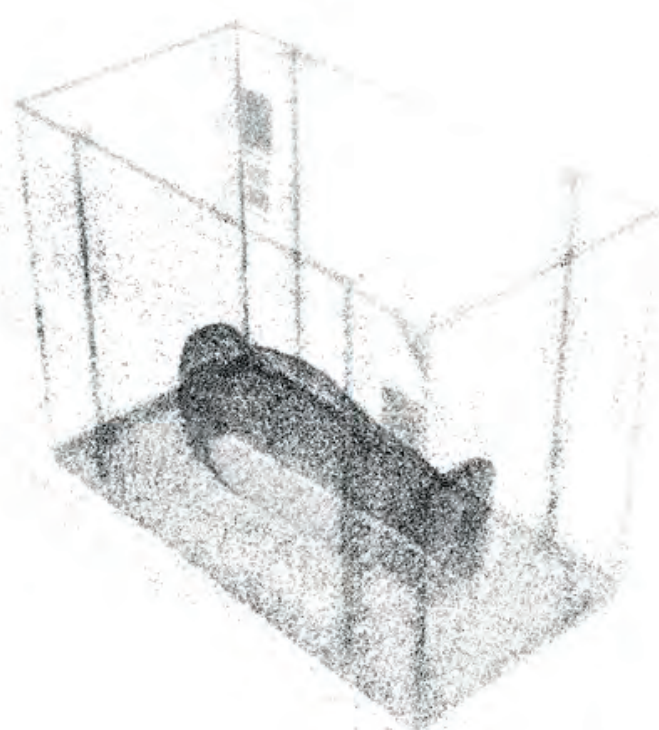


Fig. 4. Rappresentazione prospettica delle singole teche espositive a diversi livelli di dettaglio

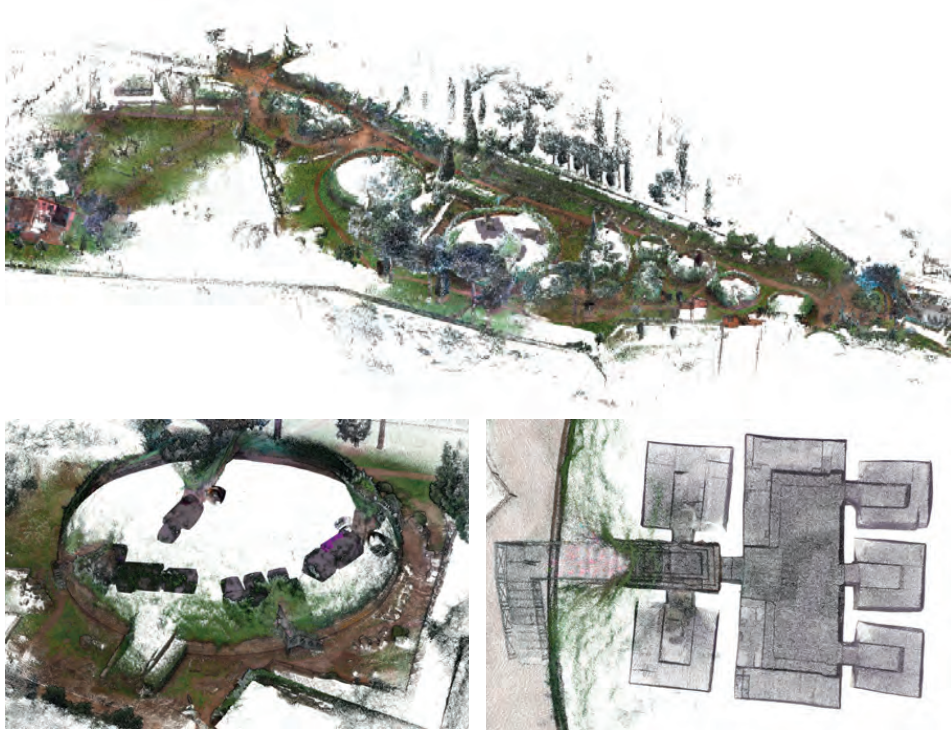


Fig. 5. Visualizzazione tridimensionale della nuvola di punti completa dei percorsi di visita (alto) e del dettaglio del rilievo esterno e interno della Tomba dei vasi greci (basso) presso la Necropoli della Banditaccia di Cerveteri

### Tracciamento degli spostamenti dei visitatori in ambiente chiuso

Il problema della localizzazione in ambienti indoor rappresenta una delle sfide più rilevanti per la geolocalizzazione moderna, poiché le tecnologie satellitari tradizionali (GNSS) non sono in grado di garantire prestazioni accettabili in presenza di copertura edilizia, con conseguente attenuazione e riflessione dei segnali. Per risolvere questo limite sono stati sviluppati numerosi approcci, che sfruttano fonti di informazione alternative e algoritmi specifici. Una prima classe di tecniche si basa su segnali radio di largo impiego, come Wi-Fi [Yang, Shao, 2015; Liu et al, 2020; Shang and Wang, 2022] e *Bluetooth® Low Energy* (BLE) [Subhan et al, 2011]. In questo caso, la posizione viene stimata tramite due principali metodologie: (i) trilaterazione, che calcola la distanza dal ricevitore a diversi punti di accesso sulla base dell'intensità del segnale ricevuto (RSSI), e (ii) *fingerprinting*, che confronta le misure correnti con una mappa di segnali campionata in precedenza. Sebbene ampiamente diffusi, questi sistemi soffrono di limitazioni dovute all'instabilità del segnale e alla necessità di attività preliminari di calibrazione.

Un altro approccio sfrutta RFID (Radio Frequency Identification) [Bekkali et al, 2007; Bai et al, 2012], che consente di individuare la presenza di tag in prossimità di specifici rea-

der. Questa soluzione è particolarmente utile per applicazioni logistiche, ma non fornisce una localizzazione continua. In parallelo, le tecniche basate su sensori inerziali integrati in smartphone o dispositivi indossabili permettono un posizionamento relativo attraverso l'analisi dei movimenti (*dead reckoning*). Tuttavia, gli errori tendono ad accumularsi nel tempo, rendendo necessaria la correzione tramite altre fonti di dato.

Infine, l'indoor positioning visivo, che utilizza telecamere [Werner et al, 2011], marker ottici o algoritmi di computer vision [Morar et al, 2020], garantisce alta precisione ma a costi infrastrutturali e computazionali elevati. Tecnologie emergenti come l'UWB stanno invece dimostrando notevoli potenzialità, poiché consentono misure dirette di distanza con precisioni sub-metriche [Alarifi et al, 2016; Dabove et al, 2018]. In generale, gli approcci più promettenti derivano dall'integrazione di più tecniche, in modo da combinare robustezza, precisione e scalabilità.

Tra le tecnologie di indoor positioning, i sistemi basati su UWB si distinguono per la loro capacità di garantire elevata precisione, robustezza e flessibilità. L'UWB utilizza impulsi radio a larghissima banda (superiore a 500 MHz), che permettono di stimare con accuratezza il tempo di volo (*Time of Flight* - ToF) del segnale trasmesso tra un tag mobile e una serie di antenne fisse opportunamente distribuite nell'ambiente. Da tali misure di distanza è possibile derivare la posizione del tag tramite algoritmi di trilaterazione o multilaterazione.

L'ampiezza spettrale del segnale consente di distinguere con facilità tra percorso diretto e percorsi *multipath*, migliorando significativamente le prestazioni in ambienti complessi, come fabbriche o edifici con numerose superfici riflettenti. In condizioni ottimali, l'accuratezza raggiunge valori dell'ordine di 10–30 cm, nettamente superiori a quelli ottenibili con Wi-Fi o BLE. Per ottimizzare le prestazioni, spesso vengono adottati filtri di stima, come Kalman o particle filter, in grado di ridurre gli effetti del rumore e migliorare la continuità della traiettoria [Feng et al, 2020].

Dal punto di vista operativo, i sistemi UWB presentano ulteriori vantaggi: il consumo energetico ridotto li rende adatti all'impiego in dispositivi indossabili o in sensori per l'Internet of Things (IoT), mentre la scalabilità dell'infrastruttura consente di estendere facilmente la copertura dell'area di interesse. Queste caratteristiche li rendono particolarmente promettenti in applicazioni di industria 4.0, per il tracciamento di beni e personale in magazzini e stabilimenti produttivi, ma anche in ambito museale, per il monitoraggio di visitatori o la loro localizzazione.

Permangono tuttavia alcune sfide, come i costi infrastrutturali legati all'installazione delle antenne e la necessità di una calibrazione accurata del sistema. Inoltre, in ambienti estremamente complessi o in presenza di ostacoli significativi, anche l'UWB può subire degradazioni di prestazione. Per questo motivo, si stanno sviluppando approcci ibridi che integrano UWB con sensori inerziali, visione artificiale o dati provenienti da reti Wi-Fi e BLE, al fine di ottenere un posizionamento robusto e continuo anche in scenari critici.

## Le differenti tipologie di sistemi UWB

I sistemi di posizionamento basati su UWB hanno conosciuto negli ultimi anni un notevole sviluppo, grazie alla capacità di garantire precisioni elevate, anche in ambienti complessi. Tuttavia, non esiste un'unica architettura di sistema: diverse tipologie si distinguono in base alla modalità di misura, all'algoritmo di localizzazione adottato e alla configurazione tra dispositivi mobili (tag) e stazioni fisse (ancore).

La prima distinzione riguarda il tipo di parametro radio utilizzato per la stima della distanza (come riassunto in Fig. 6 – alto). Le tecniche più diffuse sono:

- Time of Flight (ToF): misura diretta del tempo di propagazione del segnale tra tag e ancore. Richiede un'elevata sincronizzazione temporale, ma garantisce precisioni molto alte.
- Two-Way Ranging (TWR): misura la distanza senza bisogno di sincronizzazione globale, inviando e ricevendo messaggi in entrambe le direzioni. È più semplice da implementare, ma introduce ritardi dovuti allo scambio di pacchetti.
- Time Difference of Arrival (TDoA): calcola la posizione a partire dalla differenza dei tempi di arrivo del segnale a più antenne sincronizzate. È molto efficiente per il tracking in tempo reale, ma necessita di una rete di antenne con sincronizzazione estremamente precisa.
- Angle of Arrival (AoA): utilizza array di antenne per stimare la direzione del segnale. Sebbene meno diffusa, questa tecnica può integrare TDoA o ToF per migliorare l'accuratezza in scenari complessi. Un secondo criterio di classificazione riguarda la configurazione architetturale:
  - Nei sistemi tag-centrici, il dispositivo mobile elabora direttamente le informazioni ricevute dalle antenne per calcolare la propria posizione. Ciò riduce il carico computazionale della rete, ma richiede maggiore capacità di calcolo lato utente.
  - Nei sistemi network-centrici, invece, sono le antenne o un server centrale a elaborare i dati, inviando poi al tag la posizione stimata. Questa soluzione è particolarmente indicata per applicazioni industriali e logistiche, dove il monitoraggio di molti dispositivi deve essere gestito in modo centralizzato.

Dal punto di vista applicativo, si distinguono inoltre sistemi monostatici e multistatici. Nei primi, la stessa unità trasmette e riceve il segnale, mentre nei secondi sono coinvolte più unità cooperative, che consentono maggiore accuratezza e copertura.

Le implementazioni moderne tendono a integrare filtri di stima avanzati, come *Extended Kalman Filter* (EKF) o *Particle Filter*, per ridurre gli effetti del rumore e migliorare la continuità del tracciamento. Alcuni sistemi combinano l'UWB con altre tecniche (ad esempio sensori inerziali, visione artificiale o dati Wi-Fi/BLE), configurando approcci ibridi che aumentano robustezza e resilienza in scenari difficili.

In termini di mercato e standardizzazione, l'UWB ha beneficiato della definizione dello standard IEEE 802.15.4a/4z, che regola i protocolli per comunicazioni e posizionamento a corto raggio. Le soluzioni commerciali si differenziano tra sistemi chiavi in mano, destinati principalmente all'industria e alla logistica (ad esempio per il tracciamento di beni e veicoli AGV), e soluzioni consumer, come i dispositivi integrati in smartphone e smart tag (es. Apple AirTag, Samsung SmartTag+), che sfruttano UWB per localizzazione precisa in spazi domestici o uffici.

In sintesi, i sistemi UWB possono essere classificati secondo diverse dimensioni: parametro misurato (ToF, TDoA, AoA), architettura (tag-centric o network-centric, Fig. 3 - centro), configurazione (monostatica o multistatica, Fig. 3 - destra) e finalità applicativa (industriale o consumer). L'evoluzione attuale mira a sviluppare soluzioni sempre più scalabili, interoperabili e ibride, in grado di coniugare l'elevata precisione intrinseca dell'UWB con la robustezza richiesta da scenari reali e complessi.

### La validazione del sistema UWB scelto

Dopo un'attenta analisi bibliografica sullo stato dell'arte della strumentazione ad oggi disponibile e a valle di alcune esperienze scientifiche di alcuni membri del gruppo di ricerca di geomatica del Politecnico di Torino – DIATI [Dabove et al, 2018], si è optato per l'uso degli UWB sviluppati dalla Pozyx®, anche a seguito di pubblicazioni scientifiche che dimostrano l'affidabilità e validità di tale strumentazione.

Pozyx è una piattaforma di localizzazione indoor basata su tecnologia Ultra Wide Band (UWB), sviluppata originariamente come spin-off accademico e oggi largamente diffusa in ambito industriale e di ricerca. L'obiettivo principale di Pozyx è fornire un sistema di *Real-Time Location System* (RTLS) ad alta precisione, semplice da implementare e flessibile, capace di adattarsi a molteplici scenari applicativi.

Il principio di funzionamento si basa sulla misura del ToF dei segnali UWB scambiati tra tag mobili e ancore fisse. I dati raccolti vengono successivamente elaborati tramite algoritmi di trilaterazione o multilaterazione, eventualmente integrati da filtri di stima (ad esempio Extended Kalman Filter) per ridurre rumore e discontinuità nelle traiettorie. Il risultato è una localizzazione con precisione tipicamente sub-metrica, spesso dell'ordine dei 10–30 cm.

Pozyx® propone diverse architetture di sistema. Nella configurazione network-centric, le ancore inviano i dati di misura a un'unità centrale (controller o server), che calcola la posizione dei tag in tempo reale. Questo approccio è particolarmente indicato in scenari industriali e logistici, dove è necessario monitorare simultaneamente un elevato numero di oggetti o operatori. In alternativa, sono possibili configurazioni tag-centriche, dove i dispositivi mobili elaborano direttamente la propria posizione, riducendo la dipendenza da un'infrastruttura di rete estesa.

Dal punto di vista hardware, Pozyx® offre una gamma di dispositivi che includono ancore UWB, tag indossabili o montabili su oggetti e gateway di controllo. Le ancore possono essere alimentate via Ethernet o batteria, consentendo flessibilità nell'installazione. I tag, di dimensioni ridotte e basso consumo energetico, sono progettati per applicazioni sia industriali (tracking di beni, attrezzature o veicoli AGV) sia in ambito sicurezza (monitoraggio di operatori in zone a rischio).

Un elemento distintivo di Pozyx® è l'attenzione alla scalabilità e all'integrazione software. La piattaforma dispone di interfacce API e SDK che facilitano l'integrazione con sistemi gestionali aziendali, software di automazione o applicazioni di analisi dati. Inoltre, la compatibilità con protocolli standard (ad esempio MQTT per l'IoT) consente di inserire facilmente i dati di localizzazione in architetture di tipo Industria 4.0.

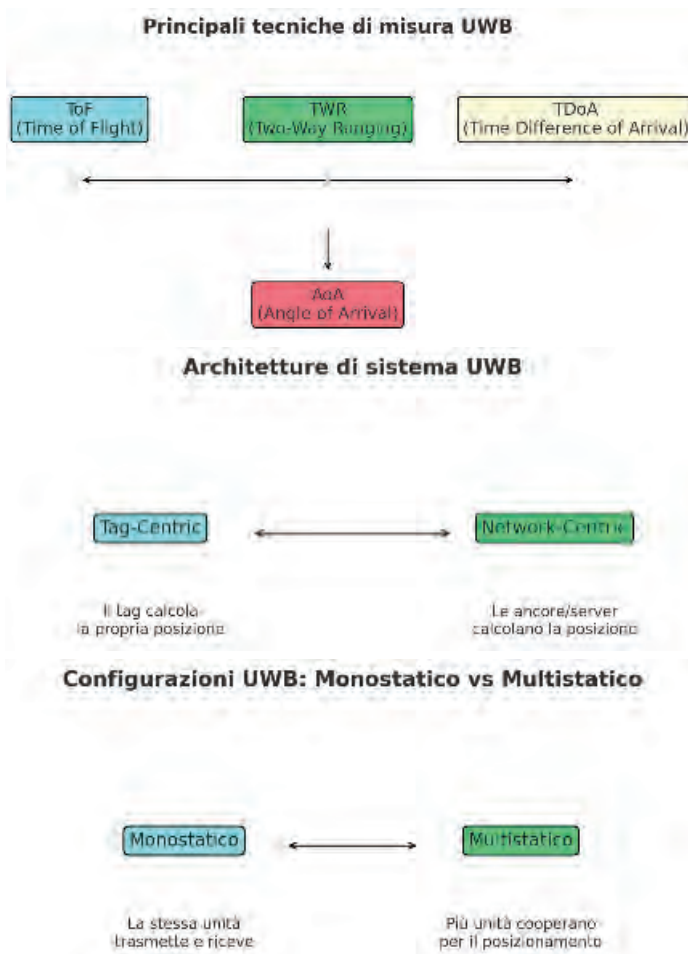


Fig. 6. Principali caratteristiche dei sistemi UWB, tecniche (alto), architetture (centro) e configurazioni (basso)

Dal punto di vista delle prestazioni, Pozyx® si distingue non solo per l'accuratezza, ma anche per la bassa latenza, con frequenze di aggiornamento fino a decine di Hz, rendendo il sistema adatto ad applicazioni dinamiche, come il tracciamento di persone all'interno di ambienti museali. La robustezza al *multipath*, tipica della tecnologia UWB, garantisce affidabilità anche in ambienti industriali complessi, caratterizzati da numerose superfici riflettenti e interferenze elettromagnetiche.

Sulla base di quanto detto in precedenza, si è scelta tale strumentazione per poter andare a localizzare e tracciare visitatori all'interno di musei: nonostante tale tecnologia sia affidabile, i segnali elettromagnetici utilizzati per il posizionamento vengono disturbati da ostacoli presenti all'interno delle aree oggetto di studio, creando interferenze che vanno a degradare la posizione. Per tale motivo, prima di utilizzare la strumentazione nelle aree oggetto di studio si è provveduto a valutare come differenti tipologie di materiale possano

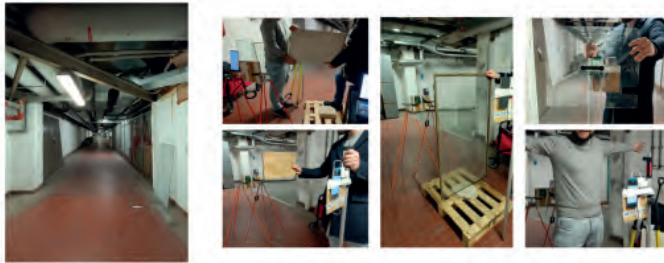


Fig. 7. L'immagine a sinistra mostra il corridoio utilizzato per l'acquisizione, mentre le immagini a destra illustrano i cinque diversi materiali testati per l'esperimento

impattare sulla qualità del posizionamento. Nel paragrafo successivo, si descriveranno dapprima i test effettuati per valutare gli effetti che differenti materiali hanno sulla qualità del segnale, dunque a descrivere i test di indoor positioning effettuati all'interno del Museo Egizio di Torino, focalizzando l'attenzione sui relativi risultati ottenuti.

### I test effettuati e risultati ottenuti

Per raggiungere gli obiettivi di questo progetto, sono state condotte due distinte analisi. La prima si è concentrata su analisi della qualità dei segnali e dei disturbi che questi segnali hanno quando oltrepassano elementi di differente natura in un ambiente controllato, con l'obiettivo di determinare se esistano correlazioni tra distanze misurate, materiali, potenza ed errori. In questo contesto, l'obiettivo era stimare una funzione matematica che potesse essere utilizzata per correggere le distanze misurate in uno scenario reale, che viene esplorato nel secondo caso di studio.

Le attività sono state svolte in un lungo corridoio del Politecnico di Torino, in un ambiente controllato scelto per ridurre al minimo le interferenze esterne. L'impostazione sperimentale prevedeva il posizionamento di un singolo ancoraggio UWB in una posizione fissa e la misurazione del segnale ricevuto da un tag UWB posizionato a distanze predefinite: 1m, 2m, 5m, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m e 100m.

Per valutare l'effetto dell'ostruzione del materiale, cinque materiali diversi (Fig. 7) sono stati posizionati individualmente tra l'ancoraggio e il tag a una distanza fissa di 0,5 m dai tag. I materiali selezionati sono stati scelti per riflettere elementi comuni presenti in un ambiente museale:

- Plexiglass, comunemente utilizzato nelle teche museali.
- Legno, che rappresenta elementi strutturali o decorativi.
- Vetro, che simula le teche museali.
- Calcestruzzo, che rappresenta muri e barriere negli spazi interni.
- Corpo umano, che tiene conto dell'interferenza dei visitatori.

Inoltre, è stata condotta una misurazione senza alcun materiale di ostruzione per fornire un riferimento per il confronto.

Le specifiche principali del dispositivo sono dettagliate nella Tab. 1. Per l'esperimento, è stato utilizzato un singolo ancoraggio UWB e un tag UWB. L'ancoraggio è stato montato saldamente su un treppiede per garantire la stabilità durante i test, mentre il tag UWB è stato fissato a un palo, che ha funzionato come rover. Questa configurazione è illustrata nella Fig. 8.

FEATURE	POZYX® SPECIFICATION
Size	60x53mm
Weight	12g
Band	3.5-6.5GHz
Power	-41dBm/MHz
Antenna	Onboard DW1000
Ranging	IR-UWB TWR
Rate	80 Hz

Tab.1. Caratteristiche principali della strumentazione utilizzata

L'acquisizione dei dati è stata gestita tramite uno script Python fornito da Pozyx®, che ha registrato in modo continuo i dati di distanza durante ogni esperimento. Ogni test è stato condotto in condizioni statiche per 2 minuti per materiale, garantendo una raccolta dati sufficiente a ciascuna distanza. Per convalidare la precisione di posizionamento del sistema UWB, è stato necessario stabilire una traiettoria di riferimento, comunemente nota come *ground truth*, più accurata della soluzione in fase di valutazione. Nei test condotti, è stato utilizzato un distanziometro laser per misurare la distanza effettiva all'inizio di ogni test.

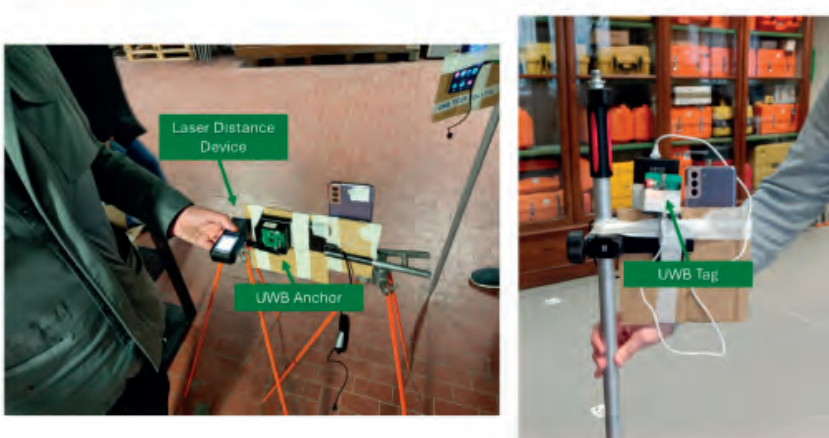


Fig. 8. Dispositivo laser utilizzato per le misurazioni di *ground truth* accanto all'ancoraggio UWB. L'immagine a destra illustra il tag montato utilizzato per l'acquisizione dati

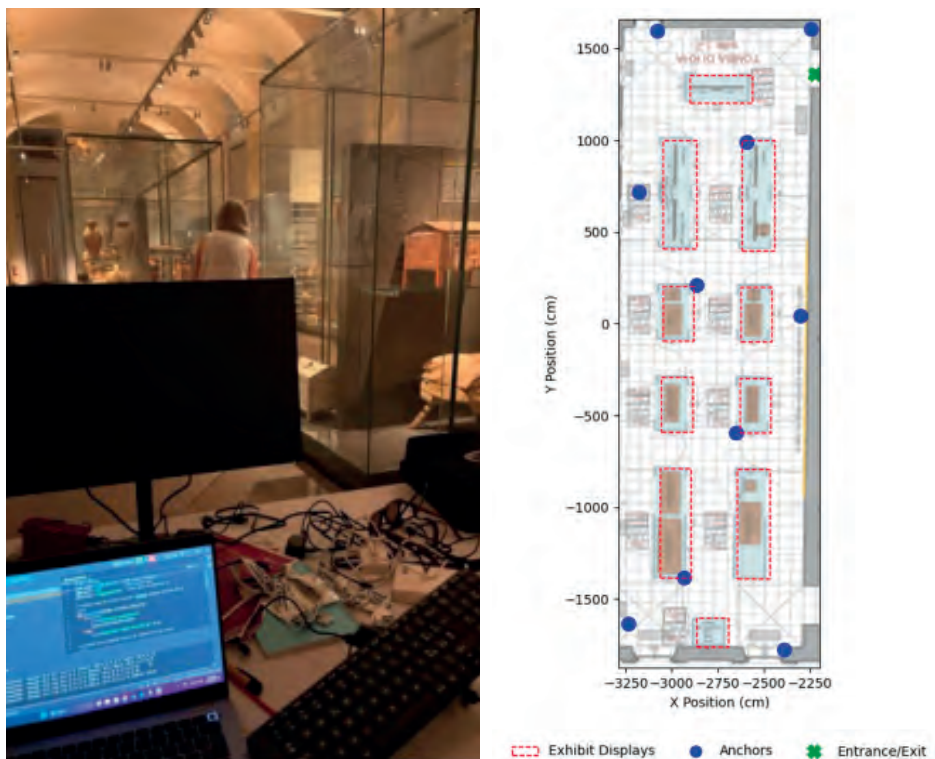


Fig. 9. Configurazione durante l'esperimento museale con il PC utilizzato per l'acquisizione dati in tempo reale (sinistra) e layout della sala museale nella quale sono stati condotti i test (destra)

Il secondo esperimento ha invece voluto valutare le prestazioni del dispositivo UWB in un ambiente indoor reale, ovvero una sala museale. L'obiettivo principale di questo studio era quello di tracciare individualmente le posizioni di sette visitatori e valutare l'accuratezza del sistema in uno spazio pieno di teche in vetro. È noto che le superfici in vetro influenzano la propagazione del segnale UWB a causa delle loro proprietà riflettenti e rifrattive, rendendo questo scenario un'eccellente opportunità per testare le prestazioni del dispositivo in un contesto reale, come mostrato in Fig. 9 - sinistra.

Il test è stato condotto nel Museo Egizio di Torino, all'interno di una sala di circa  $30\text{ m} \times 9\text{ m}$  (rilevata con strumentazione SLAM e rappresentata in 3D in Figura 2), come mostrato in Fig. 9 - destra. All'interno della sala, sono stati installati 10 ancoraggi UWB in posizioni strategiche per garantire una copertura ottimale e ridurre al minimo l'ostruzione da parte delle teche, mantenendo le condizioni di *Line-Of-Sight* ove possibile. La stanza era composta principalmente da superfici in vetro, comunemente presenti nelle teche espositive, che presentavano realistiche sfide di multipath dovute all'attenuazione del segnale e alle riflessioni di questi materiali.

Ai partecipanti è stato consegnato un tag UWB in mano durante il test, che emetteva segnali verso le ancore. Per semplificare l'acquisizione dei dati, ogni partecipante è stato

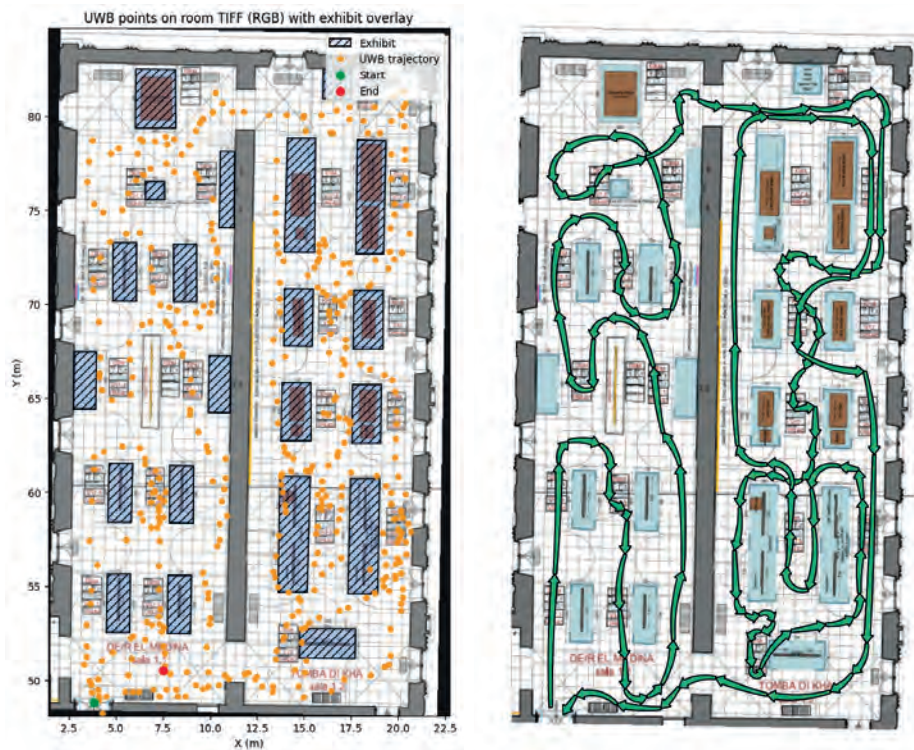


Fig. 10. Soluzioni di posizionamento ottenute con strumentazione UWB (in arancione, figura a sinistra) e traiettoria a valle dell'applicazione dell'algoritmo di reiezione degli *outliers* (in verde, figura a destra)

testato individualmente, con il risultato di file separati per ciascuno di essi contenenti misure di distanza, potenza del segnale e coordinate  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

Come nel caso di studio precedente, è stato utilizzato lo stesso dispositivo commerciale a basso costo, Pozyx®, configurato con uno script basato su Python fornito dal produttore. Questo script ha consentito la raccolta dati in tempo reale e ha garantito impostazioni di acquisizione coerenti durante l'esperimento. La stima della posizione è stata effettuata utilizzando la stessa tecnica TWR del primo caso di studio. Un esempio di soluzione ottenuta direttamente dal sistema UWB è disponibile in Fig. 10 (sinistra), mentre nella Fig. 10 (destra) si può vedere la traiettoria sempre dello stesso visitatore a valle dell'applicazione di un algoritmo che permette la rimozione di outliers e rumore di misura, dovuto anche alle superfici riflettenti. Le precisioni delle soluzioni ottenibili con la strumentazione utilizzata sono di circa 25 cm, dopo essere andati ad applicare algoritmi di riduzione del rumore e reiezione di errori grossolani, opportunamente sviluppati per le analisi in questione.

Tali informazioni si sono rese necessarie per poter andare a correlare la posizione di ogni singolo visitatore con le misure neuro-fisiologiche, atte a raggiungere gli scopi del progetto.

I principali risultati delle analisi sulla qualità delle misure ottenibili con tale strumentazione sono stati presentati al convegno scientifico internazionale 2025 IEEE/ION PLANS che si è tenuto a Salt Lake City nell'aprile 2025 e sono disponibili nella pubblicazione Makellaraki et al (2025).

### **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano le colleghe e i colleghi del Politecnico di Torino afferenti ai gruppi di ricerca del Laboratorio di Geomatica per i beni architettonici (G4CH, Geomatics for Cultural Heritage Lab) del Dipartimento di Architettura e Design, in particolare l'Arch. Giulia Sammartano, e dei Laboratori di Topografia e Geomatics Lab del Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) che hanno collaborato alla fase di acquisizione dati, in particolare i dott. Vincenzo Di Pietra, dott. Milad Bagheri e dott.ssa Angeliki Makellaraki per il supporto fornito anche nelle fasi di processamento dati.

## BIBLIOGRAFIA

- A. ALARIFI, A. AL-SALMAN, M. ALSALEH, A. ALNAFESSAH, S. AL-HADHRAMI, M.A. AL-AMMAR, H.S. AL-KHALIFA, *Ultra wideband indoor positioning technologies: Analysis and recent advances*, in «Sensors», 16(5), 2016, p. 707
- Y.B. BAI, S. WU, H.R. WU, K. ZHANG, *Overview of RFID-Based Indoor Positioning Technology*. GSR, 2012
- A. BEKKALI, H. SANSON, M. MATSUMOTO, *RFID indoor positioning based on probabilistic RFID map and Kalman filtering*, in Third IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob 2007), p. 21. IEEE
- P. DABOVE, V. DI PIETRA, M. PIRAS, A.A. JABBAR, S.A. KAZIM, *Indoor positioning using Ultra-wide band (UWB) technologies: Positioning accuracies and sensors' performances*, In 2018 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS), pp. 175-184
- V. DI PIETRA, P. DABOVE, M. PIRAS, A.M. LINGUA, *Evaluation of positioning and ranging errors for UWB indoor applications*. In IPIN (Short Papers/Work-in-Progress Papers), 2019, pp. 227-234
- V. DI PIETRA, P. DABOVE, M. PIRAS, *Seamless navigation using UWB-based multisensor system*. In 2020 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS), 2020, pp. 1079-1084
- V. DI PIETRA, N. GRASSO, M. PIRAS, P. DABOVE, *Characterization of a mobile mapping system for seamless navigation*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B1-2020, 227-234; doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-227-2020, 2020
- D. FENG, C. WANG, C. HE, Y. ZHUANG, X.G. XIA, *Kalman-filter-based integration of IMU and UWB for high-accuracy indoor positioning and navigation*. IEEE Internet of Things Journal, 7(4), 2020, p. 3133-3146
- F. LIU, J. LIU, Y. YIN, W. WANG, D. HU, P. CHEN, Q. NIU, *Survey on WiFi based indoor positioning techniques*. IET communications, 14(9), 2020, 1372-1383
- A. MAKELLARAKI, V. DI PIETRA, P. DABOVE, *SAAssessing Material Impacts in NLOS UWB Ranging Errors: Characterization for Museum Environments*. 2025 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS), 2025, 1297-1306
- A. MORAR., A. MOLDOVEANU, I. MOCANU, F. MOLDOVEANU, I.E. RADOI, V. ASAVEI, A. BUTEAN, *A comprehensive survey of indoor localization methods based on computer vision*. Sensors, 20(9), 2020, p. 2641
- S. SHANG, L. WANG, *Overview of WiFi fingerprinting based indoor positioning*. Iet Communications, 16(7), 725-733
- F. SUBHAN, H. HASBULLAH, A. ROZYEV, S.T. BAKHSH, *Indoor positioning in Bluetooth networks using fingerprinting and lateration approach*. In 2011 International Conference on Information Science and Applications (pp. 1-9). IEEE
- L. TEPPATI LOSÉ, F. RINAUDO, *A Systematic Literature Review to Assist in Defining New Guidelines and Practical Handbooks for the Documentation of Built Heritage*, in «Heritage». 2025, 8(7):249; doi: 10.3390/heritage8070249
- M. WERNER, M. KESSEL, C. MAROUANE, *Indoor positioning using smartphone camera*. In 2011 international conference on indoor positioning and indoor navigation (pp. 1-6). IEEE
- C. YANG, H.R. SHAO, *WiFi-based indoor positioning*. IEEE Communications Magazine, 53(3), 2015, p. 150-157

## CORPO E MENTE NELL'INDAGINE NEUROSCIENTIFICA: IL QUESTIONARIO COME STRUMENTO DI INDAGINE DELL'ESPERIENZA CULTURALE CONSCIA

---

Francesco Paganelli

Nel quadro delle sperimentazioni condotte nel progetto, tutti i protocolli hanno previsto la somministrazione di questionari ai volontari che hanno preso parte alle sessioni di misurazione.

I questionari sono stati somministrati ai partecipanti dapprima (Museo Egizio, Torino – gennaio/luglio 2024) solamente a conclusione delle misurazioni, con l'intento di escludere la possibilità di influenzare il giudizio dei partecipanti attraverso le domande. Nelle sessioni successive (ETRU VR, Torino DAUIN – luglio 2024; ETRU e CERVETERI, Roma – ottobre/novembre 2024) la somministrazione è avvenuta pre e post-misurazione. La scelta è stata dovuta alla necessità di raddoppiare il self-assessment dello stato emotivo dei partecipanti per una rilevazione conscia dello stato emotivo pre e post da confrontarsi con le acquisizioni dei dati neurofisiologici. Il metodo neuroscientifico messo a punto nello sviluppo del progetto non può, attualmente, affidarsi esclusivamente alla sensoristica elettroencefalografica (EEG) e di conduttanza cutanea (GSR) per una descrizione accurata dello stato emotivo; il riscontro con l'assessment conscio da parte dei soggetti partecipanti si rende dunque necessario e il suo raddoppio affina e consolida il risultato del confronto. Altro aspetto che si voleva indagare, per cui una valutazione conscia attraverso lo strumento questionario è necessaria, è un possibile grado di *autonomia* della risposta emotiva inconscia/corporea, dunque una valutazione dell'allineamento (o meno) dell'emozione consciamente percepita, e dichiarata, o esclusivamente rilevabile dalla strumentazione.

La struttura dei questionari è stata sostanzialmente mantenuta invariata per tutte le sessioni, minime le modifiche rese di volta in volta necessarie per adattare il contenuto al museo/sito, all'esperienza proposta o apportare correzioni laddove si siano rilevate criticità nel corso delle analisi preliminari delle risposte raccolte. In tutte le versioni proposte una sezione, posta all'inizio del questionario post-visita (sessioni ME) ovvero isolata nel questionario pre-visita (sessioni ETRU VR, MUS/CER), è stata dedicata alla raccolta dei dati anagrafici del campione, tracciarne le abitudini in termini di frequenza delle visite a musei e familiarità con i temi dell'archeologia, oggetto dei musei e siti selezionati.

<b>SESSIONI SPERIMENTALI</b>				
	<b>MUSEO EGIZIO (ME)</b> gen 2024	<b>MUSEO EGIZIO (ME)</b> lug 2024	<b>ETRU VR</b> lug 2024	<b>ETRU - CERVETERI (MUS/CER)</b> nov 2024
<b>ANAGRAFICA</b>	<b>OPZIONI DI RISPOSTA</b>			
<b>GENERE</b>	M / F / X / Preferisco non rispondere	M / F / X / Preferisco non rispondere	_*	_*
<b>ETÀ</b>	in numero	in numero	_*	_*
<b>TITOLO DI STUDIO</b>	Licenza media / Diploma / Laurea / Post-laurea	_*_*	_*	_*
<b>FORMAZIONE ARCHEOLOGIA, STORIA O ARTE</b>	Sì/No	_*_*	_*	_*
<b>FREQUENZA VISITA MUSEI</b>	Mai / 1 o 2 volte l'anno / 3 o più volte l'anno	_*_*	_*_*_*	_*_*_*
<b>PRECEDETI VISITE AL MUSEO/SITO</b>	No / >3 anni fa / <3 anni fa	No / >3 anni fa / <3 anni fa	Avevi già visitato il Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia?	Avevi già visitato il Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia / la Necropoli della Banditaccia?
<b>ABITUDINE ALLA VISITA MUSEI ARCHEOLOGICI</b>	-	-	3 opz. affermative 1. Sì, perché gli oggetti mi fanno riflettere 2. Sì, perché gli oggetti sono belli 3. Sì, perché raccontano storie che sento vicine  3 opz. negative 4. No, perché gli oggetti sono poco comprensibili 5. No, perché gli oggetti raccontano storie che sento lontane 6. No, perché gli oggetti non mi fanno riflettere	3 opz. affermative 1. Sì, perché gli oggetti mi fanno riflettere 2. Sì, perché gli oggetti sono belli 3. Sì, perché raccontano storie che sento vicine  3 opz. negative 4. No, perché gli oggetti sono poco comprensibili 5. No, perché gli oggetti raccontano storie che sento lontane 6. No, perché gli oggetti non mi fanno riflettere

Tab. 1. Struttura delle sezioni anagrafiche dei questionari

\* per le sessioni tenutesi al Museo ETRU e alla necropoli della Banditaccia nell'autunno del 2024, le limitazioni poste dalla difficoltà di arruolamento di partecipanti e la necessità di ripetere l'esperienza nei due setting con lo stesso campione hanno portato alla collaborazione e arruolamento di un gruppo di volontari della CRI – Croce Rossa Italiana.

\*\* A valle delle analisi sul primo campione ME, attestata l'assenza correlazione tra risposte fornite e titolo di studio raggiunto, questa sezione è stata eliminata nella sessione successiva anche per alleggerire l'impegno del questionario (che taluni hanno lamentato) e per rafforzare la percezione di anonimato.  
\*\*\* A valle delle analisi sui campioni ME, la domanda è stata riformulata per rilevare le ragioni che spingono alla visita o meno dei musei archeologici

Una successiva sezione, immediatamente seguente quella anagrafica, è stata proposta per un approfondimento relativo al background dei visitatori, al di là delle abitudini di visita. Questa sezione, in parte assolta per le sessioni ME con le domande relative al campo di studi, è stata integrata nelle versioni proposte durante le sessioni ETRU VR / MUS / CER da un set dedicato nello specifico alla – percepita – conoscenza del popolo etrusco, delle sue abitudini e tradizioni.

Terminate le sezioni sopra descritte, le domande successive sono state dedicate – e adattate – al contenuto dell'esperienza di visita e ad alcuni temi di riflessione che erano stati suggeriti ai partecipanti nel corso della visita, o che si supponeva potessero spontaneamente sorgere. I paragrafi successivi riportano in dettaglio struttura dei questionari e risultati delle analisi condotte sui campioni di partecipanti.

### MUSEO EGIZIO, gennaio 2024

	18-34	35-54	55+	TOT
M	5	2	4	11
F	13	5	4	22
TOT	18	7	8	33

Tab. 2. Campione Museo Egizio, gennaio 2024

Il campione di soggetti che ha preso parte alla prima sessione di misurazioni a gennaio 2024 al Museo Egizio è composto di 33 partecipanti, con una forte dominanza del campione femminile, in questa come altre sessioni, eccezion fatta per ETRU VR. Inizialmente inteso nella fascia 18-34, il target d'età è successivamente stato esteso per raggiungere il numero minimo (n=28) ammissibile per il campione; i *giovani adulti* [18, 54%] rappresentano comunque il gruppo più numeroso nel campione, pur con un accentuato squilibrio a favore della quota femminile [13, 65%]. Relativamente alla formazione (Fig. 1), il gruppo in possesso di un diploma di laurea è quello più numeroso [23, 69%]; di questi, 6 riportano una formazione in ambito archeologico, storico o artistico.



Figg. 1a-1b. Background istruzione campione

Per completare la descrizione, al campione di partecipanti è stato richiesto di indicare con quale frequenza fossero soliti visitare musei [“*Quanto spesso va nei musei?*”; *Mai, 1-2 volte all'anno, 3 o più volte all'anno*] e a quando, nel caso, risalisse l'ultima visita al Museo Egizio [“*Aveva già visitato il Museo Egizio?*”; *No, Sì, più di 3 anni fa, Sì, meno di 3 anni fa*]. Le risposte fornite dal campione descrivono un gruppo discretamente avvezzo alla visita dei musei con una sola risposta *Mai* [1; 3%]; i partecipanti che dichiarano di visitare musei 1-2 volte l'anno salgono [10; 30%] e la percentuale maggiore [22; 66%] dichiara invece di visitare musei 3 o più volte.

Per nessuno dei partecipanti si è trattato della prima visita al Museo Egizio, ma per l'84% del campione l'ultima visita risaliva a più di tre anni prima; il dato valida la qualità del campione da cui è quindi possibile aspettarsi una risposta sufficientemente *naturale* e non influenzata da una visita troppo vicina nel tempo. Il questionario, somministrato solo al termine della visita e delle misurazioni, era articolato in quattro sezioni principali:

<b>Questione etiche relative all'esposizione di resti umani</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— scala likert (1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo)</li> <li>— opzioni da ordinare (1-4; 1 = maggior accordo, 4 = minor accordo)</li> </ul>
<b>Self-assessment dello stato emotivo e coinvolgimento cognitivo*</b>  <i>*ripetuto per: sarcofago vuoto, sarcofago vuoto con mummia esposta a lato, mummia nel sarcofago</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— scala grafica (0-100; da apporre un segno sulla linea)</li> <li>— scala likert (1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo)</li> </ul>
<b>Opinioni e riflessioni sulla vetrina delle "Tresorelle"</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— scala likert (1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo)</li> </ul>
<b>Impressioni generali / finali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— opzioni da ordinare (1-4; 1 = maggior accordo, 4 = minor accordo)</li> </ul>

Tab. 3. Struttura questionario post-esperienza

La prima sezione, di grande attualità e interesse per il personale dei musei archeologici (e in modo particolare per collezioni dell'Antico Egitto – di cui la mummia è ancora per molti *il* reperto), poneva domande relative all'opinione dei partecipanti sui risvolti etici dell'esposizione di resti umani.

Dall'analisi delle risposte fornite dal campione, da cui non sono emerse differenze d'opinione per genere o fascia d'età, si riscontra nel pubblico la coscienza di trovarsi di fronte a resti umani quando si osserva una mummia; la maggioranza non è però netta, poiché i resti umani sono anche considerati piuttosto oggetti d'arte e culto prima che persone. Quest'ultima nota trova riscontro in punto successivo, nella medesima sezione del questionario: alla domanda che chiedeva di associare a una mummia quattro possibili opzioni [da ordinare 1-4; 1=maggior accordo, 4=minore accordo] [Fig. 2] le risposte dei partecipanti hanno confermato come il tempo abbia reso le mummie *solamente* reperti, cancellando un'identità di persona; nonostante ciò, il pubblico mantiene la percezione di trovarsi di fronte a resti umani, e ne riconosce il valore per ricostruire l'immagine della cultura egizia, giungendo a ritenerne le mummie il reperto più significativo.

Permanendo sul tema dei resti umani e l'opportunità di esporli o meno, al campione è stato richiesto quale modalità ritenesse più adatta per mostrare una mummia tra le seguenti: esposizione *scientifica* con adeguata illuminazione e visibilità, ambientazione *misteriosa* con luci soffuse e d'effetto, contestualizzazione nella scena del ritrovamento attorniata dagli oggetti allora presenti o ricostruzione per quanto possibile della vita della persona. Come prevedibile, riflettendo la coscienza del valore del resto umano, la sua spettacolarizzazione in un'atmosfera misteriosa è stata l'opzione che ha ottenuto minor consenso; a ottenere invece maggior consenso le opzioni che prevedono una contestualizzazione del reperto, in primis la ricostruzione della scena del ritrovamento, che pare essere la soluzione capace di mediare tra i dubbi sull'opportunità di esporre qualcosa che si era voluto celare per l'eternità e la possibilità di vedere un reperto tanto significativo (posizione confermata nella sessione sperimentale di luglio 2024).

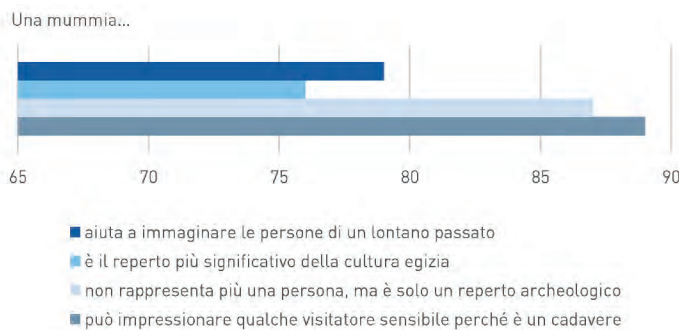


Fig. 2. Ozioni di risposta e risultati per "Una mummia..." (ozioni da ordinare 1-4; 1=maggior accordo, 4= minor accordo)

Le sezioni relative al *self-assessment* emotivo e coinvolgimento cognitivo sono state ripetute identiche, con le medesime opzioni di stati emotivi e riflessioni suscitate, per le tre modalità di esposizione della combinazione mummia/sarcofago: mummia estratta, mummia nel sarcofago e sarcofago vuoto.

Relativamente agli aspetti emotivi [scala grafica 0-100; da apporre un segno sulla linea] [Fig. 3], l'*interessamento* è l'opzione che ha incontrato maggior accordo al contrario, all'estremità opposta della scala, il *disgusto* pare quasi non essere stato suscitato nei partecipanti, ripetendosi pressoché identici i risultati per queste due opzioni in tutte e tre le iterazioni. Un'opzione che, insieme all'*interessamento*, conferma per il campione la partecipazione attiva all'esperienza e la convinzione relativa alla necessità di esporre resti umani è la *noia*, per la quale si è registrato un significativo calo nelle combinazioni in cui la mummia era visibile.

Come considerazione a latere è necessario sottolineare la difficoltà, apertamente manifestata o successivamente emersa, da parte dei partecipanti nell'effettuare consapevolmente questo tipo di auto-valutazione, complicato dal numero di emozioni indicate e le sottili sfumature che possono talvolta distinguere opzioni diverse; si tratta di un vincolo imposto dall'impiego di scale validate, limite che è stato osservato in questa come nelle successive sessioni. Tenendo presente ciò, non stupisce dunque che in questa sessione, come poi riscontrato nelle successive, sia sempre registrato un netto divario tra gruppi di emozioni generalmente positive o negative, per di più con buona probabilità ulteriormente influenzato dal contesto sperimentale che inevitabilmente tende a indurre interesse. Per ciò che riguarda gli aspetti, invece, di coinvolgimento cognitivo e riflessione, al campione è stato richiesto di esprimere il proprio grado di accordo [scala likert 1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo] su una serie di possibili temi di riflessione proposti, come "Di fronte alla vetrina con (mummia estratta/mummia dentro/sarcofago) ho pensato a...". Le tre opzioni, in ordine decrescente, a riscuotere maggior successo sono risultate: *abilità artistiche egizie*, *stato di conservazione del reperto* e *i misteri di questi reperti*. È quindi anche in questo caso evidente che quanto esposto genera interesse nei soggetti partecipanti e nell'opzione meno scelta (*niente in particolare*) si può trovare ulteriore conferma della fascinazione per le mummie osservando una riduzione, pur contenuta, nel caso del sarcofago vuoto.

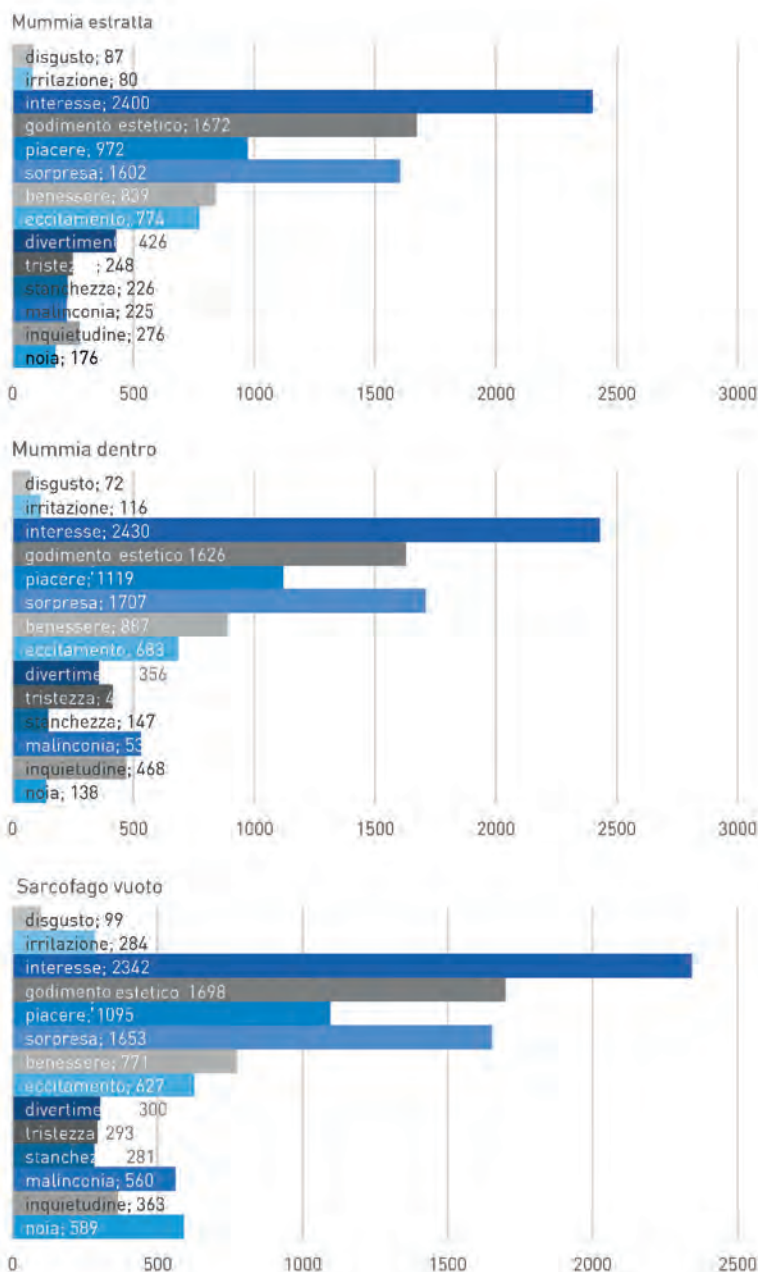


Fig. 3a, 3b, 3c. Auto-valutazione dello stato emotivo post-visita relativo rispettivamente alle combinazioni a. mummia estratta, b. mummia nel sarcofago, c. sarcofago vuoto [scala grafica 0-100; da apporre un segno sulla linea], Museo Egizio gennaio 2024

**MUSEO EGIZIO, luglio 2024**

	<b>18-35</b>	<b>35+</b>	<b>TOT</b>
<b>M</b>	16	2	18
<b>F</b>	23	2	25
<b>TOT</b>	39	4	43

Tab. 4. Campione Museo Egizio, luglio 2024

Il campione di soggetti che ha preso parte alla seconda sessione di misurazioni a luglio 2024 al Museo Egizio è composto di 43 partecipanti, con un moderato sbilanciamento verso il campione femminile. Per questa sessione di sperimentazioni il range d'età identificato per il reclutamento è stato 18-35; per raggiungere il minimo di acquisizioni previste dal protocollo sperimentale neuroscientifico (n=36) 4 soggetti sono stati ammessi alla partecipazione pur superando il limite superiore del range d'età.

A partire da questa sessione è stata eliminata la domanda relativa al grado di istruzione completato.

Già in fase di reclutamento il campione è stato soggetto a screening per assicurare che l'ultima visita al museo non fosse eccessivamente recente; le candidature di soggetti che dichiaravano una visita nell'ultimo non sono state accettate.

Oggetto di questa sessione sperimentale erano i diversi effetti prodotti da da diverso tipo di narrazioni, emozionale o didascalico, e le loro potenzialità come mezzo per indurre nel pubblico una reazione empatica. Si ricorda infatti che uno dei principali obiettivi della ricerca è strutturare un complesso di principi per incrementare l'efficacia dell'incontro con il patrimonio culturale. Secondo il protocollo sperimentale, il campione reclutato è stato equamente diviso in due gruppi distinti per ordine di visione di due vetrine: la prima contenente la mummia della principessa Ahmose e la seconda contenente alcuni oggetti del corredo di Merit; i due gruppi hanno visto entrambe le vetrine e ascoltato le due narrazioni, ciascuna strutturata in quattro sequenze (didascalica-emozionale-didascalica-emozionale) precedute da una fase di silenzio (sola osservazione).

I temi della bellezza e del culto del corpo, su cui le narrazioni sono state costruite, sono stati scelti come particolarmente efficaci per indurre una risposta empatica, trattandosi di questioni atemporalmente che più facilmente si prestano ad un processo di attualizzazione e proiezione.

Il questionario, anche in questa sessione somministrato solo al termine della visita e delle misurazioni, era articolato in cinque sezioni principali:

<b>Self-assessment dello stato emotivo e coinvolgimento cognitivo*</b>	— scala likert (1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo)
<i>*ripetuto per: narrazione in prima persona (emozionale) e narrazione in terza persona (didascalica-razionale)</i>	
<b>Riflessioni relative alla mummia della Principessa Ahmose e sua esposizione</b>	— scala likert (1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo)
<b>Questioni etiche relative all'esposizione di resti umani</b>	— scala likert (1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo)
<b>Culto della bellezza nella cultura egizia</b>	— scelta multipla
<b>Impressioni generali/finali</b>	— scelta multipla — risposta aperta

Tab. 5. Struttura questionario post-esperienza

A queste cinque sezioni, non avendo proposto un questionario pre-misurazione, ne è stata aggiunta in apertura una dedicata alla raccolta dei dati anagrafici, compresa di informazioni relative al periodo intercorso dall'ultima visita al Museo Egizio e una domanda a risposta aperta relativa a cosa avesse suscitato maggior emozione tra la mummia di Ahmose e il corredo di Merit.

Immediatamente sono stati confermati i risultati della precedente sessione sperimentale, con una significativa preferenza per Ahmose [23, 60%] rispetto a Merit [15, 40%]; confrontando i due gruppi di partecipanti, non è stata rilevata un'influenza imputabile all'ordine di visione. È stata invece riscontrata una forte predominanza del campione femminile nelle preferenze espresse per Ahmose, circostanza che è stata imputata a una più facile immedesimazione, anche incentivata dalla voce narrante femminile. Un confronto con le risposte aperte fornite alle domande finali del questionario ha confermato questa tendenza, verosimilmente dovuta a una più facile identificazione con i temi del corpo e dei canoni estetici inclusi nel commento audio.

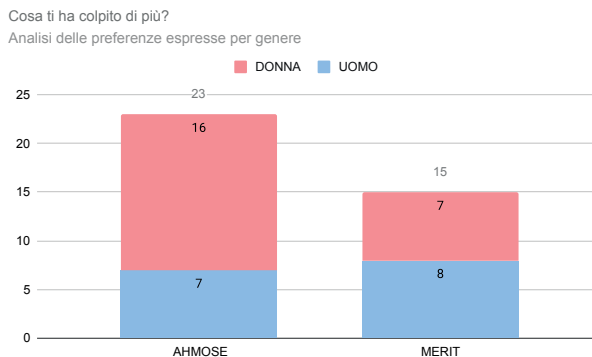


Fig. 4. Preferenze Ahmose / parrucca e corredo di Merit per genere.

Già nelle risposte a questa prima domanda, l'effetto della narrazione traspare attraverso i riferimenti espliciti ai *dettagli blu delle decorazioni* di alcuni vasi del corredo citati dal campione e sui quali l'audio invitava a concentrarsi, riferimenti ritrovati anche nell'analisi della domanda a risposta aperta a chiusura di questa sezione del questionario.

Passando dunque alla sezione relativa all'auto-analisi dello stato emotivo [Fig. 5] (scala likert 1-5; completamente in disaccordo – completamente d'accordo), vista la difficoltà di elaborazione dei risultati in assenza di picchi significativi, si è scelto di procedere raggruppando le opzioni della lista di emozioni secondo la loro valenza positiva o negativa. Anche in questa seconda sessione le emozioni positive hanno ottenuto punteggi significativamente più alti di quelle negative, senza rilevanti differenze tra le due tipologie di narrazione proposte. Le modifiche alla lista delle emozioni, concordate con i neuroscienziati e apportate per aderire meglio al caso specifico, non hanno prodotto un risultato diverso dalla prima sessione, non permettendo di identificare picchi degni di nota per singole emozioni. Resta da tenere in considerazione la possibile influenza del setting sperimentale e della sua influenza sulla percezione positiva dell'esperienza, nonché i limiti derivanti dall'impiego di scale validate, come già rilevato per il campione della sessione di gennaio 2024.

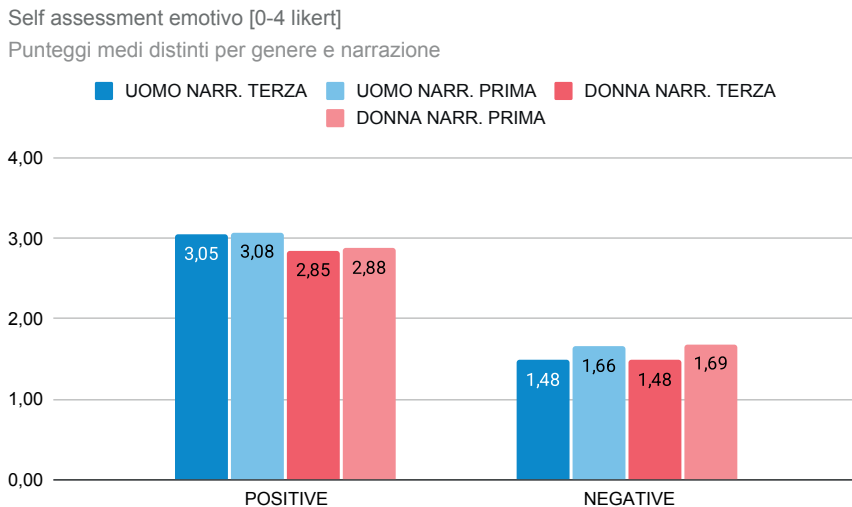


Fig. 5. Auto-valutazione dello stato emotivo post visita, Museo Egizio luglio 2024

	Narrazione terza persona (didascalica)	Narrazione prima persona (emozionale)
<b>attiva</b>	3.94	4.29
<b>disturbata</b>	1.82	2.38
<b>interessata</b>	4.08	3.97
<b>concentrata</b>	3.82	3.91

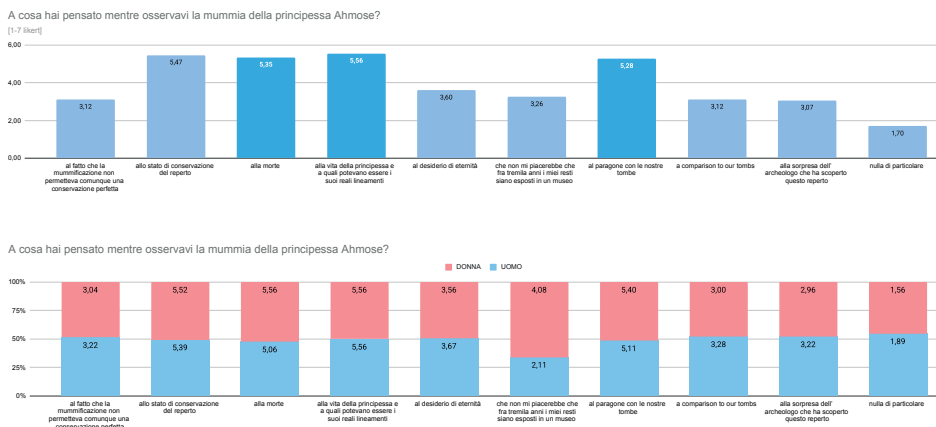
Tab. 6. Estrapolazione dal self-assessment emotivo (valori medi), Museo Egizio luglio 2024

Focalizzandosi poi sugli aspetti legati alla concentrazione e all'interesse, ricercando un'eventuale variazione in funzione della narrazione ascoltata, sono state isolate dalla lista di emozioni le voci: attiva, disturbata, interessata e concentrata.

Come mostrato nella tabella [Tab. 6], i risultati migliori sono sempre ottenuti dalla narrazione emozionale in prima persona, indipendentemente dalla vetrina. Nonostante si riconosca che l'impostazione delle narrazioni proposte non rispetti i caratteri di accuratezza dei normali commenti proposti nelle audioguide o altro materiale scientifico/divulgativo, il risultato positivo del tono emozionale proverebbe la sua capacità di indurre una reazione di maggior intensità nel pubblico. Si registra, in altre parole, una più forte attivazione emotiva che si può ricondurre a un incontro col patrimonio più coinvolgente: ne facilita la comprensione e l'appropriazione del significato, in ultimo, promuove la formazione e sedimentazione del ricordo dell'esperienza. Si tratta in ogni caso di un risultato che andrebbe ulteriormente indagato con campioni più numerosi.

L'unico risultato in controtendenza rispetto a quanto sopra si osserva per lo stato emotivo *interessata*, si tratta dell'unico caso in cui – pur con uno scarto contenuto – è più alto il risultato ottenuto dalla narrazione didascalica. Una ragione si ipotizza essere legata al fatto che questa sia la modalità narrativa a cui si ricorre più frequentemente nella trasmissione di informazioni, comune alla tradizionale impostazione della comunicazione culturale: espresso in terza persona, con tono relativamente neutro, il contenuto veicolato contiene informazioni che possono positivamente catturare l'attenzione del pubblico. Con ciò, si conferma anche l'importanza dell'aspetto didascalico. D'altro canto, l'associazione di questo stile comunicativo a contesti di apprendimento potrebbe innescare una reazione inconscia che grazie all'acquisizione del contenuto si traduce in interesse. Vale però la pena ricordare che comunemente si entra in un museo con l'obiettivo (o forse l'imperativo) di *imparare qualcosa*, anche se non sempre e non necessariamente un interesse o una maggiore attenzione si traducono in apprendimento, comprensione e appropriazione del contenuto.

Nella sezione successiva, al campione è stato richiesto di indicare cosa abbia pensato (“A cosa hai pensato di fronte alla mummia della principessa Ahmose?”; scala likert 1-7, completamente in disaccordo – completamente d'accordo) relativamente ad alcuni possibili temi di riflessione di fronte alla vetrina di Ahmose. Sempre tenendo conto dello scarto limitato tra le medie calcolate, conseguenza della ridotta dimensione del campione, le opzioni che hanno ottenuto maggior accordo sono relative allo stato di conservazione del corpo, il processo di decomposizione conseguente la morte, la morte stessa e quali potessero essere i tratti della principessa in vita.



Figg. 6a, 6b. “A cosa hai pensato di fronte alla mummia della principessa Ahmose?”, scala likert 1-7; Museo Egizio luglio 2024

La sezione includeva una domanda a risposta aperta che invitava a indicare altre possibili sensazioni o pensieri scaturiti dall’osservazione della mummia. Tra le risposte, anticipando il contenuto della sezione successiva del questionario (non visibile durante la compilazione), un soggetto femminile ha espresso perplessità relative all’esposizione dei resti umani, e del corpo della principessa in particolare. Osservato questo risultato, le medie delle opzioni del punto precedente sono state ricalcolate, dividendo le risposte del campione maschile e femminile. La quasi totalità delle opzioni è stata equamente valutata da ambo i generi, con scarti inferiori al mezzo punto percentuale; l’unica opzione a mostrare, invece, una differenza rilevante è quella per l’affermazione “non mi piacerebbe che fra tremila anni i miei resti siano esposti in un museo” per cui di fronte a un punteggio medio complessivo di [3.26/7], dividendo per genere il campione si ottiene una media per la popolazione maschile pari a [2.11/7] e per quella femminile pari a [4.08/7]. Il risultato conferma la sensazione iniziale per cui dalla popolazione femminile è più facilmente ottenuta una risposta empatica e di immedesimazione.

Riproponendo questioni già esplorate con il campione di gennaio 2024, il questionario includeva domande relative all’opportunità e modalità di esposizione del corpo della principessa. Relativamente alle modalità di esposizione, sono confermati i risultati della precedente sessione, con un risultato nettamente migliore per le opzioni che prevedono una contestualizzazione del reperto nella scena del ritrovamento (di nuovo, l’opzione che ha riscosso maggior accordo), immediatamente seguita dall’opzione di includere una ricostruzione con quanto noto della vita della principessa. Un’analisi delle risposte per genere [Fig. 6b] è stata ripetuta, non rilevando però significative divergenze tra l’opinione della popolazione maschile e femminile, eccezion fatta per l’opzione di un allestimento *misterioso ed evocativo* che, di fronte ad una media generale di [3.95/7], ha visto il campione femminile meno convinto con una valutazione di [3.56/7] rispetto a quanto affermato dalla controparte maschile [4.33/7]; il dato suggerisce ancora una volta una sensibilità maggiore al tema, potenzialmente indice di un’immedesimazione e un rispetto del corpo della principessa scaturito da una risposta empatica.

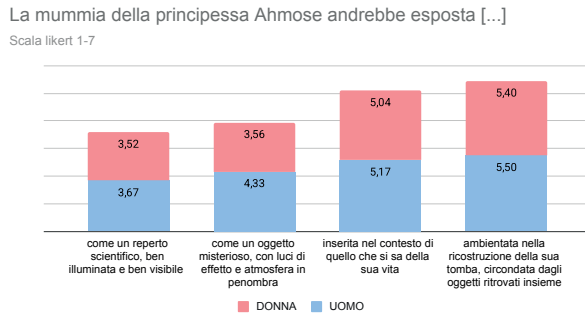


Fig. 7. Alternative di esposizione della mummia di Ahmose, scala likert 1-7; Museo Egizio luglio 2024

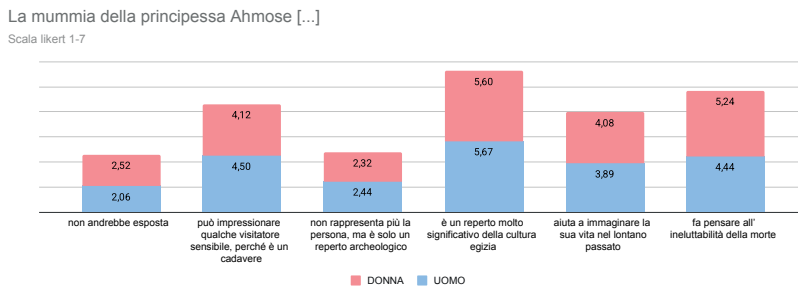


Fig. 8. Impressioni e riflessioni sulla mummia di Ahmose, scala likert 1-7; Museo Egizio luglio 2024

La sezione seguente, dichiaratamente dedicata alla discussione corrente sul tema dell'opportunità e delle modalità di esposizione dei resti umani, ha richiesto nuovamente al campione di esprimere il proprio accordo con una serie di affermazioni relative alla principessa Ahmose, come elemento per poi proiettare la riflessione al più ampio panorama di discussione sulle mummie. Tra le opzioni ad aver incontrato minor accordo vi sono state "non rappresenta più una persona, ma si tratta solamente di resti archeologici" e "non andrebbe esposta". I risultati confermano sostanzialmente quanto rilevato nella precedente sessione sperimentale, si nota però che – per formulazione – lo scarso punteggio dell'opzione "non andrebbe esposta" indica un generale accordo, invece, sulla necessità di esporre questo tipo di reperto. Anche in questo caso, pur con una differenza minimale, il campione femminile si è rivelato più cauto, quantomeno rinforzando l'ipotesi di una maggior empatia suscitata; rimane valido il risultato della precedente sezione per cui un'esposizione che contestualizzi il reperto legittima e bilancia quest'esitazione. Lo scarso accordo riscosso dall'opzione "è solo un reperto archeologico" prova l'efficacia dello strumento narrativo nel restituire un'identità al reperto; questo è stato confermato da una successiva sessione integrativa dove ai soggetti partecipanti è stato proposto un solo stile di narrazione (comunque ripetuto per le due vetrine), rilevando il minor accordo assoluto con la narrazione di tipo emozionale.

Con la domanda aperta conclusiva *“Questa visita ti ha lasciato qualche spunto di riflessione?”* si è potuta rilevare una conferma ulteriore del maggior effetto prodotto sulla popolazione femminile: sei delle risposte fornite, contro una sola della controparte maschile, fanno riferimento esplicito al contenuto della narrazione, all’attualità del tema del corpo e della bellezza e come ancora oggi sia un aspetto centrale della cultura con un impatto più forte sulle donne che sugli uomini.

### ETRU VR, luglio 2024

	18-24	25-30	31-35	TOT
M	14	19	9	42
F	8	9	7	24
X	1	-	-	1
TOT	23	28	16	67

Tab. 7. Campione ETRU VR, luglio 2024

Il campione di soggetti che ha preso parte alla sessione di misurazioni a luglio 2024 nel pilot ETRU VR è composto di 67 partecipanti, con un significativo sbilanciamento verso il campione maschile. Per questa sessione di sperimentazioni il range d’età identificato per il reclutamento è stato 18-35; l’omogeneità per genere dichiarato e fascia d’età di distribuzione sulle tre alternative di allestimento previste dal protocollo sperimentale è stata affidata a un semplice software, sviluppato per l’occasione.

Non essendo più stata inserita la domanda relativa al titolo e ambito del titolo di studio conseguito, il background dei partecipanti è stato sondato con alcune domande incluse nel questionario pre-esperienza, così articolato:

<b>Abitudine alla visita di musei archeologici</b>	— scelta multipla
<b>Considerazioni su cultura e stile di vita etruschi</b>	— scala likert (1-10; completamente in disaccordo - completamente d’accordo)
<b>“non ricordo nulla di particolare sugli etruschi”</b>	— vero / falso

Tab. 8. Struttura questionario pre-esperienza; ETRU VR luglio 2024

Il campione di partecipanti dichiara di visitare musei archeologici [59; 88%], adducendo come ragione principale [opzione che ha ottenuto il maggior numero di voti [32; 47%]] la capacità degli oggetti di suscitare riflessione. Segue, fra gli altri motivi, la capacità delle collezioni di raccontare storie che si sentono vicine a sé [20; 30%]; all’opposto, tra chi dichiara di non visitare musei archeologici [8; 12%] la principale motivazione si trova nella percezione di distanza da sé di ciò che gli oggetti raccontano [4; 50%]. Il basso punteggio delle opzioni relative all’incapacità delle collezioni di suscitare riflessione o la loro incom-

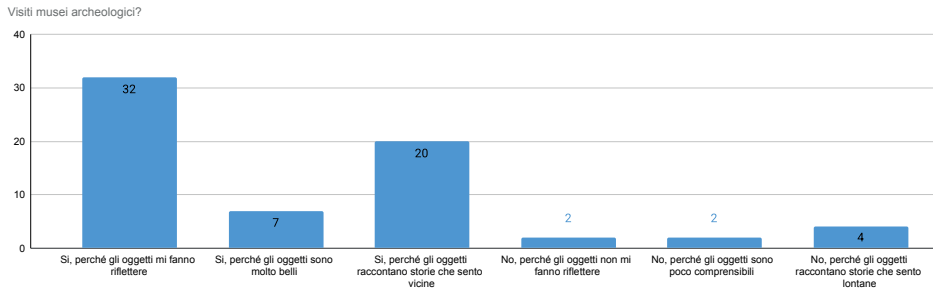
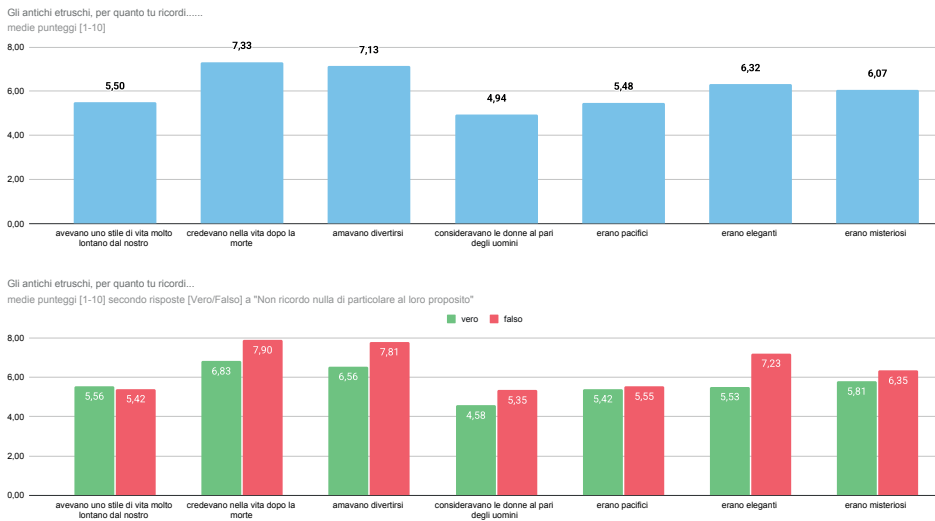


Fig. 9. Abitudini di visita ai musei archeologici; ETRU VR luglio 2024



Figg. 10a, 10b. Considerazioni su cultura e stile di vita etruschi; ETRU VR luglio 2024

prensibilità [2; 3%] si può dunque leggere come riscontro di una relativa efficacia degli oggetti esposti nei musei archeologici di indurre riflessione e di una loro buona comprensibilità.

La successiva sezione dedicata a nozioni previe e impressioni sulla vita e cultura etrusca non ha restituito un'immagine chiara di convinzioni con cui il campione abbia approcciato la visita, mantenendosi tutte le medie per le opzioni proposte intorno a [5.6/10]. Le uniche opzioni ad aver avuto un risultato che supera [7/10] sono state "(gli etruschi) credevano nell'aldilà" e "(gli etruschi) amavano divertirsi". Questi risultati sono poi stati rivalutati sulla base delle risposte alla successiva domanda vero / falso "non ricordo nulla in particolare sugli etruschi". Ne è risultato che coloro che ammettevano di non ricordare nulla in particolare tendevano a rispondere con valori più bassi, forse espressione di cautela, eccezion fatta per l'affermazione "(gli etruschi) avevano uno stile di vita molto lontano dal nostro" con cui è maggiore l'accordo da parte di questo lato del campione.

<p><b>Approccio emotivo e cognitivo al patrimonio/arte</b> <i>(come espressione di accordo a una lista di affermazioni)</i></p>	<p>— scala likert (1-7; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)</p>
<p><b>Self-assessment dello stato emotivo e coinvolgimento cognitivo</b></p>	<p>— scala likert (1-4; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)</p>
<p><b>Impressioni generali / finali</b> <i>(articolato in due sotto-sezioni relative agli aspetti percettivi e di interpretazione)</i></p>	<p>— scelta multipla — scala likert (1-4; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)</p>

Tab. 9. Struttura questionario post-esperienza; ETRU VR luglio 2024

Per il questionario post-misurazione, la cui articolazione è illustrata nella tabella sopra [Tab. 9], le risposte sono state analizzate suddividendo il campione sulla base dello scenario assegnato, come da protocollo sperimentale.

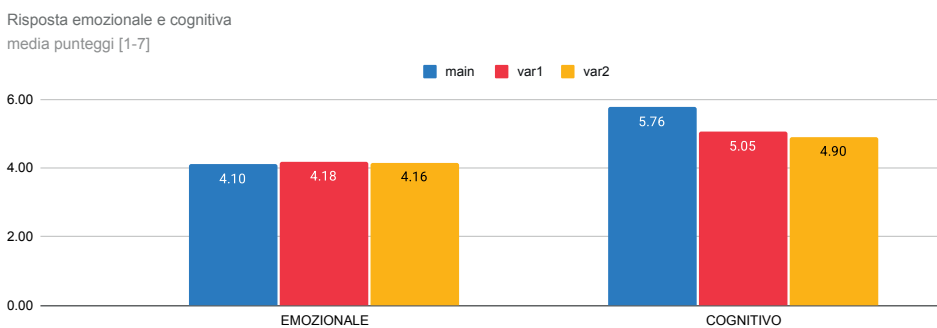


Fig. 10a, 10b. Modalità soggettive di approccio emotivo e cognitivo all'esperienza culturale; ETRU VR luglio 2024

Per la prima sezione, ai partecipanti è stato richiesto, attraverso l'espressione d'accordo ad alcune affermazioni, di valutare e descrivere le modalità di approccio personale al patrimonio e all'arte. La lista di affermazioni proposte, in fase di elaborazione, è stata divisa in due gruppi: un primo legato ad aspetti emozionali (contenente espressioni quali "[durante una visita a un museo/galleria d'arte] *provo una vasta gamma d'emozioni*", "[durante una visita a un museo/galleria d'arte] *mi commuovo*", etc.) e un secondo relativo a processi cognitivi dell'approccio (contenente espressioni quali "[durante una visita a un museo/galleria d'arte] *confronto la cultura artistica del passato con quella di oggi*", "[durante una visita a un museo/galleria d'arte] *cerco di capire cosa vuole comunicare l'artista*", "[durante una visita a un museo/galleria d'arte] *ottengo nuove intuizioni sull'opera d'arte*", etc.)

L'elaborazione delle risposte a questo primo blocco ha restituito una tendenza all'approccio emotivo sostanzialmente invariata nel campione, indipendentemente dallo scenario proposto. Al contrario, rispetto all'approccio cognitivo, si è osservata una progressiva e sostanziale decrescita tra la variante *main* (stato attuale del museo) [5.76/7], la *var1* (inse-

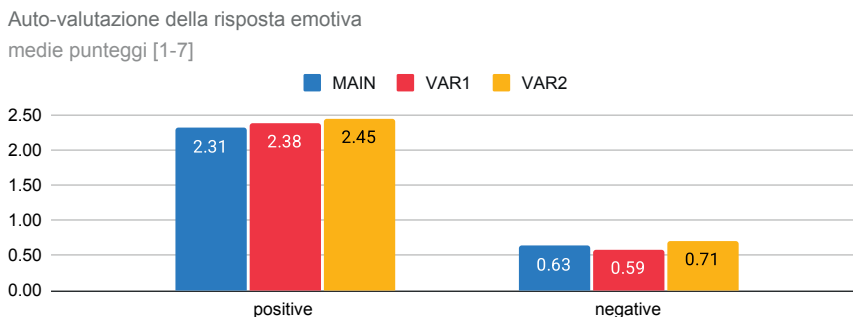


Fig. 11. Auto-valutazione dello stato emotivo post-visita, risultati per gruppi di emozioni/stati d'animo positivi e negativi; ETRU VR luglio 2024

rimento del pannello sulla soglia] [5.05/7] e la *var2* (ambientazione emozionale) [4.90/7]. Il risultato conferma la relazione tendenzialmente inversa tra la risposta emotiva e il sostenimento dello sforzo cognitivo. Traspare dunque un primo elemento di cautela: se da un lato la stimolazione di una risposta emotiva può rendere più significativo e memorabile l'incontro col patrimonio, la scelta di elementi d'allestimento eccessivamente improntati a questo scopo possono ridurre la risposta cognitiva.

La sezione dedicata all'auto-valutazione dello stato emotivo ha, ancora una volta, restituito un quadro pressoché identico alle precedenti sessioni. Pur riconoscendo un limite nella struttura del questionario (il numero e le sfumature di significato delle emozioni nella lista, imposta dall'adozione di scale validate, rendono complessa una valutazione accurata da parte del partecipante), si conferma l'*interessamento* come sensazione predominante, insieme all'*attivazione*, *ispirazione* ed *entusiasmo*, in quest'ordine. Guardando all'intera batteria proposta, l'unico dato chiaro è nuovamente la netta distanza del gruppo delle emozioni/stati d'animo positivi rispetto al gruppo negativo [Fig. 11]. Un successivo passaggio dei dati, mirato a rilevare differenze rispetto alle tre varianti, non ha riscontrato variazioni significative, confermando il risultato della precedente elaborazione.

Come atteso, e auspicato, per le *var1* e *var2* si è osservato un valore per il gruppo di emozioni/stati d'animo positivi crescenti; per il secondo gruppo di emozioni (negative) ha registrato il minor valore la *var1* mentre il peggior valore, media più alta, è stato ottenuto per la *var2*. In quest'ultimo caso è ragionevole ritenere che la spettacolarità dell'allestimento della sala virtuale possa aver negativamente inciso sulla sua esperienza considerato il rischio per il soggetto di perdere riferimenti spaziali, supposizione parzialmente confermata da una sezione distinta del questionario dedicata per l'appunto alla sola valutazione dell'esperienza dell'ambiente virtuale, indipendentemente dal suo contenuto.

La successiva sezione, articolata a sua volta in due sotto-sezioni relative ad aspetti percettivi e di interpretazione, ha richiesto ai soggetti di esprimere il proprio grado di accordo (scala likert 0-4; completamente in disaccordo – completamente d'accordo) con affermazioni relative al gradimento estetico del Sarcofago degli Sposi e significati che è possibile attribuirgli.

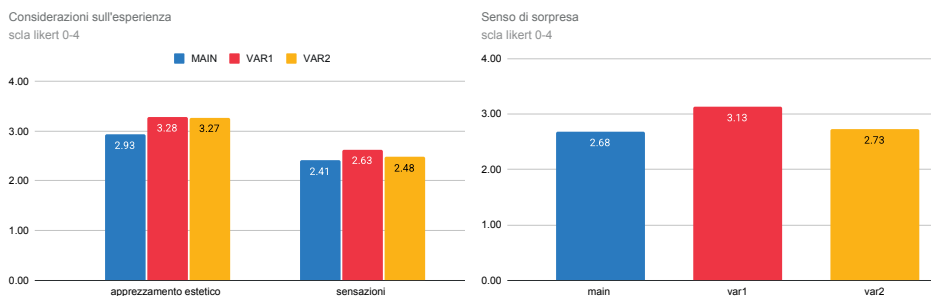


Fig. 12a. Considerazioni sull'esperienza, scala likert 0-4; ETRU VR luglio 2024

Fig. 12b. Senso di sorpresa, scala likert 0-4; ETRU VR luglio 2024

Una prima analisi degli aspetti percettivi, indipendente dalla variante proposta, ha restituito un'impressione positiva del campione che si è detto capace di contemplare il manufatto e positivamente colpita dalle scelte di allestimento; le sensazioni dichiarate sono anch'esse positive, con un picco sulla sorpresa.

Ripetendo poi l'analisi per ciascuna variante attribuita, i valori dei due gruppi di affermazioni godimento estetico/sensazioni si attestano su valori simili, pur con una lievissima preferenza per la *var1* in ambedue le categorie. Il risultato può essere indice dell'equilibrio raggiunto nel design della *var1* dove la relativa semplicità della soluzione implementata ha migliorato il gradimento e efficacemente prodotto sorpresa (considerato singolarmente il senso di sorpresa è stato massimo in *var1* [3.13] rispetto a *main* [2.68] e *var2* [2.73]), senza disturbare il soggetto. Confrontando i risultati con quanto ottenuto dalle sessioni sperimentali in museo di ottobre e novembre 2024, è ipotizzabile che l'inserimento del solo pannello sia stato capace di preservare una *feel* museale, che pare indurre uno stato di anticipazione rispetto a qualcosa che - *perché musealizzato* - merita d'essere apprezzato.

La sezione dedicata all'interpretazione del manufatto ha richiesto ai partecipanti (scelta multipla) di indicare rispettivamente cosa rappresentasse il sarcofago e quale potesse esserne il significato, includendo tra le opzioni tanto aspetti materiali quanto concettuali. Come prevedibile, la stragrande maggioranza del campione [53; 83.8%] ha risposto che il sarcofago rappresentava una coppia di sposi. In termini di idea o concetto rappresentato dal manufatto, le due opzioni a riscuotere maggior consenso sono state "*vita*" e "*serenità*" [16; 23.5%]; non è stato possibile evidenziare differenze di rilievo sulla base della variante proposta. Si tenga a mente che in questa esperienza, indipendentemente dalla variante, ai partecipanti non è stata fornita alcuna guida sotto forma di narrazioni scritte o audio; il soggetto poteva quindi contare solamente sulle proprie impressioni e la propria osservazione.

Relativamente alle riflessioni generali suscitate dall'esperienza [Fig. 13], ai partecipanti è stato richiesto di valutare il proprio grado di accordo (scala likert 0-4; completamente in disaccordo - completamente d'accordo) relativamente ad alcune possibili riflessioni davanti al sarcofago. A uno sguardo generale, le opzioni a riscuotere maggior successo

Osservando il sarcofago ho pensato...

scala likert 0-4

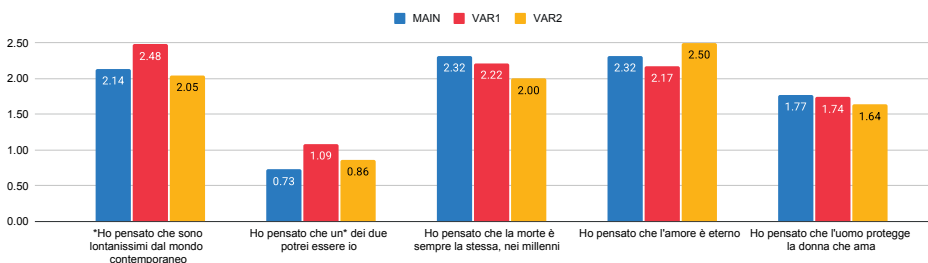


Fig. 13. Riflessioni durante l'osservazione del sarcofago, ETRU VR luglio 2024

\*Il valore è stato invertito perché a punteggio più alto corrispondesse senso di vicinanza

Indice di immedesimazione

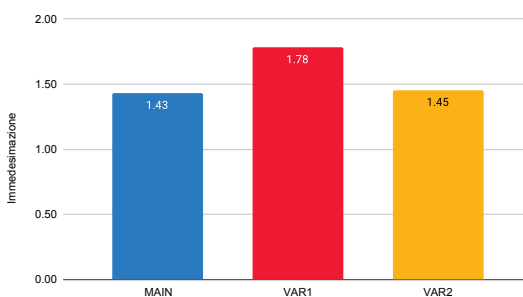


Fig. 14. Indice di immedesimazione, media dei punteggi attribuiti a "Ho pensato che sono lontanissimi dal mondo contemporaneo"\* e "Ho pensato che un\* dei due potrei essere io". ETRU VR luglio 2024

\*Il valore è stato invertito perché a punteggio più alto corrispondesse senso di vicinanza

sono state: "ho pensato che l'amore è eterno" per la var2 (media più alta tra le opzioni, distinguendo per variante), immediatamente seguita da "ho pensato che sono (gli sposi) molto lontani dal mondo contemporaneo", avendo cura di invertire il valore di quest'ultimo per ottenere, al contrario, un valore positivo a cui corrisponda una sensazione di vicinanza, quindi potenzialmente indice di immedesimazione.

Concentrandosi dunque sull'aspetto dell'immedesimazione, è stata condotta un'ulteriore analisi mediando ancora i valori ottenuti per le opzioni sopracitate, al fine di valutare quale delle varianti avesse prodotto un maggior effetto in tal senso [Fig. 14]. Il risultato ha mostrato una discreta superiorità della var1 [1.78] rispetto alle varianti main [1.43] e var2 [1.45].

Secondo quest'ulteriore calcolo è quindi la var1 a offrire la prestazione migliore, rispetto alla var2 che era stata appositamente disegnata, calotta blu notte punteggiata di luci, illuminazione d'accento sul manufatto e una generale quasi assente, per suscitare un senso di immersione, di contemplazione ma anche di immedesimazione in un senso di serenità. Il risultato è ulteriormente confermato isolando l'opzione "La scenografia mi ha coinvolto" e calcolandone le medie per le tre varianti [main, 2.77; var1, 3.39; var2, 3.27].

Fra le ipotesi, quella non verificata da cui è scaturita la proposta per la *var2* era che in un ambiente dai confini sfumati, indefiniti e apparentemente infiniti, l'accento sul solo manufatto potesse indurre una maggior risonanza emotiva con il sarcofago, un *tête-à-tête* in cui ogni altro stimolo cade e il soggetto ha occasione di avvicinarsi intimamente al patrimonio, conoscerlo e appropriarsene. Si ritiene che il risultato insoddisfacente, come accennato qualche paragrafo addietro, si debba dell'eccessiva stimolazione – senza guardare a una valenza positiva o negativa – della *var2* dove, invece, la *var1* ha rappresentato una soluzione semplice ed equilibrata (e più tradizionalmente *museale*) che ha permesso di godere del manufatto senza la sopraffazione della scenografia.

### MUSEO ETRU e Necropoli della Banditaccia di CERVETERI, novembre 2024

	gruppo MUS (sequenza ETRU-Cerveteri)	gruppo CER (sequenza Cerveteri-ETRU)
<b>ETRU (4 nov. 2024)</b>	13	-
<b>CERVETERI (11 nov. 2024)</b>	12 (-1)	15
<b>ETRU (18 nov. 2024)</b>	-	14 (-1)
<b>Acquisizioni complete</b>	12	14

Tab. 10. Campione Museo ETRU e Necropoli della Banditaccia, novembre 2024

Due soggetti, uno per ciascun gruppo, non hanno partecipato alla seconda sessione di misura, portando a 26 acquisizioni complete

Il campione di soggetti che ha preso parte nelle tre sessioni di misurazioni a novembre 2024 nel pilot ETRU/CERVETERI è composto da un totale di 28 partecipanti, di cui 26 hanno preso parte alle misurazioni in ambedue i siti: Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia e Necropoli della Banditaccia – Cerveteri.

Ai partecipanti è stato somministrato, con lo stesso modello impiegato per il pilot ETRU VR a luglio 2024, un questionario pre- e post-misurazione; di questi, il primo è stato riproposto identico, si riporta qui in tabella 11 parte del contenuto della tabella 8.

<b>Abitudine alla visita di musei archeologici</b>	— scelta multipla
<b>Considerazioni su cultura e stile di vita etruschi</b>	— scala likert (1-10; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)
<b>"non ricordo nulla di particolare sugli etruschi"</b>	— vero / falso

Tab. 11. Struttura questionario pre-esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

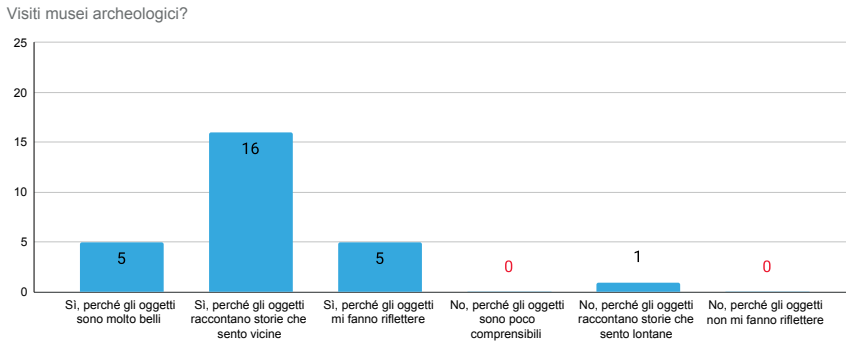


Fig. 15. Abitudini di visita ai musei archeologici; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

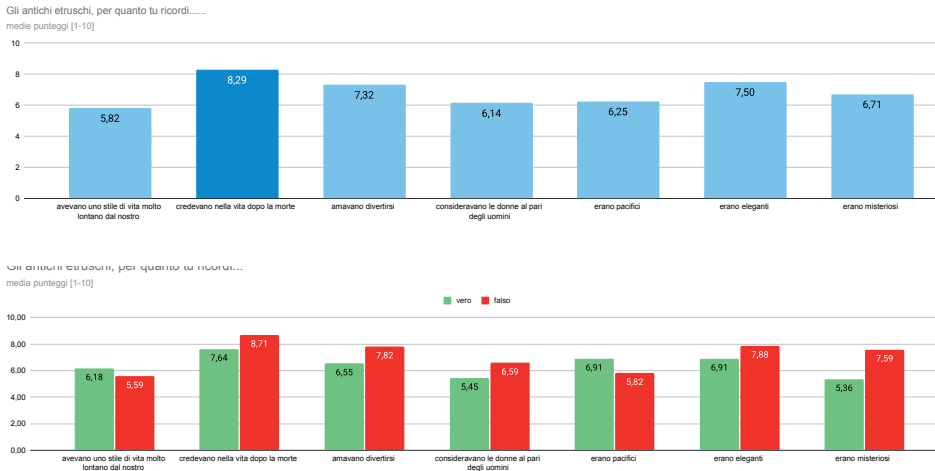


Fig. 16a, 16b. Considerazioni su cultura e stile di vita etruschi; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Dall'analisi di questa prima sezione risulta che il campione sia avvezzo alla visita di musei archeologici adducendo come motivazione la presenza di oggetti che raccontano storie che sentono vicine [16; 57%]. Un solo soggetto dichiara di non visitarne indicando "gli oggetti raccontano storie che sento lontane". Le opzioni relative alle difficoltà di comprensione delle collezioni o la loro incapacità di suscitare riflessione non sono mai state selezionate, suggerendo che dal campione il patrimonio sia compreso e inteso come portatore di valore e significato, indipendentemente dalla percezione di vicinanza. Allo stesso modo, il numero contenuto di selezioni [5; 17.9%] registrato per l'opzione "Si [visito i musei archeologici] perché gli oggetti sono belli", è indice di un ruolo marginale della ricerca dell'esperienza estetica nell'incontro col patrimonio archeologico.

Una nota a proposito del risultato dell'opzione più selezionata, il campione di partecipanti è stato reclutato tra componenti dei comitati CRI di Città metropolitana di Roma, motivo per cui è ragionevole attendere un più marcato senso di identità e vicinanza al patrimonio etrusco, oggetto delle sessioni di sperimentazione.

Al punto successivo, ai partecipanti è stato chiesto di esprimere il proprio grado di accordo (scala likert 1-10; completamente in disaccordo – completamente d'accordo) relativamente ad alcune affermazioni inerenti lo stile di vita e la cultura etruschi, mentre una successiva domanda chiedeva esplicitamente se ricordassero qualcosa in particolare a loro proposito. Il risultato di questa sezione non ha permesso di stabilire chiaramente se e con quali convinzioni o preconcetti i partecipanti abbiano approcciato le sessioni sperimentali: per tutte le opzioni le medie dei punteggi si attestano su un valore di  $[6.7 \pm 0.84]$  in una fascia medio-alta da cui traspare cautela nell'esprimere una posizione. Unica affermazione a far eccezione a quanto detto, è la credenza in un aldilà da parte degli etruschi  $[8.29/10]$  che pare essere largamente condivisa dal campione [Fig. 16a].

Nell'elaborazione di questi dati, si è rilevato che coloro che dichiaravano di non ricordare nulla di particolare a proposito degli etruschi si sono generalmente espressi con più cautela, con punteggi mediamente inferiori  $[6.4/10]$ , rispetto alla controparte che sosteneva di ricordare qualcosa in particolare  $[7.1/10]$  [Fig. 16b].

Il pilot, che riunisce le sessioni del museo ETRU e della Necropoli della Banditaccia, era mirato all'analisi delle differenze di approccio al patrimonio, puntando sul doppio contrasto tra le due esperienze: la contrapposizione di un originale e di una sua copia, lontano il primo dal suo contesto originale (pur in qualche modo reso dalla collezione esposta nelle sale attigue) mentre la seconda, la copia, nel sito del ritrovamento. Per ciascun sito è stato costruito un commento audio, similmente a quanto fatto per le sessioni di gennaio e luglio 2024 al Museo Egizio. Per il Museo ETRU la narrazione è stata costruita sulla descrizione del manufatto e la particolarità della scena ritratta e l'apparente parità tra le figure degli sposi come invito ad un'attualizzazione del contenuto. Puntando, invece, sulla relazione con il contesto della necropoli e la sua storia, il commento proposto a Cerveteri ha approfondito dettagli della scoperta del sarcofago, la sua funzione e la ricomposizione dei frammenti in cui è stato ritrovato. Nello stesso tempo, proprio in considerazione della localizzazione all'interno della necropoli, si è voluta sollecitare una riflessione sulla morte e sull'atteggiamento nei suoi confronti.

Come si confrontano il fascino dell'originale musealizzato e la copia vissuta nel suo contesto originale?

A questa domanda, cardine delle due sessioni di misurazione in museo e a Cerveteri, si è tentato di dare risposta anche attraverso il questionario post-esperienza, così strutturato:

<p><b>Approccio emotivo e cognitivo al patrimonio/arte</b> <i>(come espressione di accordo a una lista di affermazioni)</i></p>	<p>— scala likert (1-7; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)</p>
<p><b>Self-assessment dello stato emotivo e coinvolgimento cognitivo</b></p>	<p>— scala likert (1-4; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)</p>
<p><b>Impressioni generali / finali</b> <i>(articolato in due sotto-sezioni relative agli aspetti percettivi e di interpretazione)</i></p>	<p>— scelta multipla — scala likert (1-4; completamente in disaccordo - completamente d'accordo)</p>
<p><b>Elementi di riflessione</b></p>	<p>— risposta aperta</p>

Tab. 12. Struttura questionario post-esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Come nella precedente esperienza del pilot ETRU VR, la prima sezione del questionario post-misurazione chiedeva ai partecipanti di esprimere il proprio grado di accordo (scala likert 1-7; completamente in disaccordo – completamente d'accordo) con alcune affermazioni, funzionali a comprendere le modalità con cui approcciano, cognitivamente ed emozionalmente, il patrimonio (si veda il paragrafo ETRU VR per una sintesi delle affermazioni proposte). Per l'analisi delle risposte a questa sezione, e poi di altre successive, si è scelto di procedere dapprima isolando il contesto (e analizzando quindi le risposte di ambo i gruppi MUS e CER al museo e poi nella necropoli) e successivamente per esposizione (gruppo MUS al museo e gruppo CER nella necropoli, dunque gruppo MUS nella necropoli e gruppo CER al museo).

L'analisi in base al contesto [Fig. 17a], tenendo in considerazione l'effetto prodotto dalla visione dell'originale/copia, ha mostrato valori di engagement emotivo e cognitivo lievemente superiori a quelli incontrati per la stessa analisi nella necropoli. L'ipotesi che spiegherebbe un risultato di questo tipo è di anticipazione e/o aspettativa ingenerata dall'ambiente museo, che comanda attenzione ed è garanzia di valore di ciò che custodisce. Prendendo invece come parametro di valutazione l'ordine in cui sono stati visitati i due siti [Fig. 17b], lo scostamento tra i risultati è stato irrisorio, con una lievissima flessione alla seconda esperienza. Commentando il risultato, la flessione era prevedibile considerata una naturale riduzione della risposta (perlomeno quella emotiva) di fronte alla ripetizione dello stimolo (ovvero un'esposizione ripetuta al sarcofago, in copia o in originale, quando visto per la seconda volta); ad ogni modo, l'entità risibile della riduzione prova l'efficacia dello strumento narrativo nel sostenere l'efficacia dell'esperienza culturale.

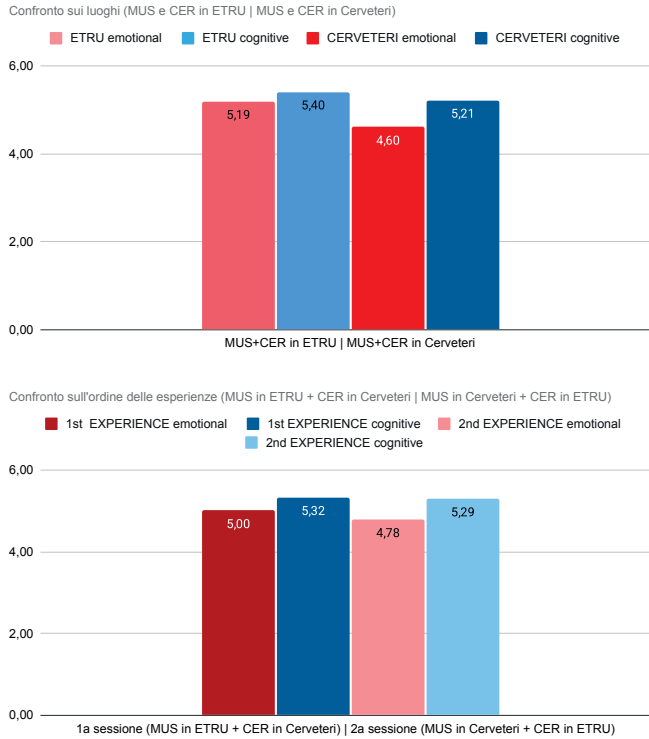


Fig. 17a. Modalità soggettive di approccio emotivo e cognitivo all'esperienza culturale - luogo esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Fig. 17b. Modalità soggettive di approccio emotivo e cognitivo all'esperienza culturale - ordine esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

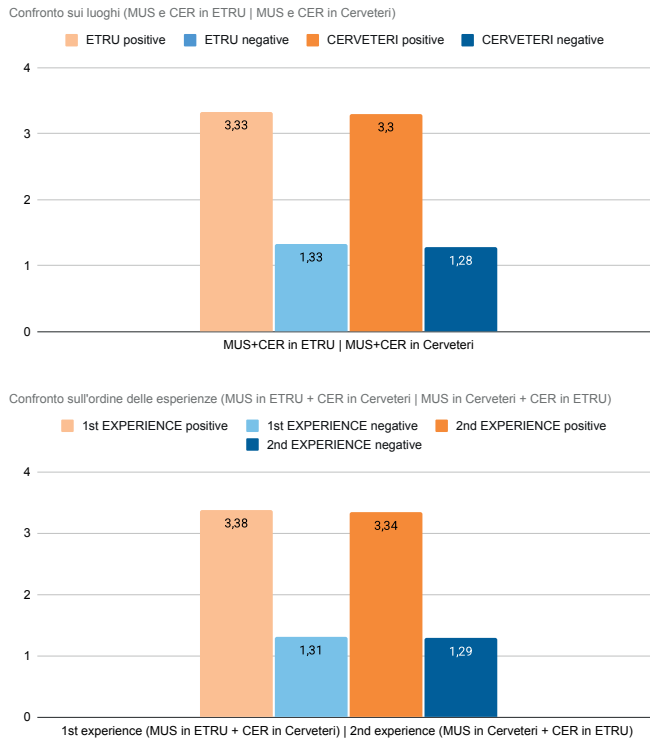


Fig. 18a. Auto-valutazione dello stato emotivo post-esperienza - luogo esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Fig. 18b. Auto-valutazione dello stato emotivo post-esperienza - ordine esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Passando dunque alla sezione deputata all'auto-valutazione dello stato emotivo, anche in queste sessioni (come nelle precedenti), isolare e analizzare i valori riportati per singole emozioni non produce risultati significativi. Si ripete dunque un'osservazione di carattere generale per cui la risposta del campione all'esperienza è nettamente positiva, con una media delle valutazioni al cluster di emozioni positive sempre al di sopra di [3.3/4], tanto elaborando le risposte per luogo quanto per esperienza [Fig. 18a, 18b]. Si rinnovano dunque le considerazioni già fatte per i pilot precedentemente descritti relativamente alle difficoltà derivanti dalla corposa lista della scala di valutazione.

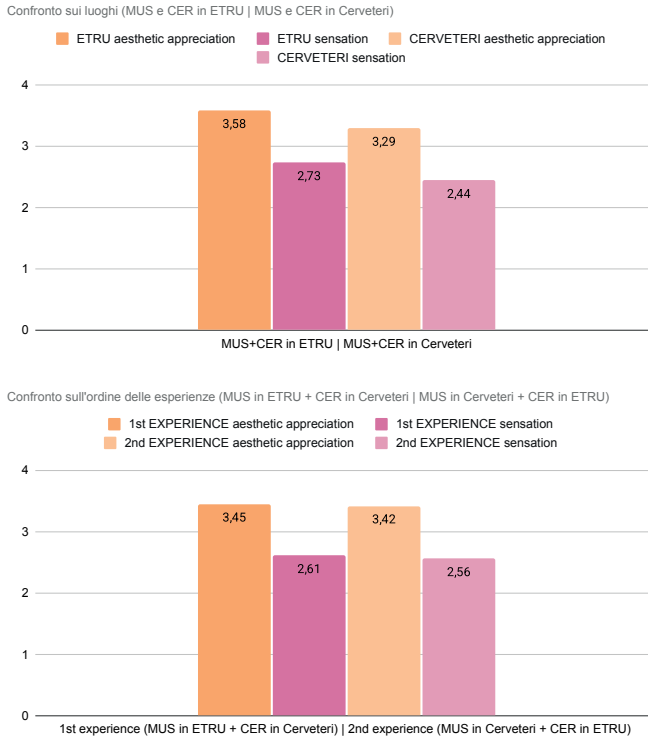


Fig. 19a. Considerazioni sull'esperienza, apprezzamento estetico e sensazioni - luogo esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Fig. 19b. Considerazioni sull'esperienza, apprezzamento estetico e sensazioni - ordine esperienza; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

La successiva sezione relativa a considerazioni sull'esperienza, chiedeva ai partecipanti di valutarne aspetti percettivi (in termini di apprezzamento estetico e sensazioni soggettive durante l'osservazione) e di interpretazione, come già previsto nelle precedenti sessioni. Nel primo caso, il questionario chiedeva ai partecipanti di esprimere il proprio grado di accordo con scale likert 0-4, in alternativa un sistema di giudizi (*per nulla d'accordo-totamente d'accordo*) poi convertito in scala numerica. Dal confronto dei risultati per luogo, non tenendo quindi conto della ripetuta esposizione al manufatto, l'esperienza del reperto originale all'ETRU è stata valutata più positivamente sia in termini di apprezzamento estetico sia di sensazioni personali. Pur sempre riconoscendo il limite dimensionale del campione, dunque della ridottissima entità degli scarti su cui poggiano queste riflessioni, si può ipotizzare come già anticipato un ruolo del museo nel suscitare aspettativa, attesa della visione di qualcosa cui si riconosce valore perché musealizzata, uno stato mentale che il sito archeologico, stranamente, non pare essere in grado di indurre con altrettanta efficacia. Allo stesso modo, è possibile ipotizzare una maggior efficacia del taglio narrativo del commento proposto nel museo ETRU, i cui contenuti hanno suscitato una risposta emotivo-empatica superiore al taglio più didascalico che caratterizzava la narrazione nel-

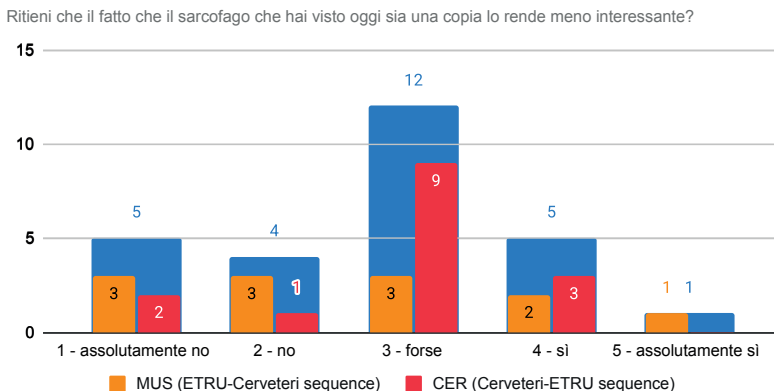


Fig. 20. Effetto della consapevolezza della copia; Cerveteri, novembre 2024

la Necropoli della Banditaccia. Come nella sezione precedente, l'analisi è stata ripetuta prendendo in considerazione l'ordine in cui veniva vissuta l'esperienza; anche in questo caso la differenza riscontrata è stata minimale tra la prima e la seconda visione, sostenendo l'ipotesi che la narrazione abbia avuto un ruolo significativo nel contenere la decrescita della tendenza all'approccio e apprezzamento del sarcofago, decrescita che si attendeva decisamente più marcata per la seconda esperienza di ciascun gruppo, che fosse all'ETRU o alla Banditaccia.

Il risultato di questo blocco è stato successivamente preso in esame e comparato alle risposte fornite alla domanda, presente solo nel questionario post-esperienza proposto a Cerveteri, "Ritieni che il fatto che sia una copia renda il sarcofago che hai visto oggi meno interessante?". Per formulazione, un basso punteggio significa disaccordo, e le medie [MUS 2.11/5; CER 1.86/5] dei risultati lo confermano [Fig. 20]. Benché il picco assoluto delle risposte sia comunque stato registrato sulla neutralità del 3 - *forse*, la media lievemente superiore per il campione MUS è facilmente imputabile alla percezione per contrasto avendo visto l'originale la settimana precedente. Circoscrivendo l'analisi agli estremi della scala, il risultato è comunque positivo con un solo soggetto (appartenente al gruppo MUS) che ha dichiarato che *assolutamente si*, il fatto che si trattasse di una copia ha reso il manufatto meno interessante. È quindi ragionevole supporre che lo strumento narrativo, e la messa in relazione al contesto operata attraverso questo sia stata efficace nel contenere gli effetti di deprezzamento dell'oggetto esposto.

Lo stesso questionario post-Cerveteri conteneva una domanda relativa all'aspetto che più aveva colpito il soggetto se il fatto che si trattasse di una copia, che un manufatto di tale importanza fosse stato scoperto nella necropoli o ancora il grande numero di frammenti in cui è stato ritrovato. Anche nei risultati delle risposte a questa domanda, coerentemente con la precedente, si legge un moderato disinteresse nei confronti dell'*essere copia* del manufatto a Cerveteri; gli stessi risultati provano l'efficacia della narrazione per cui anche il gruppo MUS, che nonostante avesse visto una settimana prima l'oggetto originale, si è

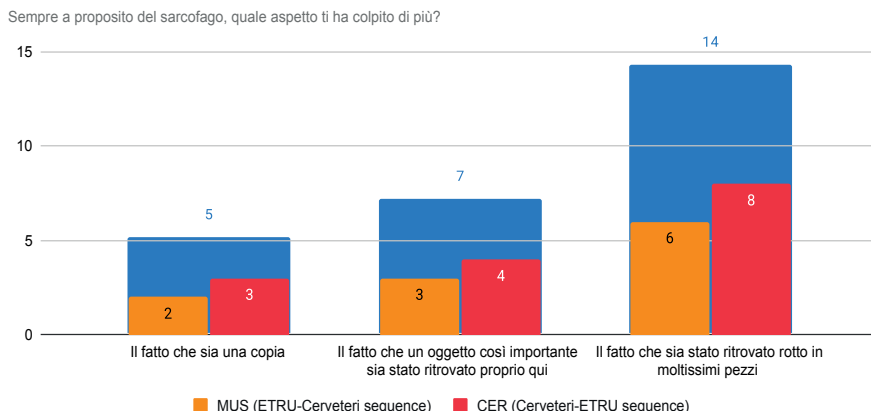


Fig. 21. Effetto della consapevolezza della copia; Cerveteri, novembre 2024

detto più colpito dagli aspetti del ritrovamento, citati nel commento audio proposto. Riprendendo il set di scene e concetti proposti nel pilot ETRU VR per l'interpretazione del sarcofago, ai partecipanti è stato chiesto cosa, secondo loro, rappresentasse il manufatto. Con un risultato tendente all'unanimità, il campione ha ritenuto che il sarcofago rappresenti una coppia di sposi. Per ciò che riguarda, invece, il concetto rappresentato, il risultato migliore è stato ottenuto dall'opzione "serenità", seguita da "un abbraccio", "pace" e "vita" pur con punteggi decisamente inferiori.

La domanda successiva, mirata a verificare l'efficacia delle narrazioni proposte, chiedeva ai partecipanti di valutare il proprio grado di accordo con alcune affermazioni relative a possibili riflessioni suscitate dall'esperienza. Il picco assoluto è stato registrato per l'affermazione "[mentre osservavo] ho pensato che l'uomo protegge la donna che ama" registrato per il gruppo MUS durante esperienza all'ETRU, a Cerveteri invece – complice forse il contesto, l'opzione ad aver riscosso maggior successo è stata "[mentre osservavo] ho pensato che la morte è sempre la stessa, nei millenni".

Sebbene non incluse tra le riflessioni più suscitate secondo le risposte del campione, le opzioni "[mentre osservavo] ho pensato che sono [gli sposi] lontanissimi dal mondo contemporaneo" e "[mentre osservavo] ho pensato che potrei essere uno di loro" sono state isolate per tentare di unirle in un solo parametro da prendersi come indice di immedesimazione.

"Ho pensato che sono lontanissimi dal mondo contemporaneo"	ETRU	Cerveteri
MUS	1.23	2.16
CER	1.78	1.14

Tab. 13. Risultati medi per "[mentre osservavo] ho pensato che sono [gli sposi] lontanissimi dal mondo contemporaneo; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Dai valori riportati in [Tab. 13], e considerando che per formulazione a un valore più basso corrisponde una minor distanza percepita, dunque maggior empatia e immedesimazione, si nota come si sia registrata la minor empatia per il gruppo MUS durante l'esperienza a Cerveteri, con la sovrapposizione degli effetti di un'esposizione ripetuta e del contrasto tra la narrazione più emozionale dell'ETRU e quella dal taglio più didascalico a Cerveteri. Al contrario, per il gruppo CER sembra migliore il risultato dell'esperienza nella necropoli, bilanciando quando riscontrato per la controparte. Resta da dire che la più marcata differenza tra i risultati delle esperienze osservata per il campione MUS consentirebbe di sostenere l'effetto della narrazione, impuntando il risultato del campione CER all'ETRU all'effetto dell'esposizione ripetuta.

<i>"Ho pensato che potrei essere uno di loro"</i>	<b>ETRU</b>	<b>Cerveteri</b>
<b>MUS</b>	2.46	1.67
<b>CER</b>	1.91	1.78

Tab. 14. Risultati medi per "[mentre osservavo] ho pensato che sono potrei essere uno di loro; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Leggendo i risultati riportati in [Tab. 14] come maggior immedesimazione in uno degli sposi, si trova un'ulteriore conferma di quanto sostenuto per la narrazione emotiva poco sopra, supportando l'ipotesi iniziali sulle capacità di indurre una risposta personale, emotiva ed empatica sui partecipanti.

	<b>ETRU</b>	<b>Cerveteri</b>
<b>MUS</b>	2.56	1.67
<b>CER</b>	2.07	2.32

Tab. 15. Indice di immedesimazione; ETRU - Cerveteri, novembre 2024

Il risultato è stato condensato in un *indice di immedesimazione* [Tab. 15] mediando i risultati; in ragione della sua formulazione, la media della prima affermazione è stata dapprima ricalcolata invertendo la scala likert, per poi mediarla coerentemente alla valenza della seconda affermazione. In generale, quest'ultimo passaggio conferma la riduzione dell'immedesimazione nel caso di esposizione ripetuta; in ogni modo lo scarto contenuto già osservabile per il campione CER per ambedue le affermazioni, sostiene l'ipotesi che la narrazione emotiva abbia contribuito a contenere l'effetto della ripetizione.



## IL MUSEO COME ESPERIENZA EMOTIVA CONTRIBUTI DELLA REALTÀ VIRTUALE E DELLA BIOMETRIA AL DESIGN ESPOSITIVO

---

Francesco Strada e Andrea Bottino

### Introduzione

Il patrimonio culturale svolge un ruolo determinante nella costruzione dell'identità individuale, nella promozione dell'inclusione sociale e nel miglioramento del benessere collettivo. Il suo valore, tuttavia, non si esaurisce nella conservazione materiale dei manufatti: esso risiede anche – e soprattutto – nella dimensione esperienziale e trasformativa che offre ai visitatori. Tale esperienza è definita non solo dai contenuti esposti, ma anche, in maniera decisiva, dal grado di coinvolgimento emotivo che il pubblico riesce a sviluppare. L'attivazione di una dimensione affettiva permette infatti di passare dalla semplice osservazione passiva a una partecipazione personale, favorendo la costruzione di legami significativi con le narrazioni culturali e consentendo ai visitatori di interiorizzarle come parte dei propri valori e della propria memoria [Alelis et al. 2013; Bedigan 2016].

La componente emotiva dell'esperienza museale è strettamente legata alle modalità di progettazione e presentazione delle esposizioni. Se è vero che la funzione primaria del design espositivo è stata a lungo ricondotta a esigenze logistiche o conservative – quali la visibilità e la protezione degli oggetti – risulta ormai evidente che gli aspetti spaziali ed estetici non sono affatto neutrali. Al contrario, gli ambienti in cui si realizzano gli incontri con il patrimonio trasmettono significati, stimolano risposte emotive e condizionano i processi di apprendimento. Elementi come l'illuminazione, l'organizzazione dello spazio, la disposizione dei manufatti e l'atmosfera complessiva contribuiscono in maniera determinante a plasmare tanto la dimensione emotiva quanto quella cognitiva dell'esperienza museale [Canepa 2022; Minucciani, Onay 2022; Minucciani 2021].

A partire dagli anni Novanta, l'importanza delle emozioni nei processi culturali e cognitivi è stata rivalutata, soprattutto a seguito del cosiddetto *affective turn* nelle scienze umane. Tale svolta ha segnato l'abbandono di una concezione delle emozioni come fenomeni irrazionali o scientificamente poco affidabili, aprendo la strada a un loro riconoscimento come fattori centrali nei processi di attribuzione di significato e come oggetto di indagini empiriche sistematiche [Scherer and Ekman 2014; Ticineto Clough and Halley 2007]. In questo contesto si colloca il contributo della neuroestetica, che studia i processi cerebrali alla base della percezione e della risposta estetica. Le ricerche in questo campo hanno dimostrato come

stimoli visivi e artistici esteticamente gratificanti attivano aree del cervello legate all'emozione, al sistema della ricompensa e alla memoria [ArteMagazine 2022]. Guardare un'opera d'arte particolarmente suggestiva, ad esempio, può stimolare i circuiti della ricompensa, generando soddisfazione ed effetti positivi sulla capacità di ricordare [Savino 2020].

Già negli anni Settanta l'architetto tedesco Manfred Lehbruck aveva evidenziato la connessione tra disposizioni spaziali e risposte motorie, sottolineando come la dimensione inconscia ricevesse scarsa attenzione nei musei, pur costituendo un aspetto essenziale dell'esperienza [Lehbruck 1974]. Più recentemente, Maria Clara Ruggieri ha approfondito le modalità con cui i visitatori reagiscono agli stimoli espositivi, sottolineando come ogni allestimento costituisca una forma di comunicazione. Le sue riflessioni hanno posto l'accento sull'impatto che modalità, toni e atmosfere espositive esercitano effettivamente sul pubblico, al di là delle intenzioni dei progettisti [Ruggieri Tricoli 1998; 2000]. A loro volta, le riflessioni di Barry Lord hanno contribuito a ridefinire l'apprendimento museale, inteso non tanto come un processo cognitivo strutturato, quanto come un'esperienza informale, volontaria ed eminentemente emotiva, nella quale il ruolo delle emozioni deve essere pienamente riconosciuto [King and Lord 2015].

Questi diversi approcci teorici convergono nel sostenere l'idea che l'ambiente museale, e in particolare il suo design, costituisca un fattore decisivo di coinvolgimento e di efficacia formativa. In questa prospettiva, il design espositivo si configura come una vera e propria interfaccia cognitivo-affettiva. La disposizione spaziale, la collocazione e la presentazione dei manufatti, l'uso della luce e la costruzione della narrazione influenzano non solo i percorsi di visita, ma anche l'attenzione, la risonanza emotiva e la comprensione dei contenuti culturali. A parità di informazioni trasmesse, differenti configurazioni spaziali e sensoriali possono condurre a risultati di apprendimento profondamente diversi. Ambienti accuratamente progettati possono orientare l'attenzione e innescare momenti di forte significato emotivo, rafforzando così sia la memoria che i processi di costruzione del significato. In questo senso, un design emotivamente coinvolgente svolge anche un ruolo cruciale per l'accessibilità e l'inclusione: a differenza del coinvolgimento cognitivo, che spesso dipende dalle conoscenze pregresse o dal livello di istruzione, il coinvolgimento emotivo ha carattere universale, e consente a pubblici diversi di stabilire connessioni personali e significative con i contenuti.

Tuttavia, tradurre queste intuizioni teoriche in pratiche progettuali concrete rimane una sfida considerevole. Infatti, la sperimentazione di soluzioni alternative in spazi reali comporta costi elevati, lunghi tempi di implementazione e la necessità di condurre ricerche approfondite sui visitatori, tutte risorse che molte istituzioni, in particolare quelle più piccole, non possono facilmente sostenere. In questo contesto, la Realtà Virtuale (VR) si presenta come una risorsa particolarmente efficace. Essa consente infatti ai curatori e ai progettisti di simulare e testare rapidamente diverse soluzioni spaziali, condizioni di illuminazione e atmosfere, senza modificare fisicamente lo spazio museale. L'accesso immersivo tramite visori per la VR permette di vivere queste configurazioni in prima persona, offrendo una comprensione immediata dell'impatto che diverse scelte progettuali possono avere sulla percezione del visitatore.

Il contributo che la VR può apportare allo studio del coinvolgimento emotivo è ancora più significativo. Sebbene sia tecnicamente possibile raccogliere dati fisiologici e comporta-

mentali in qualsiasi contesto, questi assumono tutta la loro importanza per il design museale solo se le risposte emotive osservate sono paragonabili a quelle evocate da ambienti reali. La capacità della VR di generare un forte senso di presenza – ovvero l'impressione psicologica di *essere lì* – diventa cruciale a questo proposito. Numerosi studi hanno infatti dimostrato che la *presenza* è un fattore determinante per l'attivazione di risposte emotive in ambienti virtuali, analoghe a quelle che emergono in contesti fisici virtuali [Somarathna et al. 2023; Marín-Morales et al. 2019]. I musei virtuali immersivi rappresentano quindi non solo strumenti preziosi per la prototipazione, ma anche contesti affidabili per analizzare le risposte affettive agli allestimenti e fornire indicazioni utili per orientare le scelte curatoriali.

Sulla base di queste premesse, il lavoro presentato in questo capitolo propone un framework metodologico che integra i principi della neuroestetica con quelli del design immersivo, con l'obiettivo di valutare in che misura le soluzioni espositive influenzano le risposte emotive. Questo framework mira a offrire alle istituzioni culturali uno strumento flessibile e scalabile per esplorare soluzioni progettuali alternative e sostenere scelte focalizzate sulla dimensione affettiva, con l'obiettivo finale di arricchire l'esperienza dei visitatori negli spazi museali reali.

A titolo di esempio, è stato sviluppato EtruVR, una ricostruzione immersiva e interattiva del Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia (ETRU) a Roma, che ospita una delle più importanti collezioni di arte e manufatti etruschi. EtruVR funge quindi da banco di prova per l'approccio metodologico proposto e rappresenta un caso concreto di applicazione della VR allo studio dell'impatto emotivo della progettazione delle esposizioni. In questo ambiente sono state simulate diverse configurazioni, variando la disposizione spaziale, l'illuminazione e l'atmosfera generale. I partecipanti hanno potuto sperimentarle in un ambiente VR progettato per garantire un alto livello di realismo e immersione attraverso (i) la massimizzazione della fedeltà visiva durante la fase di modellazione e (ii) l'utilizzo di algoritmi di rendering fotorealistico che integrano modelli di illuminazione globale in tempo reale e effetti luminosi avanzati. Al fine di rafforzare ulteriormente il senso di presenza, sono state inoltre implementate metafore di interazione naturale, consentendo ai visitatori di esplorare il museo virtuale camminando fisicamente all'interno di un'ampia area, con una corrispondenza diretta tra i movimenti del corpo e la navigazione nello spazio virtuale.

Al fine di valutare l'impatto delle diverse varianti di esposizione sul coinvolgimento emotivo, è stato adottato un protocollo *mixed method*. Durante le sessioni VR, sono stati utilizzati sensori biometrici per registrare in tempo reale le risposte fisiologiche, che sono state sincronizzate con i dati comportamentali relativi alla posizione, al movimento e alla direzione dello sguardo. È stato così possibile identificare le aree delle configurazioni espositive in grado di suscitare le reazioni emotive più intense. I dati quantitativi sono stati poi integrati da questionari post-esperienza, volti a valutare la percezione della presenza, il comfort fisico e l'impatto culturale ed emotivo di ciascuna variante di EtruVR. L'analisi congiunta dei dati quantitativi e qualitativi fornisce quindi una misura articolata del ruolo del design nella modellizzazione del coinvolgimento affettivo e, in ultima analisi, permettendo di ottenere indicazioni operative a sostegno delle decisioni curatoriali.

## Framework metodologico e applicazione sperimentale

Il framework metodologico elaborato in questo studio è stato concepito come uno strumento generale, adattabile a diversi contesti museali e a molteplici ambienti del patrimonio culturale. L'obiettivo è quello di fornire un approccio sistematico per analizzare come le scelte spaziali, visive e narrative possano influenzare il coinvolgimento emotivo dei visitatori. L'implementazione descritta nel seguito si basa su EtruVR, una replica virtuale ad alta fedeltà del Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia, utilizzata come caso di studio dimostrativo delle potenzialità più ampie del framework.

La metodologia si articola in quattro fasi sequenziali e interdipendenti:

1. *Analisi spaziale e identificazione dei punti critici.* In una prima fase il layout museale viene analizzato in modo approfondito per identificare gli aspetti spaziali, percettivi e narrativi che possono influenzare l'esperienza. Nonostante il messaggio culturale da trasmettere rimanga l'elemento centrale, soluzioni espositive non perfettamente calibrate possono veicolare messaggi diversi da quelli intenzionali. Da qui la necessità di un confronto diretto con curatori ed esperti, utile per identificare i punti critici lungo il percorso di visita (ad esempio, soglie di transizione, oggetti focali, interruzioni narrative, raggruppamenti tematici) e i fattori legati alla configurazione spaziale (ad esempio, elementi architettonici, sequenze spaziali, linee di visibilità, posizione degli oggetti, illuminazione, materiali).
2. *Elaborazione di alternative progettuali.* Sulla base dei punti critici evidenziati, vengono elaborate diverse soluzioni alternative, che si concentrano su componenti specifiche del design espositivo (controllo visivo e luminoso, atmosfera ambientale, stimoli emotivi). Tra le alternative individuate, quelle ritenute più promettenti vengono selezionate per una successiva fase di test comparativo.
3. *Ricostruzione virtuale e implementazione.* Durante questa fase viene realizzata una replica virtuale fotorealistica delle aree museali interessate, che funge da piattaforma sperimentale per la verifica delle varianti selezionate. La modellazione è guidata da due priorità: garantire un elevato livello di immersione percettiva e assicurare un forte senso di presenza, condizioni essenziali per suscitare risposte emotive paragonabili a quelle generate in contesti reali.
4. *Valutazione multimodale.* L'ultima fase consiste nel valutare le varianti espositive attraverso sessioni immersive in VR, durante le quali le reazioni dei partecipanti vengono monitorate tramite una combinazione di sensori biometrici (EDA, EEG), monitoraggio comportamentale (posizione e direzione dello sguardo) e questionari post-esperienza. Questo approccio multilivello consente un'analisi dettagliata dei diversi fattori che influenzano l'attivazione emotiva, l'attenzione, il coinvolgimento cognitivo e l'interpretazione simbolica.

## Il Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia (ETRU)

Il Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma è situato in una villa rinascimentale costruita tra il 1550 e il 1555 su richiesta di Papa Giulio III. Nei secoli successivi l'edificio ha avuto diversi utilizzi – ospedale, scuola veterinaria, deposito militare – prima di diventare sede del Museo Nazionale Etrusco nel 1889. Negli anni '50 è stata realizzata un'importante ristrutturazione ad opera dell'architetto Franco Minissi, che ha introdotto un percorso espositivo unificato, completato nel 1960.

Elemento centrale del progetto è la presentazione del Sarcofago degli Sposi, rinvenuto a Cerveteri, esposto in una sala ottagonale illuminata da un lucernario centrale. La disposizione attuale consente una visione diretta dell'oggetto fin dall'inizio del corridoio d'ingresso, grazie a una serie di aperture allineate (*enfilade*). Se da una parte questa soluzione rafforza l'anticipazione, attenua tuttavia l'effetto sorpresa e riduce l'impatto emotivo dell'incontro finale. Inoltre, la ricchezza degli oggetti esposti lungo il corridoio genera un sovraccarico visivo e cognitivo che rischia di distrarre il visitatore, compromettendo così la centralità narrativa del sarcofago, generalmente considerato il capolavoro della collezione.

In accordo con i curatori, la soglia tra il corridoio principale e la sala del sarcofago è stata quindi identificata come un punto critico, considerato un nodo essenziale per un possibile intervento. Il progetto sperimentale si è concentrato su questo nodo, con l'obiettivo di esplorare possibili alternative in grado di rafforzare l'impatto emotivo e simbolico dell'opera.

Sono state quindi definite quattro variabili chiave per lo sviluppo di scenari espositivi alternativi:

- Sorpresa: introdurre un elemento che impedisca la visione immediata del sarcofago, creando così un momento di scoperta inaspettata.
- Illuminazione: ridefinire lo schema luminoso con accenti mirati su manufatti ed elementi spaziali selezionati.
- Atmosfera: evocare, in una forma reinterpretata, l'ambiente funerario originale, creando un contesto immersivo coerente.
- Coinvolgimento emotivo e riflessione: integrare elementi testuali, visivi o sonori che stimolino la riflessione e la connessione personale con l'opera.

La combinazione sistematica di queste variabili ha dato origine a una matrice di progettazione che comprende 27 scenari potenziali. Al fine di garantire la validità del confronto, in ogni test è stata modificata una sola variabile alla volta, in modo da poter attribuire chiaramente gli effetti osservati a un cambiamento specifico.

### **EtruVR: replica immersiva del museo**

La replica virtuale dell'ambiente museale è stata sviluppata con l'obiettivo di massimizzare il grado di fotorealismo raggiungibile, entro i limiti imposti dalla necessità di un rendering in tempo reale. A tal fine, sono state utilizzate planimetrie, fotografie e immagini a 360° scattate in loco e integrate in un flusso di lavoro che ha incluso la modellazione in Autodesk Maya e la texturizzazione in Substance Painter. L'applicazione è stata implementata in Unity, utilizzando l'High Definition Render Pipeline (HDRP) per sfruttare modelli globali di illuminazione globale e integrare riflessioni dinamiche.

Particolare attenzione è stata dedicata al Sarcofago degli Sposi, per il quale è stato utilizzato un modello laser-scan ad altissima risoluzione, successivamente ottimizzato tramite retopologia per ridurre la geometria, e arricchito con texture dettagliate (diffuse, roughness, normal maps), al fine di conservare fedelmente le crepe, i rilievi e i dettagli scultorei senza compromettere le prestazioni in fase di rendering. L'esperienza VR è stata implementata per Meta Quest 3, un HMD VR untethered che garantisce libertà di movimento e naturalezza nell'interazione. La navigazione sfrutta la metafora del real-walking, che consente ai partecipanti di muoversi nello spazio virtuale camminando fisicamente nello spazio reale, massimizzando la naturalezza dell'interazione e rafforzando il senso di presenza. Per migliorare ulteriormente la coerenza percettiva complessiva dell'ambiente, l'ambiente è stato inoltre arricchito da un audio spazializzato in 3D, che simula l'atmosfera silenziosa e contemplativa di uno spazio museale.

### **Monitoraggio delle risposte emotive**

La valutazione quantitativa delle varianti espositive è stata effettuata utilizzando un approccio multimodale che integra dati biometrici e un monitoraggio del comportamento dei partecipanti. L'attività elettrodermica (EDA) è stata utilizzata come indicatore dell'attivazione emotiva. L'elettroencefalografia (EEG) ha permesso di rilevare l'attività cerebrale, fornendo indici relativi al coinvolgimento, al carico cognitivo e alla valenza emotiva. Entrambi i segnali sono stati sincronizzati con i dati di posizione e orientamento dello sguardo (stimati in base alla direzione della testa), generando mappe di attenzione (heatmap) utili per identificare le aree che hanno suscitato le reazioni più intense. Infine, due questionari somministrati prima e dopo la sessione hanno permesso di integrare i dati fisiologici con le percezioni soggettive dei partecipanti, in termini di senso di presenza, comfort fisico e impatto emotivo e culturale.

## Allestimento e protocollo sperimentale

Per validare empiricamente il framework metodologico proposto e analizzare l'influenza di specifiche scelte progettuali sull'esperienza dei visitatori, è stato condotto uno studio con utenti basato sull'ambiente immersivo EtruVR. Gli obiettivi principali di questa fase erano tre:

1. valutare l'impatto delle variabili di design espositivo sulle risposte emotive, sul coinvolgimento cognitivo e sulla percezione di presenza;
2. verificare l'efficacia della combinazione tra VR immersiva e raccolta multimodale di dati (biometrici, tracciamento comportamentale e questionari) per comprendere tali effetti;
3. mostrare il potenziale di questo approccio come strumento operativo per orientare le scelte progettuali in funzione del coinvolgimento emotivo dei visitatori.

Come descritto in precedenza, l'esplorazione progettuale preliminare – guidata da cinque variabili chiave (Sorpresa, Illuminazione, Ricostruzione dell'atmosfera, Atmosfera emotiva, Grafica per la riflessione) – ha prodotto una serie di diversi scenari espositivi potenziali. Per la fase sperimentale è stato selezionato un sottoinsieme di tre varianti, caratterizzate da un progressivo accumulo di interventi progettuali. Questa scelta rispondeva a due esigenze: da una parte garantire un protocollo sperimentale gestibile, in termine di numeri di volontari e tempi necessari per la sperimentazione, e metodologicamente rigoroso (dato che ciascun partecipante avrebbe sperimentato una sola condizione), facilitando al contempo un'analisi comparativa mirata. L'introduzione progressiva delle modifiche ha infatti permesso di isolare meglio il contributo di ogni variabile rispetto alla configurazione precedente.

Le tre varianti implementate e testate in EtruVR sono state le seguenti:

- Stato attuale (Baseline/Main). Replica fedele della configurazione esistente del museo ETRU, utilizzata come condizione di controllo per confrontare l'efficacia delle varianti (Fig. 1).
- Variante 1 (Var 1) – Sorpresa. Introduzione di un pannello curvo per oscurare la vista diretta del sarcofago dal corridoio, così da ritardarne la rivelazione e creare un effetto di scoperta (Fig. 2).
- Variante 2 (Var 2) – Sorpresa + Atmosfera emotiva. Mantenimento dell'effetto sorpresa di Var 1 e trasformazione della sala in una cupola illuminata come un cielo stellato; per indurre un senso di sospensione in un ambiente dai confini sfumati e amplificare la risposta empatica e contemplativa del visitatore (Fig. 3).

L'organizzazione progressiva di queste tre configurazioni aveva come obiettivo quello di analizzare in modo controllato l'evoluzione delle risposte emotive e cognitive dei visitatori al variare delle condizioni espositive.



Fig. 1. Replica fedele della configurazione del museo ETRU

Lo studio si è svolto all'interno di un laboratorio universitario dotato di uno spazio dedicato e controllato, con un'area libera di circa 16x16 metri priva di ostacoli e di dimensione congruente con quella della zona di intervento nel museo reale. Questa configurazione è risultata essenziale per poter utilizzare il real-walking come metafora di navigazione dello spazio virtuale. L'esperienza è stata fruita tramite un visore Meta Quest 3, collegato via Air Link a una workstation desktop VR-ready, responsabile del rendering fotorealistico e dell'elaborazione degli input.

Per la registrazione dei dati fisiologici, ciascun partecipante ha indossato due sensori biometrici wireless: (i) un EEG (Mindtooth Touch) per il monitoraggio dell'attività neurale; (ii) un EDA (Shimmer3 GSR+) per la rilevazione dell'attivazione emotiva. L'assenza di cavi, sia per la VR sia per i biosensori, rappresentava un requisito fondamentale per garantire libertà di movimento e naturalezza nell'interazione con l'ambiente virtuale. In fase di registrazione i flussi di dati dei sensori biometrici e i dati posizionali acquisiti dal Quest 3 sono stati sincronizzati temporalmente tramite scambio di messaggi TCP tra i rispettivi dispositivi di acquisizione. Ciò ha consentito di correlare con precisione le risposte biometriche agli eventi e alle posizioni specifiche nel museo virtuale. I dettagli relativi all'acquisizione e all'elaborazione dei dati sono dettagliati nel seguito.



Fig. 2. Ingresso alla sala del sarcofago per la Variante 1

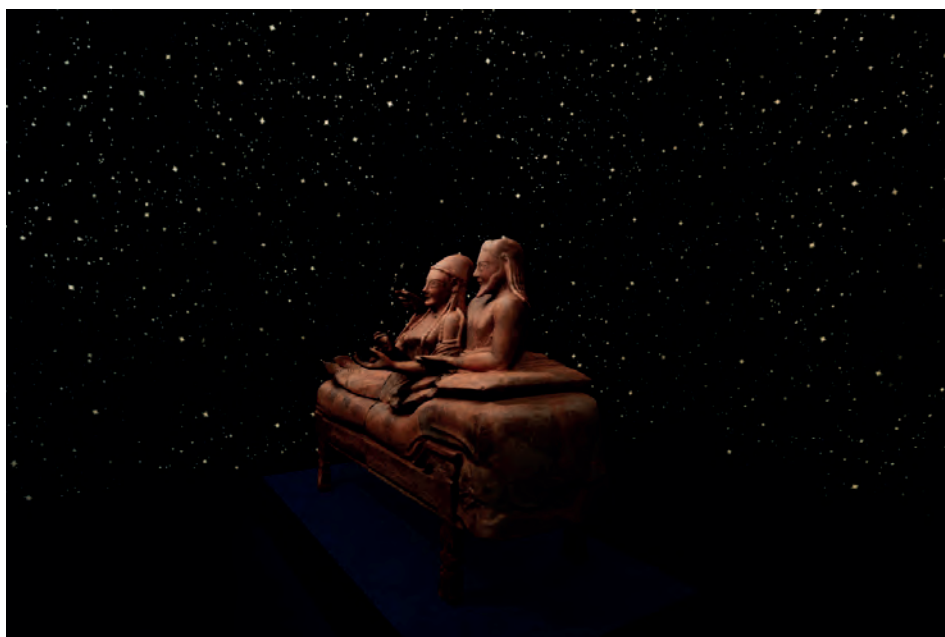


Fig. 3. Sala del sarcofago per la Variante 2

### **Protocollo sperimentale**

Lo studio ha adottato un design between-subjects, in cui ogni partecipante ha sperimentato esclusivamente una delle tre varianti (Baseline, Var1 o Var2). Tale scelta ha permesso di prevenire effetti di apprendimento o di abitudine che avrebbero potuto alterare le risposte ai questionari.

Il reclutamento dei volontari è avvenuto tramite una campagna dedicata, che prevedeva la prenotazione di una fascia oraria e la compilazione di un questionario preliminare (dati demografici, esperienza con la VR, abitudini di visita museale). All'arrivo, i partecipanti venivano registrati, ricevevano un codice identificativo anonimo e venivano assegnati a una delle tre condizioni sperimentali attraverso un sistema di bilanciamento dei gruppi. Nella stessa area di accoglienza – separata fisicamente dallo spazio sperimentale – i partecipanti ricevevano informazioni sullo studio, firmavano il consenso informato e completavano un questionario pre-esperienza. Ai partecipanti veniva comunicato che avrebbero visitato un museo virtuale, senza ulteriori dettagli sul contesto o sugli oggetti esposti, e veniva chiesto loro di non condividere la propria esperienza con i loro pari fino al termine della raccolta dati.

Una volta condotti nella sala sperimentale, i partecipanti venivano equipaggiati con i sensori EEG e EDA e, dopo la verifica del corretto flusso di dati, indossavano il visore VR. L'esperienza iniziava nel corridoio adiacente alla sala del sarcofago, con una fase di registrazione della baseline fisiologica della durata di un minuto, durante la quale i partecipanti rimanevano fermi di fronte a una parete. Un segnale sonoro virtuale annunciava l'inizio della visita. La fruizione dell'ambiente era libera: non venivano fornite istruzioni di navigazione specifiche, salvo la durata massima di quattro minuti, con un avviso al terzo, e la possibilità di concludere l'esperienza in anticipo tornando al punto di partenza.

Al termine della sessione, i dispositivi venivano rimossi e i partecipanti rientravano nell'area di accoglienza, dove completavano un questionario post-esperienza, volto a raccogliere le percezioni soggettive in merito alla presenza, al comfort fisico e all'impatto emotivo-culturale della visita.

### **Raccolta dei dati: questionari**

Per ottenere un quadro completo delle aspettative, delle percezioni e delle reazioni dei partecipanti, sono stati utilizzati questionari somministrati sia prima che dopo l'esperienza immersiva. Il questionario pre-esperienza raccoglieva informazioni demografiche e dati di background (familiarità con la VR e abitudini di visita museale).

Il questionario post-esperienza mirava invece a valutare: (i) la qualità soggettiva dell'esperienza VR, con particolare attenzione al comfort fisico e al senso di presenza; (ii) l'impatto culturale ed emotivo della specifica variante di EtruVR sperimentata.

Per la prima area di indagine sono stati impiegati due strumenti consolidati: il VRISE (VR Induced Symptoms and Effects), adattato dal Virtual Reality Neuroscience Questionnaire [Kourtesis et al. 2019], utile a misurare eventuali sintomi di discomfort indotti dalla VR (disorientamento, nausea, instabilità), così da escludere possibili interferenze con le risposte emotive; l'Igroup Presence Questionnaire (IPQ) [Tran et al. 2024], volto a misurare il senso

di presenza generale, la presenza spaziale, il coinvolgimento e il realismo percepito, restituendo anche un punteggio complessivo di presenza.

Per valutare l'impatto culturale ed emotivo delle diverse varianti dell'esposizione EtruVR, sono stati somministrati due questionari consolidati: l'Aesthetic Experience Questionnaire (AEQ) [Wanzer et al. 2020] e il Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) [Watson et al. 1988]. L'AEQ è stato utilizzato per misurare la natura multifaccettata dell'esperienza estetica dei partecipanti durante la visione dell'esposizione virtuale, comprendendo dimensioni legate sia alla percezione artistica che all'esperienza del flusso. Il PANAS è stato utilizzato per catturare gli stati affettivi attuali (umore) dei partecipanti immediatamente dopo l'esperienza del museo virtuale.

L'analisi di questi questionari ha comportato la derivazione di punteggi per le loro scale consolidate sommando o calcolando la media delle risposte agli elementi costituenti, seguendo le linee guida dei rispettivi strumenti. Dall'AEQ, questo processo ha prodotto punteggi per sei aspetti distinti dell'esperienza estetica. Questi includevano: (i) una scala dell'Esperienza Percettiva, che riflette il coinvolgimento con le qualità sensoriali e formali dell'esposizione; (ii) una scala dell'Esperienza Emotiva, che misura le risposte affettive suscitate; (iii) una scala dell'Esperienza Culturale, relativa alla comprensione storica e contestuale; (iv) una scala della Comprensione, focalizzata sull'interpretazione del significato e dell'intento artistico; e due scale legate al flusso, (v) Flusso - Condizioni Prossimali, che valuta gli elementi che consentono uno stato di flusso (come obiettivi chiari e feedback), e (vi) Flusso - Esperienza, che misura la sensazione soggettiva di essere in uno stato di flusso (come l'assorbimento e la perdita di autocoscienza).

Dal PANAS, sono stati calcolati due punteggi primari: (i) un punteggio di Affetto Positivo (PA), che quantifica la misura in cui i partecipanti si sono sentiti entusiasti, attivi e vigili, e (ii) un punteggio di Affetto Negativo (NA), che quantifica i sentimenti di disagio e coinvolgimento spiacevole come nervosismo o irritabilità.

### **Raccolta dei dati: dati comportamentali**

Durante l'esperienza, l'applicazione VR registrava in continuo i dati relativi a posizione tridimensionale e orientamento della testa, con una frequenza di campionamento di 30 Hz. Questo flusso dati ha consentito di ricostruire con precisione il percorso esplorativo, le direzioni di osservazione e il livello di interazione spaziale con le diverse configurazioni espositive.

### **Raccolta dei dati: dati fisiologici**

Accanto ai dati comportamentali, sono stati acquisiti in tempo reale i correlati fisiologici delle risposte emotive e cognitive, attraverso due segnali principali: EEG (rilevato tramite il dispositivo Mindtooth Touch, con elettrodi Ag/AgCl posizionati secondo il sistema internazionale 10-10, sulle aree frontali, AFz, AF3, AF4, AF7, AF8, e parietali, Pz, P3, P4); EDA (rilevata tramite sensore Shimmer3 GSR+, con elettrodi Ag/AgCl applicati sulle falangi medie del secondo e terzo dito della mano non dominante, campionata a 64 Hz). Questi dati grezzi costituiscono la base per la derivazione di indici neurofisiologici specifici, descritti nella sezione successiva.

I segnali EEG ed EDA sono stati processati per estrarre indici rappresentativi degli stati cognitivi ed emotivi.

Per l'EEG, i segnali sono stati filtrati (nella banda 2–30 Hz, con filtro Butterworth), corretti dagli artefatti (metodo Reblinca), segmentati in epoche di 1 s con overlap del 50% e puliti secondo criteri di ampiezza e trend. Sulla baseline individuale, registrata all'inizio dell'esperienza, è stata calcolata la Individual Alpha Frequency (IAF). Sono stati derivati due indici principali:

- **Workload Index**, basato sulla potenza della banda Theta (4–8 Hz) agli elettrodi frontali, normalizzato sulla baseline. Secondo la seguente formula dove  $n$  è il numero degli elettrodi:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Potenza Theta Power Elettrodi Frontali}_i}{n}$$

- **Approach-Withdrawal (AW) Index**, calcolato come asimmetria della banda Alpha (8–13 Hz) tra emisfero destro e sinistro (AF4, AF8 vs. AF3, AF7), indicativo di tendenze motivazionali. Secondo la seguente formula dove  $n$  ed  $m$  sono rispettivamente il numero di elettrodi sul lato destro e sinistro:

$$AW = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Alpha Destro Frontale}_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^m \text{Alpha Destro Frontale}_i}{m}$$

I segnali EDA sono stati elaborati con il toolbox LEDA lab in MATLAB, e sono stati decomposti in: (i) Skin Conductance Level (SCL), componente tonica lenta, indicativa del livello di attivazione simpatica di fondo; (ii) Skin Conductance Responses (SCRs), componente fasica rapida, legata a risposte affettive transitorie. Entrambe le componenti sono state normalizzate per soggetto e analizzate su finestre temporali predefinite.

### Analisi statistica

Per confrontare gli effetti delle tre varianti di EtruVR (Baseline, Var1, Var2) su questionari, dati comportamentali e indici fisiologici sono stati impiegati test parametrici o non parametrici, a seconda del rispetto delle assunzioni di normalità (Shapiro–Wilk) e omogeneità delle varianze (Levene). In caso di effetti principali significativi, sono stati condotti confronti post-hoc a coppie (Tukey HSD per ANOVA; test di Dunn con correzione di Bonferroni per Kruskal–Wallis). La correzione di Bonferroni è stata applicata sistematicamente per controllare il rischio di errore in presenza di confronti multipli. Analisi ulteriori hanno esplorato l'influenza delle caratteristiche individuali (es. esperienza con la VR, frequenza di visita ai musei) sulle risposte raccolte.

Per analizzare le differenze nei parametri fisiologici tra le condizioni sperimentali è stata condotta una ANOVA a disegno misto (split-plot). In questo modello, il fattore Posizione (che distingue la diversa stanza del museo virtuale) è stato trattato come variabile entro-soggetti, mentre il fattore Scenario (le tre varianti del museo) come variabile tra-soggetti. L'analisi ha permesso di verificare sia gli effetti principali dei due fattori, sia la loro interazione, ovvero se l'andamento delle risposte fisiologiche nei diversi ambienti variava a seconda della variante museale presentata. Quando necessario, i risultati sono stati accompagnati dai valori di  $F$ ,  $p$  e dall'eta quadrato parziale ( $\eta^2$ ) come indice di dimensione dell'effetto.

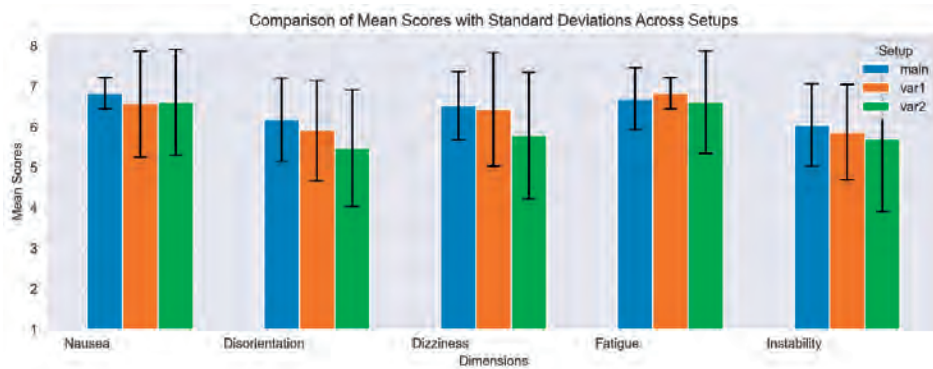


Fig. 4. Risultati scale VRISE raggruppati per scenario. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard

## Risultati

### Questionari

I punteggi del questionario VRISE sono stati misurati su una scala Likert a 7 punti, dove punteggi più alti indicano un'intensità di disagio inferiore (ovvero, 1 = sensazione estremamente intensa, 7 = assente). Pertanto, punteggi più elevati riflettono un'esperienza utente migliore con sintomi minimi.

I punteggi medi, calcolati su tutti gli utenti e le varianti, mostrano che il disagio è stato generalmente di intensità da bassa a molto bassa. Sintomi come *Nausea* e *Fatigue* sono risultati quasi assenti per la maggior parte degli utenti (rispettivamente 6.67 e 6.71). I punteggi leggermente inferiori per *Disorientation* (5.86) e *Instability* (5.87) indicano che questi effetti erano presenti, sebbene in misura molto contenuta, tale da non aver probabilmente influenzato in modo significativo l'esperienza complessiva.

Le analisi statistiche condotte sulle tre configurazioni sperimentali non hanno rivelato differenze significative per nessuna delle variabili del VRISE: *Nausea* [ $\chi^2(2) = 0.15$ ,  $p = 0.93$ ], *Disorientation* [ $\chi^2(2) = 3.78$ ,  $p = 0.15$ ], *Dizziness* [ $\chi^2(2) = 5.68$ ,  $p = 0.06$ ], *Fatigue* [ $\chi^2(2) = 0.01$ ,  $p = 0.99$ ] e *Instability* [ $\chi^2(2) = 0.17$ ,  $p = 0.92$ ]. L'assenza di differenze significative è un risultato cruciale: suggerisce che le modifiche di design introdotte nelle Varianti 1 e 2 non hanno influito negativamente sul comfort fisico dei partecipanti. Questo garantisce che le tre condizioni siano pienamente comparabili dal punto di vista dell'usabilità, permettendo di attribuire eventuali differenze nelle risposte emotive al design stesso, piuttosto che a fattori confondenti come il disagio fisico.

Analogamente, l'esperienza pregressa dei partecipanti con la VR immersiva non ha prodotto differenze statisticamente significative in nessuna delle scale del VRISE: *Nausea* [ $\chi^2(1) = 2.69$ ,  $p = 0.10$ ], *Disorientation* [ $\chi^2(1) = 3.58$ ,  $p = 0.06$ ], *Dizziness* [ $\chi^2(1) = 0.65$ ,  $p = 0.42$ ], *Fatigue* [ $\chi^2(1) = 0.02$ ,  $p = 0.88$ ] e *Instability* [ $\chi^2(1) = 0.08$ ,  $p = 0.78$ ]. Questo indica che l'ambiente virtuale è stato ben tollerato sia dagli utenti novizi che da quelli esperti, evidenziando la

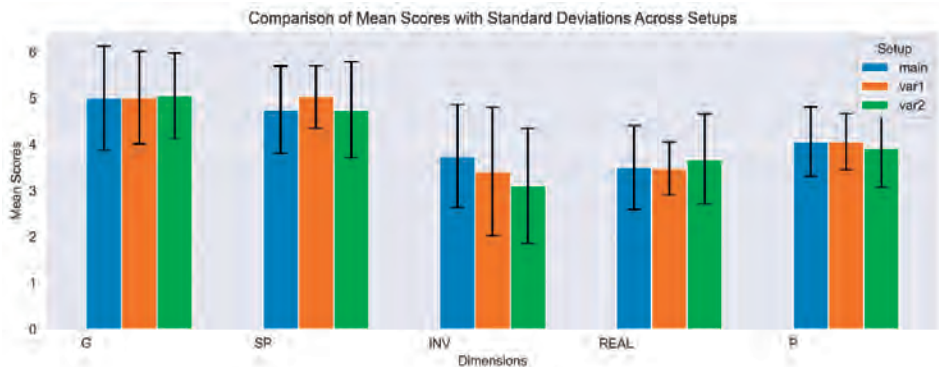


Fig. 5. Risultati scale IPQ raggruppati per scenario. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard

robustezza e l'accessibilità dell'esperienza progettata, probabilmente anche grazie all'uso della metafora di navigazione real-walking.

I dati del questionario IPQ sono stati analizzati utilizzando le scale qualitative proposte in letteratura per le sottoscale di *Spatial Presence*, *Involvement*, *Experienced Realism* e *Overall Presence*. È stato considerato anche il fattore specifico PRES dell'IPQ, che misura direttamente la presenza con una singola domanda.

Le analisi statistiche non hanno rivelato differenze significative tra le tre configurazioni sperimentali (Baseline, Var1, Var2) per nessuna delle scale dell'IPQ: PRES [ $\chi^2(2) = 0.07$ ,  $p = 0.96$ ], Spatial Presence [ $\chi^2(2) = 0.86$ ,  $p = 0.65$ ], Involvement [ $F(2,66) = 1.50$ ,  $p = 0.23$ ] ed Experienced Realism [ $F(2,66) = 0.42$ ,  $p = 0.66$ ].

Allo stesso modo, né l'esperienza pregressa dei partecipanti con la VR né la loro frequenza di visita ai musei hanno portato a differenze statisticamente significative in alcuna delle scale dell'IPQ.

Questa coerenza nei livelli di presenza tra tutte le condizioni e i gruppi di partecipanti è un risultato di rilievo. Dimostra che l'esperienza virtuale ha generato con successo un grado di immersione stabile ed elevato, indipendentemente dal design espositivo specifico o dal background dell'utente. Ciò fornisce una solida base per l'interpretazione delle risposte emotive e cognitive, poiché possiamo assumere che i partecipanti di tutti i gruppi fossero ugualmente "presenti" nello spazio virtuale.

Il punteggio di *Overall Presence* per tutti i partecipanti è stato di 4.16, che corrisponde a una valutazione qualitativa "Molto Buona", a conferma del forte senso di immersione. Due fattori chiave che hanno contribuito a questo risultato sono stati *Spatial Presence* (4.79, "Molto Buono") e *Experienced Realism* (3.44, "Soddisfacente"), indicando che i partecipanti hanno percepito il museo virtuale come uno spazio credibile e sufficientemente realistico. Il fattore di *Involvement* ha registrato il punteggio più basso (3.41, "Insoddisfacente"). Questo suggerisce che, sebbene immersi, gli utenti avessero un livello di interazione attiva limitato, in linea con una tipica visita museale basata sull'osservazione e sulla riflessione.

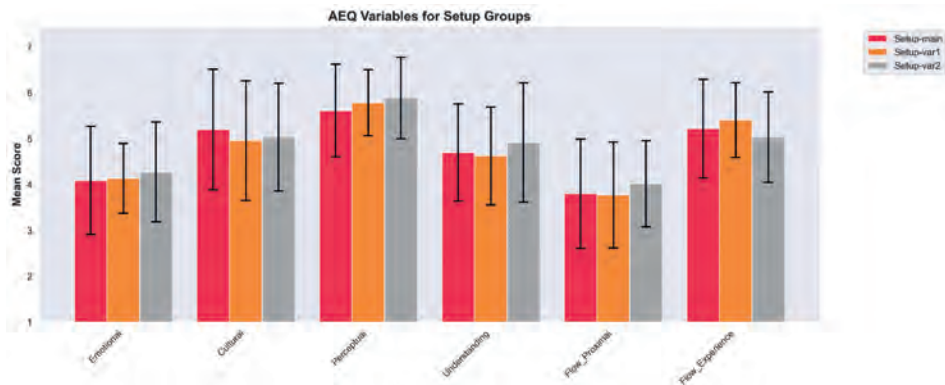


Fig. 6. Risultati scale AEQ raggruppati per scenario. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard

I risultati combinati dei questionari IPQ e VRISE indicano che i partecipanti hanno sperimentato alti livelli di presenza senza un disagio significativo. L'aver stabilito questa solida base di comfort e di presenza immersiva è fondamentale, poiché i sintomi indotti dalla VR o una scarsa immersione avrebbero potuto rappresentare fattori confondenti. Le analisi di correlazione tra le sottoscale dell'IPQ e i punteggi del VRISE non hanno rivelato alcuna relazione significativa, confermando che i bassi livelli di disagio non hanno avuto un impatto misurabile sul senso di presenza.

I risultati positivi dell'IPQ e l'assenza di sintomi significativi dal VRISE supportano quindi la validità dell'analisi successiva dei dati fisiologici. Poiché i partecipanti hanno riportato un'alta presenza e un basso disagio, possiamo essere fiduciosi che le risposte fisiologiche osservate siano dovute agli effetti voluti dell'ambiente virtuale piuttosto che a fattori esterni come il malessere o la mancanza di coinvolgimento.

L'analisi delle risposte all'AEQ conferma l'alta qualità dell'esperienza vissuta dai partecipanti. Emerge infatti un quadro in cui l'esperienza estetica è stata ricca e positiva, con punteggi medi particolarmente elevati per le dimensioni *Perceptual* ( $M = 5.76$ ,  $SD = 0.87$ ) e *Flow-Experience* ( $M = 5.22$ ,  $SD = 0.96$ ). Questi dati indicano un forte coinvolgimento con le qualità sensoriali dell'ambiente e un profondo senso di immersione nell'esperienza.

In linea con i risultati degli altri questionari, l'analisi statistica non ha rivelato differenze significative tra le tre configurazioni sperimentali (Baseline, Var1, Var2) per nessuna delle dimensioni dell'AEQ: *Emotional* [ $F(2,66) = 0.20$ ,  $p = 0.82$ ,  $\chi p^2 = 0.01$ ], *Cultural* [ $\chi^2(2) = 0.68$ ,  $p = 0.71$ ], *Perceptual* [ $\chi^2(2) = 0.99$ ,  $p = 0.61$ ], *Understanding* [ $F(2,66) = 0.41$ ,  $p = 0.67$ ,  $\chi p^2 = 0.01$ ], *Flow-Proximal* [ $F(2,66) = 0.34$ ,  $p = 0.71$ ,  $\chi p^2 = 0.01$ ] e *Flow-Experience* [ $F(2,66) = 0.84$ ,  $p = 0.44$ ,  $\chi p^2 = 0.03$ ]. Questo suggerisce che, sebbene le modifiche progettuali avessero lo scopo di modulare il percorso emotivo, la qualità complessiva dell'esperienza estetica è rimasta stabile e costantemente elevata in tutte le condizioni. La forza del contenuto e la fedeltà della ricostruzione virtuale sembrano aver fornito una base estetica così solida da non essere alterata in modo significativo dalle diverse strategie di presentazione.

Un risultato di particolare interesse riguarda l'assenza di differenze significative legate all'esperienza pregressa dei partecipanti con la VR. Anche in questo caso non sono emer-

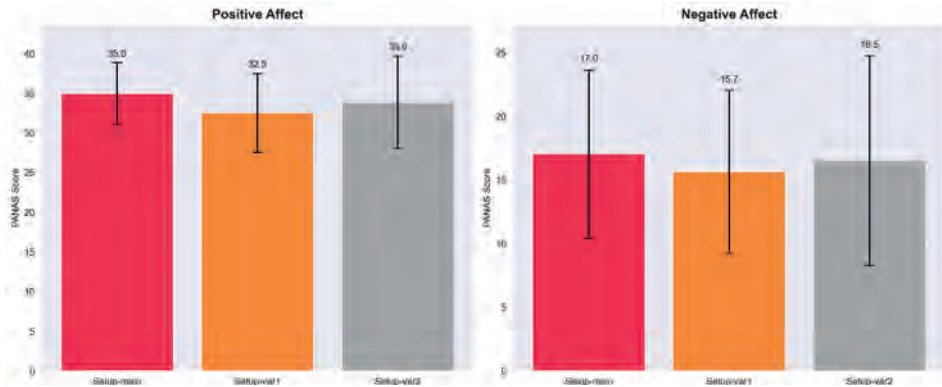


Fig. 7. Risultati scale PANAS raggruppati per scenario. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard

se differenze nelle dimensioni dell'AEQ: *Emotional* [ $F(1,67) = 2.47, p = 0.12, \chi^2 = 0.04$ ], *Cultural* [ $F(1,67) = 0.68, p = 0.41, \chi^2 = 0.01$ ], *Perceptual* [ $\chi^2(1) = 0.74, p = 0.39$ ], *Understanding* [ $F(1,67) = 0.01, p = 0.91, \chi^2 < 0.01$ ], *Flow-Proximal* [ $F(1,67) = 1.35, p = 0.25, \chi^2 = 0.02$ ] e *Flow-Experience* [ $F(1,67) = 0.60, p = 0.44, \chi^2 = 0.01$ ]. Spesso, le prime esperienze in realtà virtuale possono generare un pronunciato *effetto WOW*, dove l'entusiasmo per la novità della tecnologia porta a valutazioni estremamente positive. In questo studio, tuttavia, sia gli utenti novizi sia quelli esperti hanno riportato livelli di coinvolgimento estetico comparabili e alti. Questo dato è fondamentale, poiché suggerisce che le valutazioni positive non sono un semplice artefatto della novità del mezzo, ma sono genuinamente attribuibili alla qualità intrinseca dell'ambiente EtruVR: la sua fedeltà visiva, la cura dei dettagli e la capacità di evocare un'atmosfera immersiva.

I dati del PANAS rivelano una risposta emotiva nettamente positiva a seguito dell'esperienza. In tutte e tre le condizioni sperimentali, i punteggi del *Positive Affect* si sono mantenuti costantemente alti ( $M = 33.78, SD = 4.99$ ), mentre quelli del *Negative Affect* sono risultati uniformemente bassi ( $M = 16.40, SD = 7.09$ ). Ciò dimostra che la visita nel museo virtuale è stata percepita come piacevole e stimolante, riuscendo a generare benessere e a non indurre sensazioni di disagio.

Coerentemente con gli altri dati soggettivi, l'analisi statistica non ha evidenziato differenze significative tra gli scenari né per il *Positive Affect* [ $F(2,66) = 1.39, p = 0.26, \chi^2 = 0.04$ ] né per il *Negative Affect* [ $\chi^2(2) = 1.08, p = 0.58$ ]. Questo indica che tutte le varianti del museo sono state ugualmente efficaci nel promuovere uno stato emotivo positivo, confermando che l'esperienza di base è stata vissuta in modo positivo da tutti i partecipanti.

Anche in questo caso, non sono emerse differenze significative legate all'esperienza pregressa con la VR per il *Positive Affect* [ $F(1,67) = 0.99, p = 0.32, \chi^2 = 0.02$ ]. Tuttavia, per il *Negative Affect* è stato osservato un effetto significativo [ $\chi^2(1) = 4.19, p = 0.04$ ], con utenti meno esperti che tendevano a riportare punteggi leggermente più alti di emozioni negative rispetto agli utenti più esperti. Questo risultato rafforza ulteriormente la conclusione tratta dall'analisi dell'AEQ: sebbene il bilancio affettivo sia rimasto ampiamente positivo

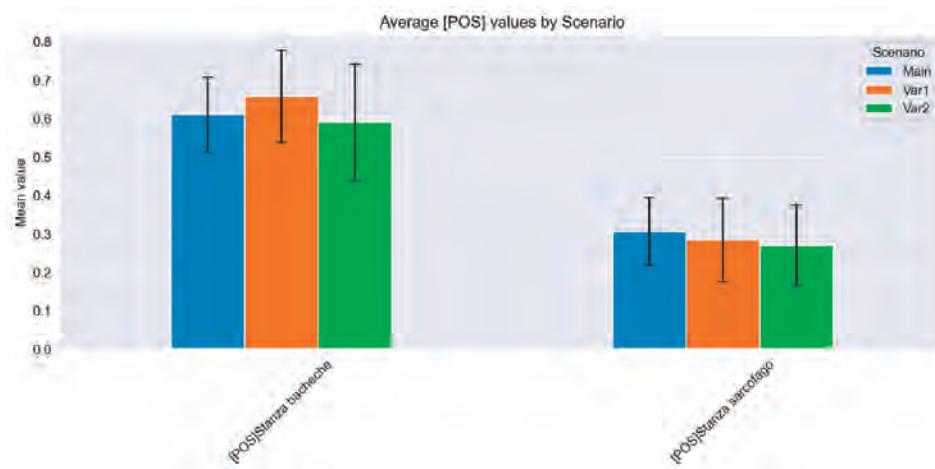


Fig. 8. Tempi medi di posizione per le due stanze museali, raggruppati per scenario. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard

in tutti i gruppi, una maggiore familiarità con la VR sembra ridurre ulteriormente le sensazioni negative. In generale, sia i neofiti sia gli utenti esperti hanno riportato un bilancio affettivo simile (alto positivo, basso negativo), confermando che la risposta emotiva positiva è stata una reazione diretta alla qualità dell'esperienza museale virtuale e non un semplice effetto passeggero legato alla novità tecnologica.

### Comportamentali

L'analisi dei dati comportamentali, basata sulla posizione ([POS]) e sulla direzione dello sguardo ([GAZE]) dei partecipanti, offre una prospettiva oggettiva su come le diverse configurazioni espositive abbiano influenzato l'esplorazione dello spazio e la distribuzione dell'attenzione. Entrambe le metriche sono state normalizzate rispetto alla durata totale della visita di ciascun utente.

Analizzando il tempo di permanenza normalizzato nelle due aree principali ([POS]), emerge che i partecipanti hanno trascorso, in media, più della metà del loro tempo nella prima sala, quella contenente le bacheche ( $M = 0.62$ ,  $SD = 0.13$ ), e circa un terzo nella sala del Sarcofago degli Sposi ( $M = 0.29$ ,  $SD = 0.10$ ). L'analisi statistica non ha evidenziato differenze significative tra gli scenari né per la stanza delle bacheche [ $\chi^2(2) = 2.32$ ,  $p = 0.31$ ] né per la stanza del sarcofago [ $\chi^2(2) = 1.26$ ,  $p = 0.53$ ] (Fig. 8). Tuttavia, il tempo trascorso fisicamente in un'area non coincide necessariamente con il tempo di attenzione dedicato agli oggetti in essa contenuti.

Infatti, l'analisi del tempo di osservazione ([GAZE]) rivela un quadro più sfumato e significativo. Si nota innanzitutto come i tempi di osservazione dedicati alle bacheche ( $M = 0.27$ ,  $SD = 0.12$ ) e al Sarcofago degli Sposi ( $M = 0.19$ ,  $SD = 0.11$ ) siano molto più vicini tra loro rispetto ai tempi di permanenza nelle rispettive stanze. Questo suggerisce che gran parte del tempo nella prima sala era dedicato alla navigazione e all'orientamento, mentre l'attenzione visiva è stata distribuita in modo più equilibrato tra i principali punti di interesse (Fig. 9).

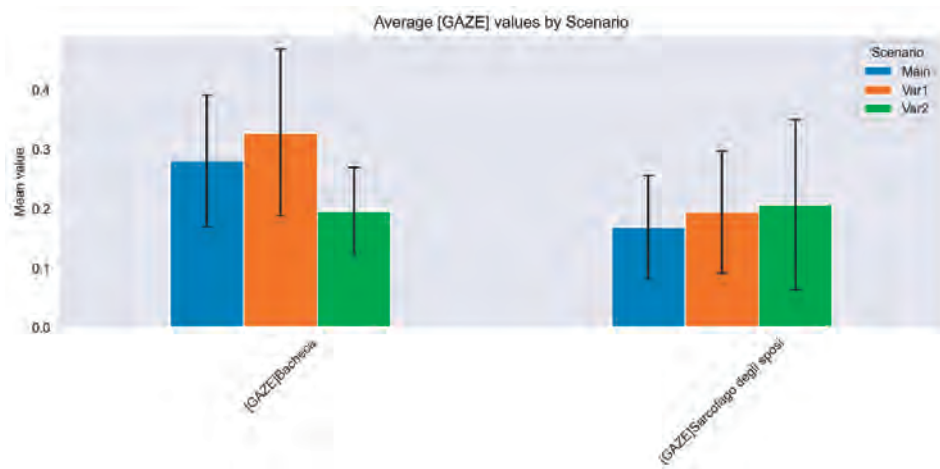


Fig. 9. Tempi medi di osservazione delle bacheche della prima sala o del sarcofago, raggruppati per scenario. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard

L'elemento più interessante emerge confrontando i pattern di osservazione tra gli scenari. L'analisi statistica ha rivelato una differenza significativa per il tempo di osservazione dedicato alle bacheche della prima sala ([GAZE] Bachecca) [ $\chi^2(2) = 12.71, p = 0.002$ ]. Nello specifico, i partecipanti nella Variante 2 hanno trascorso significativamente meno tempo a osservare le bacheche rispetto alle altre due condizioni ( $M = 0.19, SD = 0.11$ ).

In modo complementare, sebbene la differenza non raggiunga la soglia di significatività statistica, si osserva una tendenza opposta per l'oggetto focale del museo: il tempo di osservazione del Sarcofago degli Sposi ([GAZE] Sarcofago) è risultato maggiore proprio nella Variante 2 ( $M = 0.22, SD = 0.11$ ), [ $\chi^2(2) = 0.92, p = 0.63$ ].

Questo pattern comportamentale è di grande rilevanza. Suggestisce che la combinazione di "Sorpresa" e "Atmosfera" implementata nella Variante 2 sia stata efficace nel raggiungere uno degli obiettivi chiave del progetto: ridurre la distrazione causata dagli oggetti secondari (le bacheche) e focalizzare l'attenzione del visitatore sull'opera principale. Sebbene l'aumento del tempo di osservazione del Sarcofago non sia statisticamente significativo di per sé, la significativa riduzione del tempo dedicato alle bacheche indica chiaramente un cambiamento nel comportamento esplorativo, orientando l'esperienza verso il capolavoro della collezione come previsto.

### Fisiologici

L'analisi delle metriche fisiologiche ha evidenziato un quadro in cui le risposte dei partecipanti risultano influenzate principalmente dal contesto spaziale del museo virtuale, piuttosto che dalla variante scenografica.

Per l'indice GSR\_SCL è emerso un effetto principale significativo del fattore Posizione [ $F(1,58)=11.71, p=0.001, \eta^2=0.168$ ] con valori più elevati nella stanza del sarcofago rispetto alla stanza bacheche (Figura 10, sinistra). Nessuna differenza significativa è stata osservata tra scenari [ $F(2,58)=0.67, p=0.514$ ] né per l'interazione Scenario  $\times$  Posizione [ $F(2,58)=0.17, p=0.848$ ]. Al contrario, la metrica GSR\_SCR non ha mostrato effetti signifi-

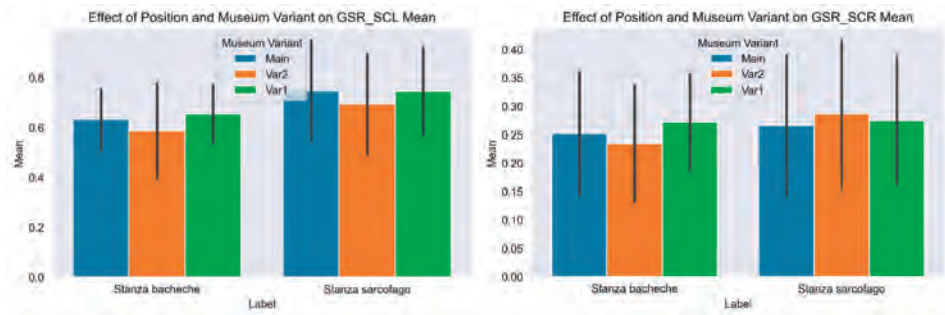


Fig. 10. GSR misurato nelle due stanze museali, raggruppando rispetto allo scenario. Sinistra, GSR\_SCL, destra GSR\_SCR. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

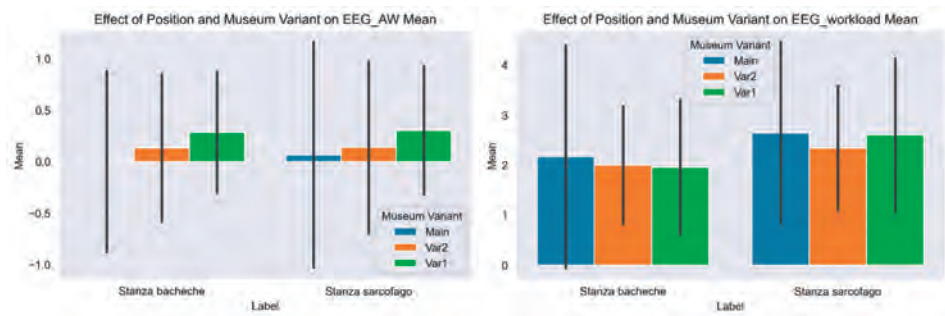


Fig. 11. GSR misurato nelle due stanze museali, raggruppando rispetto allo scenario. Sinistra, indice di Approach-Withdrawal, destra, indice di Workload

ficativi (tutti  $p > 0.27$ ), suggerendo che la frequenza delle risposte fasi sia rimasta stabile tra condizioni (Fig. 10, destra). Un andamento simile è stato riscontrato per gli indici EEG. L'indice EEG\_AW non ha mostrato differenze significative né tra scenari [ $F(2,51)=0.97$ ,  $p=0.387$ ], né tra stanze [ $F(1,51)=0.05$ ,  $p=0.825$ ], né nella loro interazione [ $F(2,51)=0.74$ ,  $p=0.481$ ], Figura 11, sinistra. Viceversa, l'indice EEG\_Workload ha evidenziato un effetto principale significativo del fattore Posizione [ $F(1,51)=12.53$ ,  $p < 0.001$ ,  $\chi^2=0.197$ ] con valori più elevati nella stanza del sarcofago rispetto alla stanza bacheche (Fig. 11, destra). Anche in questo caso, né l'effetto di scenario né l'interazione hanno raggiunto la significatività statistica.

Complessivamente, quindi, le metriche fisiologiche rivelano differenze legate alle diverse aree del museo, ma non tra le varianti espositive. Questo risultato, lungi dal ridurre la portata dell'analisi, suggerisce che lo stato fisiologico generale dei partecipanti sia rimasto stabile e coerente, indipendentemente dalle modifiche scenografiche. Tale stabilità può essere letta in chiave positiva: tutte e tre le varianti hanno indotto un'esperienza robusta e omogenea in termini di attivazione e impegno cognitivo di base.

Un'analisi più qualitativa dei valori medi permette di caratterizzare ulteriormente questa esperienza. I valori di SCL si sono mantenuti su livelli moderati e costanti, indicativi di uno stato di attenzione sostenuta e coinvolgimento attivo, tipico di un contesto museale contemplativo, in cui i partecipanti risultano vigili e ricettivi senza essere sottoposti a stress o picchi emotivi. Coerentemente, il basso numero medio di risposte fasi (SCR) suggerisce un'esperienza fluida, priva di improvvisi momenti di iperattivazione. L'indice di carico cognitivo (Workload) si è mantenuto su valori moderati, riflettendo un impegno cognitivo stabile e funzionale all'elaborazione delle informazioni, mentre l'indice Approach-Withdrawal non ha mostrato tendenze sistematiche, confermando l'assenza di forti spinte motivazionali divergenti tra le varianti.

In sintesi, i dati fisiologici delineano un'esperienza coinvolgente ma confortevole, caratterizzata da un livello di attivazione stabile e coerente tra scenari, ma modulato dalla specifica collocazione spaziale all'interno del museo. Questo elemento rafforza l'idea che le differenze più sottili osservate nei comportamenti non derivino da una diversa intensità emotiva generale, bensì da un più fine orientamento dell'attenzione indotto dal design espositivo.

## Conclusioni

Questo lavoro si è posto l'obiettivo di sviluppare e validare un framework metodologico basato su realtà virtuale e biometria per lo studio del coinvolgimento emotivo nel contesto museale. La sfida principale era tradurre le intuizioni teoriche sul design espositivo in pratiche progettuali concrete, offrendo alle istituzioni culturali uno strumento agile ed economicamente sostenibile per prendere decisioni basate sull'evidenza. Il caso di studio, incentrato sulla fruizione del Sarcofago degli Sposi nel Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia (ETRU), ha permesso di testare l'efficacia di questo approccio.

I risultati ottenuti confermano la validità del framework su più livelli. In primo luogo, i dati soggettivi (VRISE, IPQ) hanno stabilito che l'esperienza virtuale in EtruVR è stata di alta qualità, generando un forte senso di presenza e un disagio minimo, indipendentemente dalla configurazione espositiva o dall'esperienza pregressa dei partecipanti con la VR. Questo ha creato una solida base sperimentale, assicurando che le risposte emotive e comportamentali non fossero inquinate da fattori esterni.

È nell'integrazione tra dati comportamentali e fisiologici che il framework ha mostrato il suo pieno potenziale. Sebbene le differenze tra gli scenari non siano emerse a livello di percezione soggettiva o di attivazione fisiologica generale, l'analisi del comportamento vivo ha rivelato una dinamica cruciale: la Variante 2 ("Sorpresa + Atmosfera") ha ridotto significativamente il tempo che i visitatori hanno dedicato a osservare gli elementi di distrazione (le bacheche), mostrando al contempo una tendenza ad aumentare l'attenzione sull'opera principale. Questo dimostra che interventi di design anche sottili possono agire come efficaci meccanismi di guida dell'attenzione, ottimizzando la narrazione curatoriale. Va inoltre sottolineato un aspetto cruciale emerso da questo studio: le scelte progettuali

implementate non sono riuscite a generare differenze misurabili nella maggior parte delle risposte soggettive e fisiologiche, rendendo la reazione dei partecipanti sostanzialmente omogenea tra i diversi scenari. Tuttavia, anche questo risultato, apparentemente nullo, è in realtà una delle dimostrazioni più potenti della validità e della rilevanza del framework. Replicare uno studio simile nel mondo reale, con la costruzione di tre allestimenti fisici distinti, avrebbe comportato costi e complessità logistiche enormemente superiori. L'utilizzo della VR ha invece permesso di verificare in modo rapido ed economico che le variazioni identificate, seppur concettualmente distinte, non erano abbastanza incisive da indurre risposte differenziali significative. Questo risultato non rappresenta un punto di arrivo, ma un prezioso punto di partenza: costituisce un'evidenza fondamentale per eventuali futuri sviluppi, in cui si potranno esplorare in virtuale interventi di design più radicali o di natura diversa, alla ricerca di quegli elementi in grado di far emergere risposte emotive e cognitive più marcatamente distinte.

In conclusione, questo studio offre un duplice contributo. Dal punto di vista metodologico, dimostra che un approccio multimodale che integra VR, biometria e analisi comportamentale è uno strumento efficiente ed efficace per valutare l'impatto del design espositivo. Dal punto di vista pratico, fornisce ai curatori e ai progettisti un esempio concreto di come sia possibile testare e validare scelte allestitivo prima della loro implementazione fisica, orientando le decisioni non solo su intuizioni estetiche, ma su dati oggettivi relativi all'esperienza del visitatore.

Naturalmente, questo lavoro presenta dei limiti, come la contestualizzazione in un unico ambiente museale e l'assenza della dimensione sociale tipica di una visita reale. Le prospettive future potrebbero quindi includere l'applicazione di questo framework a diverse tipologie di musei (dall'arte contemporanea alla scienza), l'introduzione di elementi di interazione più complessi e lo sviluppo di esperienze multi-utente per esplorare le dinamiche di co-visitazione. Ciononostante, i risultati ottenuti aprono la strada a una progettazione museale più consapevole, empatica e, in ultima analisi, emotivamente coinvolgente.

## BIBLIOGRAFIA

- G. ALELIS, A. BOBROWICZ, C.S. ANG, *Exhibiting Emotion: Capturing Visitors' Emotional Responses to Museum Artefacts*, in International Conference of Design, User Experience, and Usability, 2013, pp. 429–438; doi: 10.1007/978-3-642-39238-2\_47
- K.M. BEDIGAN, *Developing Emotions: Perceptions of Emotional Responses in Museum Visitors*, in «Mediterranean Archaeology and Archaeometry», 16(5), 2016, p. 87
- E. CANEPA, *Architecture Is Atmosphere. Notes on Empathy, Emotions, Body, Brain, and Space*, Mimesis International, Milano, Italia, 2022
- B. KING, B. LORD, *The Manual of Museum Learning*, Bloomsbury Publishing PLC, Londra, Regno Unito, 2015
- P. KOURTESIS, S. COLLINA, L.A.A. DOUMAS, S.E. MACPHERSON, *Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology*, in «Frontiers in Human Neuroscience», 13, 2019, p. 417; doi: 10.3389/fnhum.2019.00417
- M. LEHMRUCK, *Psychology: Perception and Behaviour*, in «Museum», 3(4), 1974, p.190
- J. MARIN-MORALES, J.L. HIGUERA-TRUJILLO, A. GRECO, ET AL., *Real vs. Immersive-Virtual Emotional Experience: Analysis of Psycho-Physiological Patterns in a Free Exploration of an Art Museum*, in «PLOS ONE», 14(10), 2019, p. e0223881; doi: 10.1371/journal.pone.0223881
- V. MINUCCIANI, *Communicative Potential in Interior Experience: Museography and Interior Design*, in «Handbook of Research on Methodologies for Design and Production Practices in Interior Architecture», IGI Global Scientific Publishing, Hershey, Stati Uniti, 2021; doi: 10.4018/978-1-7998-7254-2.ch003
- V. MINUCCIANI, N. SAGLAR ONAY, *Architectural Space and Emotions Evaluation of Responses to Different Spatial Characteristics*, in «Dwelling on Earth/Abitare la Terra», 58, 2022
- M.C. RUGGIERI TRICOLI, M.D. VACIRCA, *L'idea di museo: archetipi della comunicazione museale nel mondo antico*, Lybra Immagine, Milano, Italia, 1998
- M.C. RUGGIERI TRICOLI, P. CULOTTA, *I fantasmi e le cose: la messa in scena della storia nella comunicazione museale*, Lybra immagine, Milano, Italia, 2000
- K.R. SCHERER, P. EKMAN (EDS.), *Approaches to Emotion*, Psychology Press, Abingdon, Regno Unito, 2014; doi: 10.4324/9781315798806
- R. SOMARATHNA, T. BEDNARZ, G. MOHAMMADI, *Virtual Reality for Emotion Elicitation – A Review*, in «IEEE Transactions on Affective Computing», 14(4), 2023, pp. 2626–2645; doi: 10.1109/TAFFC.2022.3181053
- P. TICINETO CLOUGH, J. HALLEY, *The Affective Turn: Theorizing the Social*, Duke University Press, Durham, Stati Uniti, 2007
- T.Q. TRAN, T. LANGLOTZ, J. YOUNG, T.W. SCHUBERT, H. REGENBRECHT, *Classifying Presence Scores: Insights and Analysis from Two Decades of the Igroup Presence Questionnaire (IPQ)*, in «ACM Transactions on Computer-Human Interaction», 31(5), 2024, pp. 61:1-61:26; doi: 10.1145/3689046
- D.L. WANZER, K. PROCTER FINLEY, S. ZARIAN, N. CORTEZ, *Experiencing Flow While Viewing Art: Development of the Aesthetic Experience Questionnaire*, in «Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts», 14(1), 2020, pp. 113–124; doi: 10.1037/aca0000203
- D. WATSON, L.A. CLARK, A. TELLEGEN, *Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scales*, in «Journal of Personality and Social Psychology», 54(6), 1988, pp. 1063–1070; doi: 10.1037/0022-3514.54.6.1063

## LINEE GUIDA PER UN *EMPATHIC DESIGN*?

---

Valeria Minucciani

Neuromuseum nasce da una serie di concetti base, fra i quali quello di un design culturale capace di suscitare reazioni emotive nell'utente e in particolare un senso di immedesimazione empatica.

### L'empatia

Se è vero che le emozioni che l'incontro con il patrimonio culturale suscita sono tante e a volte contraddittorie, si è scelta l'empatia perché accomuna le persone più diverse e non dipende né dal livello culturale o economico, né dalle conoscenze pregresse, né dal genere o dall'età (il che non significa che queste diverse fasce di utenza reagiscono nello stesso modo: è indubbio però che in qualche modo reagiscono e la capacità di empatia è un'attitudine umana, neuronale ancor prima che razionale e conscia).

Com'è noto, l'empatia è una emulazione-simulazione interiore degli stati mentali altrui. Si tratta di una sorta di automatismo attivato dai neuroni specchio (le espressioni del viso che spesso caratterizzano uno stato di empatia, per esempio, sono generalmente involontarie). Theodor Lipps è considerato il padre della prima teoria scientifica di *Einfühlung* ("feeling into", "empatia"): usò questo concetto per la prima volta per spiegare come non solo capiamo ma anche sperimentiamo in prima persona gli stati mentali degli altri. Descrisse questo processo come inconscio e istintivo, una sorta di imitazione interiore [T. Lipps, 1903]. Nel 1909 Edward Titchener tradusse *Einfühlung* con *Empathy*, e il concetto è stato oggetto di numerosi studi nell'ambito della psicologia sociale e dello sviluppo, della sociologia e della filosofia: una risposta empatica non si riferisce, tuttavia, ai soli stati emotivi e affettivi, ma anche a quelli mentali cognitivi rendendo capaci di meglio comprendere le loro esperienze, le loro intenzioni e le loro necessità [T. Lipps, 1903; F. Fortuna, A. Tiberio, 1999].

In tempi più recenti, le Neuroscienze hanno contribuito a una migliore comprensione dei fondamenti neurali dell'empatia. Poiché non tutti reagiscono nello stesso modo agli stimoli, anche queste differenze rivestono un notevole interesse scientifico.

Attualmente uno dei maggiori studiosi ed esperti di empatia è considerato Roman Krznaric, studioso di filosofia sociale. Il suo libro *Empathy: Why It Matters and How to Get It* (originariamente intitolato *Empathy: A Handbook for Revolution*) invita a considerare il concetto psicologico di empatia come mezzo per la trasformazione sociale e politica [R. Krznaric, 2007; 2015; 2015]. L'autore propone una distinzione tra *empatia affettiva*, *empatia emotiva* ed *empatia cognitiva* come autoidentificazione cosciente negli altri.

In estrema sintesi, in questa sede l'empatia sarà intesa come:

- risposta sia conscia sia inconscia che coinvolge la mente e anche il corpo;
- reazione che consiste nello specchiarsi in qualcun altro in una determinata situazione.

Applicandola al contesto museografico, possiamo affermare che essa consiste in (ed è caratterizzata da) identificazione in qualcuno; riconoscimento della diversità; connessione con il presente; capacità di rispondere a uno stimolo o invito all'azione. Nella loro complessa interazione, questi processi possono indurre a una più o meno significativa *trasformazione personale*.

Ricerche psicologiche che si occupano delle forme narrative per lo studio delle emozioni suggeriscono che trasmettere i contenuti in modo empatico, incentivando e valorizzando il contributo personale del soggetto, aumenta il livello di autostima e promuove un concetto del sé sociale più positivo e collaborativo, oltre a essere connesso alla fiducia.

L'attivazione dei neuroni specchio, quando si osservano le azioni degli altri e le loro reazioni emotive, è stata misurata con il metodo neuroscientifico per comprendere meglio quali meccanismi soggiacciono all'empatia. La "*Narrative Empathy Theory*" di Keen, che esplora le conseguenze positive dell'empatia umana, la mette in relazione con un cambio di atteggiamento, un incremento di motivazione, fiducia e resilienza, attenzione agli altri e giustizia [S. Keen, 2006].

Keen afferma che specifiche tecniche narrative possono provocare una condivisione spontanea dello stato emotivo di un'altra persona di cui si è solo sentito parlare o si è letto. Se ne presumono e si rispecchiano i sentimenti: da questo punto di vista, Keen considera l'empatia come il precursore della *simpatia*. Al contrario, una risposta emotiva di ansia e disagio, caratterizzata da apprensione, non coincide con l'empatia, ma viceversa concentrandosi su se stessi porta al cosiddetto *evitamento*. È quindi importante rispettare un equilibrio fra i diversi registri della risposta emotiva: la narrazione museale può trarre alcuni spunti da questa teoria.

Essere testimoni delle diverse emozioni provate dagli altri non è un fatto raro: sembrerebbe una frequente reazione inconscia, una sorta di mimica che sincronizza *automaticamente* le espressioni e le posture con quelle di un'altra persona [E. Hatfield, J.T. Cacioppo, R. Rapson, 1993; T. Singer, C. Lamm, 2009]. Per evitare sovrapposizioni emotive, viene in soccorso a questa *empatia affettiva* la cosiddetta *empatia cognitiva*, che permette di comprendere che cosa gli altri stanno provando [G. Hein, T. Singer, 2008], distinguendo da ciò che si sta provando invece in prima persona [J. Decety, J. Grezes, 2006]. Alcuni studi sembrano dimostrare che le reazioni empatiche differiscono tra i generi: le donne sarebbero più empatiche degli uomini. Si è osservata per esempio la tendenza dei neonati a piangere se sentono un altro neonato che piange: tale reazione inconscia di empatia (dovuta a un

livello di maturazione ancora incompleto della corteccia prefrontale] è stata osservata con maggiore frequenza nelle neonate femmine che nei neonati maschi [K. Jankowiak-Siuda, K. Rymarczyk, A. Grabowska, 2011]. Le reazioni di uomini e donne dipendono anche dalla persona con cui stanno empatizzando, per cui se negli uomini questo può addirittura annullare l'effetto empatico (quando la persona che hanno davanti non ha la loro approvazione, per esempio, o quando ritengono che non si sia comportata correttamente), le donne sembrano comunque predisposte all'empatia indipendentemente dalla persona per cui la provano (sulla base delle loro caratteristiche neuroanatomiche e dei loro meccanismi neurofisiologici, probabilmente adattati rispetto al loro essere madri). Inoltre, il livello della risposta empatica cresce quanto più la sofferenza osservata negli altri è maggiore, improvvisa o quando la persona ci è molto vicina o è molto simile a noi.

### Il museo empatico

È un'espressione che può essere utilizzata per rappresentare due approcci (e forse anche due concetti) diversi. Il primo, che rispecchia la posizione di studiosi come Giovanna Vitale [G. Vitale, 2013], intende il museo empatico come un'istituzione che deve comprendere i bisogni dei visitatori, per l'appunto *mettendosi nei loro panni*, per superare situazioni di comunicazione unidirezionale, didascalica, a volte di difficile comprensione; ma anche per superare soluzioni non confortevoli e non rispettose delle diversità di *background*, di interessi e di capacità. Si tratta dunque di una nozione che porta con sé nuovi indirizzi progettuali e gestionali.

Il secondo approccio, sia pure riconducibile al primo nei suoi termini generali, si concentra invece sul rapporto tra visitatore/fruitori e oggetto/patrimonio esposto, e sulle dinamiche di comunicazione e mediazione per così dire più puntuali. Si tratta dell'approccio del progetto Neuromuseum, per il quale è importante che si venga a creare una relazione anche empatica con le collezioni e gli exhibits, grazie a diversi dispositivi e accorgimenti (sia fisici sia narrativi). Finora non è stata dedicata particolare attenzione allo studio delle narrazioni *non-fictional*, né al legame tra empatia e narrazione del patrimonio culturale; forse il primo caso è l'Empathy Museum, ispirato da Krznaric, inaugurato a Londra nel 2015 con l'obiettivo di stimolare l'empatia tra le persone in risposta all'individualismo contemporaneo. Non si occupa però di patrimonio culturale. Non ha una sede permanente, ma è caratterizzato da progetti *pop-up* itineranti [*empathymuseum.com*].

Anche altre iniziative museali sono state radicalmente innovative in questo senso: ad esempio, il Minneapolis Institute of Art (MiA) nel 2017 ha istituito un *Centro per l'Empatia e le Arti Visive* (CEVA) per "ricercare ed esplorare le migliori pratiche per promuovere l'empatia e la consapevolezza globale attraverso il potere dell'arte" (come spiegano nel Libro Bianco), con il sostegno di ricercatori, artisti, storici e filosofi. Hanno esplorato "come i musei possono suscitare empatia nei loro visitatori e promuovere la comprensione" [*new.artsimia.org/empathy*]. La risposta è stata quasi sempre: "Creando una connessione umana". L'insegnamento dell'empatia deve essere esperienziale.

Un altro caso degno di nota è la piattaforma *Empathetic Museum* (creata da un gruppo di professionisti museali), che fa riferimento a un museo in grado di instaurare un legame profondo con la propria comunità, consapevole dei suoi valori, delle sue esigenze e delle sue sfide [*empatheticmuseum.weebly.com*]. Offre workshops di sviluppo professionale e un toolkit online gratuito, il "*Maturity Model*", progettato "*per aiutare le organizzazioni a muoversi verso un futuro più empatico*". Si tratta di una sorta di autovalutazione del proprio quadro di riferimento attorno a cinque assi che caratterizzano una pratica empatica: visione civica, linguaggio del corpo istituzionale, risonanza della comunità, tempestività e indicatori di performance.

Sebbene molto diversi tra loro, questi due casi dimostrano come i musei stiano affrontando sempre più spesso questo tipo di emozioni.

### Come il progetto museale e la narrazione possono suscitare empatia

Questo approccio volto a suscitare empatia nelle persone è propugnato dalla ricercatrice Elif Gokcigdem [E. Gokcigdem, 2019], che studia proprio i modi in cui il museo può suscitare empatia tramite linee programmatiche, dedicate ad accrescere il coinvolgimento emotivo con i soggetti presentati. In particolare, suggerisce di partire da una serie di presupposti per fare sì che i musei siano promotori di empatia [*greatergood.berkeley.edu*]. Prima di tutto, ricorda che i musei sono lo specchio della società: offrono un luogo per incontrare la diversità e avere un reale dialogo con "gli altri" con cui condividiamo questo mondo. Eliminare gli stereotipi e i pregiudizi è un modo efficace per aumentare la nostra empatia.

Un altro punto che Gokcigdem sottolinea è che i musei sono una forma di narrazione: e la narrazione, come dimostrano ricerche attuali, stimola lo sviluppo dell'empatia. Se dunque i musei raccontano storie dal *punto di vista delle persone*, questo può aiutare a condividere in modo più ampio il nostro essere umani.

Ricorda anche che i musei possono offrire occasioni per un apprendimento esperienziale, che favorisce l'empatia: per esempio tramite exhibits interattivi che non si limitino alla comprensione intellettuale dei contenuti, ma invitino a vivere le storie in prima persona anche dal punto di vista corporeo: Gokcigdem cita gli esempi del *Center for Civil and Human Rights* ad Atlanta, che simula l'esperienza fisica di un manifestante non violento, strattinato e spintonato nel corso di una protesta [CNN, *1960's Woolworth's lunch counter*], o le mostre itineranti "*Dialogue in the Dark*" e "*Dialogue in silence*" dove persone cieche, sorde o mute conducono visite guidate all'interno di ambienti che riproducono le reali difficoltà di chi non può vedere, o sentire, o parlare dimostrando che le barriere possono anche capovolgersi [*dialogonelbuio.org*]. Queste dimostrano che, quando le esperienze empatiche verso altri modi di essere coinvolgono tutti i sensi, e non solo la mente, diventano estremamente efficaci e si imprimono più saldamente nella memoria.

Gokcigdem insiste anche sulla capacità dei musei di procurare stupore e meraviglia: esperienze inattese, che propongono prospettive diverse, ottengono particolare attenzione e sono in grado di mettere in dubbio le abitudini che condizionano i nostri pensieri e le nostre azioni. Si tratta dello stesso meccanismo che fa sì che gli astronauti, vedendo la terra

da una prospettiva del tutto inedita, provino la sensazione di vederla per la prima volta: alla meraviglia si aggiunge il senso di compassione per l'intero pianeta. La *meraviglia*, sostiene Gokcigdem, dovrebbe suscitare una reazione emotiva seguita da una reazione cognitiva. La prima, per quanto profonda, è fugace: ma può diventare persistente occasione di riflessione grazie alla reazione cognitiva, che si sofferma sulle domande e sulle possibili riflessioni che ne derivano. Lo stupore e la riflessione possono darci un senso di unità con gli altri, quindi portare ancora una volta all'empatia.

L'ultimo punto sottolineato da Gokcigdem è il fatto che i musei sono occasioni per la contemplazione del nostro mondo: e ogni visitatore può farlo nei propri modi e con i propri tempi, senza obbligo alcuno. Ci sono molte vie per guardare e riflettere, perché tutti siamo diversi: incoraggiare a comprendere questa grande verità è un ulteriore invito all'empatia.

Premesso che il museo (inteso come unità di spazio e narrazione, organizzato su una collezione e le sua comunicazione) non può essere neutrale, è fondamentale conoscere il suo pubblico con le sue attitudini, le sue preferenze e le sue difficoltà.

Ormai sappiamo che l'attenta conoscenza del proprio pubblico (o meglio, del pubblico che si intende intercettare) è cruciale. Indagini a carattere generale ma anche la raccolta di feedback mirati sono di grande utilità non solo per impostare ma anche e soprattutto valutare le azioni intraprese.

### Indagini sui visitatori

Spesso i musei conducono indagini sui visitatori, ma ovviamente intercettano le opinioni e le aspettative del loro pubblico ovvero di persone già propense o abituate a visitare musei (i cosiddetti *museumgoers*) o, in ogni caso, persone già naturalmente aperte alle esperienze culturali.

Viceversa, altrettanta attenzione – se non di più – deve essere dedicata al cosiddetto non-pubblico, e alla comprensione dei motivi del pubblico *disaffezionato*.

Com'è noto, la Convenzione di Faro ha sottolineato che bisogna tenere in speciale considerazione le persone con difficoltà e i giovani, identificando così una fascia di popolazione decisamente impegnativa e sfidante.

Gli esperimenti di Neuromuseum hanno in effetti monitorato diversi settori di pubblico, e testato il ruolo cruciale delle emozioni. In particolare, il team di ricerca ha studiato come *il patrimonio culturale può generare non solo comprensione intellettuale ma anche coinvolgimento emotivo e suscitare empatia*. Empatia che, a sua volta, facilita l'identificazione nel passato, la riflessione sul presente e una più profonda comprensione del mondo.

La comunicazione culturale (tramite la narrazione, le soluzioni spaziali e allestitive, gli stimoli interattivi) dovrebbe dunque sollecitare l'interpretazione, la condivisione, la riflessione.

### Alcuni principi utili alla progettazione

In base alle diverse tipologie di esperimenti condotti, possono essere estrapolati alcuni principi utili alla progettazione:

1. l'oggetto può essere portatore di significati controversi, nonché di carico emozionale positivo o negativo. È importante non dare per scontato il processo di immedesimazione, che gli esperimenti hanno indicato essere a volte soltanto inconscio. Una contestualizzazione nella presentazione dell'oggetto/degli oggetti può influenzare questo effetto: la contestualizzazione affidata soltanto al testo è meno forte dal punto di vista emotivo (Museo Egizio prima fase, ETRU e Necropoli di Cerveteri);
2. l'assenza di narrazione, la narrazione "informativa" e la narrazione interpretativa/emotiva hanno naturalmente effetti diversi. Se la narrazione (in questo caso narrazione audio, quindi enfattizzata da diversi toni recitativi) mostra un aumento progressivo del coinvolgimento emotivo quando si passa da una descrizione puramente informativa a una descrizione/interpretazione emozionale, ancora una volta non per tutti i visitatori il coinvolgimento è stato il medesimo. Si ribadisce che è importante non generalizzare, perché le differenze di età, di genere e di background creano livelli di coinvolgimento emotivo molto diversi. Tuttavia, la coesistenza (l'alternanza) di entrambi i toni narrativi sembra una strada degna di essere perseguita ed esplorata più a fondo (Museo Egizio seconda fase, ETRU e Necropoli di Cerveteri);
3. nel caso di un oggetto particolarmente importante, si è confermato che diversi contesti narrativi ed espositivi possono indirizzare la risposta emotiva ma anche l'attività cerebrale. Occorre rilevare che quest'ultima è più intensa se il commento non è emotivo, ma ancor più intensa in assenza di commento. L'allestimento, in mancanza di informazioni di qualsiasi genere, può sostanzialmente influenzare l'attività cerebrale ma la reazione empatica viene probabilmente limitata al livello inconscio. Infatti, contrariamente alle aspettative, difficilmente può scatenare una reazione empatica evidente che non sia già sottesa, per così dire, nell'oggetto stesso. Sembra essere più importante rompere la norma e introdurre un fattore sorpresa che non accentuare troppo l'atmosfera emotiva (Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia – Necropoli della Banditaccia di Cerveteri – Pilot VR).

### Linee guida

Le linee guida tratte dagli esperimenti riguardano naturalmente l'impostazione generale di azioni di comunicazione e mediazione che necessitano poi di essere nutrite di contenuti che solo lo staff museale ha la competenza per sviluppare.

Dunque cruciale è l'impostazione dei contenuti intesa come identificazione e svisceramento dei *valori sottesi al patrimonio, di cui il patrimonio stesso è portatore*. Non si tratta di semplici dati e informazioni. Una pianificazione efficace non può prescindere dalla loro definizione: soprattutto nei loro aspetti di attualizzazione e possibile immedesimazione dei visitatori.

In relazione alla visita museale nella sua interezza, certamente essa è composta da una serie di *momenti* particolarmente densi, pregnanti o dirimenti nell'esperienza: la parte di introduzione (che si invita a pensare in termini originali, in grado di incontrare le aspettative del pubblico ma anche, allo stesso tempo, di contraddirle); il *momento forte*, o climax, un apice di coinvolgimento capace di (ri)conquistare l'attenzione del pubblico, di generare stupore e meraviglia; infine una conclusione (spesso, incredibilmente, *dimenticata* nei musei) che sia una sintesi efficace dei contenuti, ma che al contempo lasci spunti e spazio per la riflessione individuale (che deve proseguire oltre le mura del museo).

Per quanto riguarda l'approccio comunicativo, è quasi superfluo sottolineare che deve rispettare una serie di caratteristiche quali l'abbandono di toni assertivi; l'abbandono di un obiettivo di neutralità spaziale; un attento bilanciamento tra emozione e decompressione; la messa in mostra degli oggetti in una atmosfera che sia per così dire in *risonanza* con essi.

Le soluzioni e gli strumenti per un tale approccio non sono date una volta per tutte, indipendentemente dalla tipologia di museo e di collezione: si possono tuttavia suggerire metodi e pratiche utili per supportare una progettazione che non può che essere creativa e *su misura*.

Si precisa che le presenti indicazioni sono derivate sia dalle misurazioni dei parametri neurofisiologici e dell'attività cerebrale dei partecipanti, sia dalla loro correlazione con le risposte alle domande dei questionari, sia infine dall'osservazione diretta, empirica e non sistematizzata, dei loro comportamenti. Dagli esperimenti è emerso che chiamare in causa legami affettivi personali è certamente un modo per attirare l'attenzione e suscitare empatia, come lo è promuovere l'identificazione del soggetto con i personaggi e le vicende esposte.

Linee guida generali suggerite dagli esperimenti possono dunque essere riassunte come segue, ovvero i seguenti accorgimenti sembrano particolarmente efficaci:

- lasciare emergere interrogativi irrisolti, se possibile inaspettati e con risvolti personali, derivati dalle storie legate agli oggetti esposti;
- lasciare piccoli spazi di indefinitezza, in modo da suscitare ulteriori domande e alimentare l'interpretazione e l'immedesimazione;
- evitare accuratamente una comunicazione unidirezionale, poiché la verità ha diverse facce;
- mirare all'appropriazione interiore e profonda *da parte di tutti* dell'eredità costituita dal patrimonio culturale.

Tuttavia, se queste possono essere le linee guida generali, il design empatico richiede un articolato lavoro preliminare e una continua messa in discussione dell'approccio: in questo infatti si ritiene consista la principale linea metodologica.

Un quadro di riferimento per il progetto, derivato dalla *General Matrix* nonché dalla *Interpretation and Assessment Matrix* riportate nella prima parte di questo volume, delinea una metodologia che può supportare un design per esperienze di visita maggiormente empatiche.

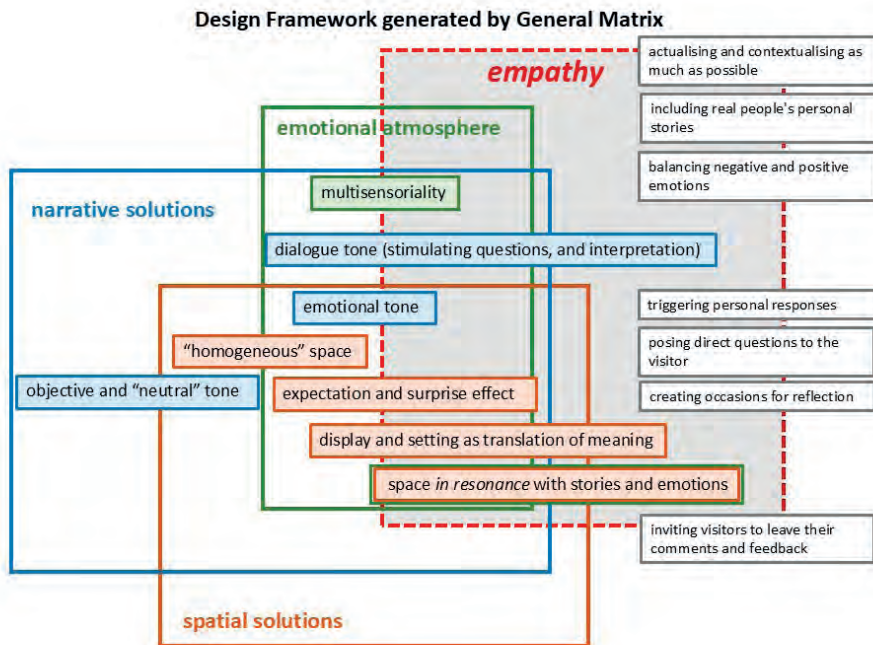


Fig. 1. Design framework

Tale quadro di riferimento, riassunto nello schema [Fig. 1], chiama in causa le due grandi componenti dell'esperienza di visita, lo spazio e la narrazione, intersecandole con la cosiddetta atmosfera emotiva e le condizioni favorevoli per una risposta empatica.

**Soluzioni narrative**

Le soluzioni narrative sono naturalmente molte e variegate, ma si riassumono qui in tre grandi categorie sulla base dell'approccio adottato: ovvero un approccio oggettivo e informativo, cosiddetto neutrale; un approccio emotivo e interpretativo; un approccio dal tono dialogante, anch'esso interpretativo ma volto a stimolare riflessioni e interrogativi. Il primo innalza il *workload* (lo sforzo cognitivo) che risulta pur sempre inferiore a quello richiesto nel caso in cui la narrazione fosse assente: in altre parole, le informazioni sono necessarie. Il secondo abbatte lo sforzo cognitivo lasciando spazio al coinvolgimento emotivo. Il rapporto tra i due deve creare un equilibrio che non può che rivelarsi costruttivo. Il tono dialogante può contribuire a creare empatia, e dovrebbe essere in grado di richiedere sia sforzo cognitivo sia coinvolgimento emotivo.

**Soluzioni spaziali**

Le soluzioni spaziali presentano anch'esse una varietà pressoché infinita, di cui si sottolineano qui quattro differenti tipologie in relazione alle qualità dello spazio che definiscono, ovvero:

- uno spazio omogeneo, volto a definire chiaramente un sistema comunicativo e particolarmente adatto alla concentrazione mentale;
- uno spazio narrativo, organizzato intorno a un crescendo di aspettativa e/o a un effetto sorpresa;
- uno spazio interpretativo, in grado di ambientare e contestualizzare, contribuendo a trasferire significati;
- uno spazio risonante con le storie e le emozioni a esse connesse.

Appare chiaro che certe soluzioni spaziali meglio si accordano con determinati toni narrativi: per esempio uno spazio omogeneo è particolarmente indicato per una narrazione dal tono informativo e (cosiddetto) neutrale. È altrettanto vero che lo spazio non deve prevalere sui contenuti e sui valori del patrimonio esposto, evitando accuratamente di porsi come *gesto allestitivo* a se stante; così come non deve essere portatore di messaggi non pertinenti (cosa che può accadere anche involontariamente, se non si padroneggia perfettamente il linguaggio dello spazio allestito). Si raccomanda di evitare un carattere spaziale mono-tono, l'effetto dell'aspettativa e della sorpresa sono molto forti sulle diverse fasce di pubblico.

### **L'atmosfera emotiva**

L'atmosfera emotiva, che caratterizza ogni ambiente (non solo museale) è un concetto dibattuto, a lungo considerato troppo vago e privo di confini scientifici [E. Canepa, 2019; 2022]. Negli ultimi decenni, tuttavia, un crescente interesse si è rivolto all'atmosfera, sia da parte di architetti (quasi superfluo ricordare i saggi di Juani Pallasmaa [J. Pallasmaa, 2005] e di Peter Zumthor [P. Zumthor, 2006]) sia da parte dei neuroscienziati (si veda la pluriennale attività dell'ANFA, International Association for Architecture and Neuroscience) [*anfarch.org*] producendo interessanti considerazioni e aperture per nuovi campi di indagine [S. Robinson, J. Pallasmaa (eds.), 2015].

Ormai sappiamo che prima ancora che la nostra mente è il nostro corpo che reagisce a uno spazio: percependone in pochi secondi l'atmosfera tramite tutti i sensi. Poiché la memoria è soprattutto corporea, se pure i dettagli possono essere dimenticati l'atmosfera invece permane maggiormente, soprattutto se in grado di evocare una risposta emotiva significativa. Dunque è importante che l'atmosfera percepita non entri in collisione con i significati che si intende trasmettere, e che sia favorevole a suscitare riflessioni personali. Su questo, come si può intuire, non si possono dare regole certe ma si può soltanto rimandare alla sensibilità dei progettisti, che deve fondarsi su una costante condivisione con i curatori e i mediatori. Il solo attributo dell'atmosfera che abbiamo inserito nello schema si riferisce alla sua multisensorialità.

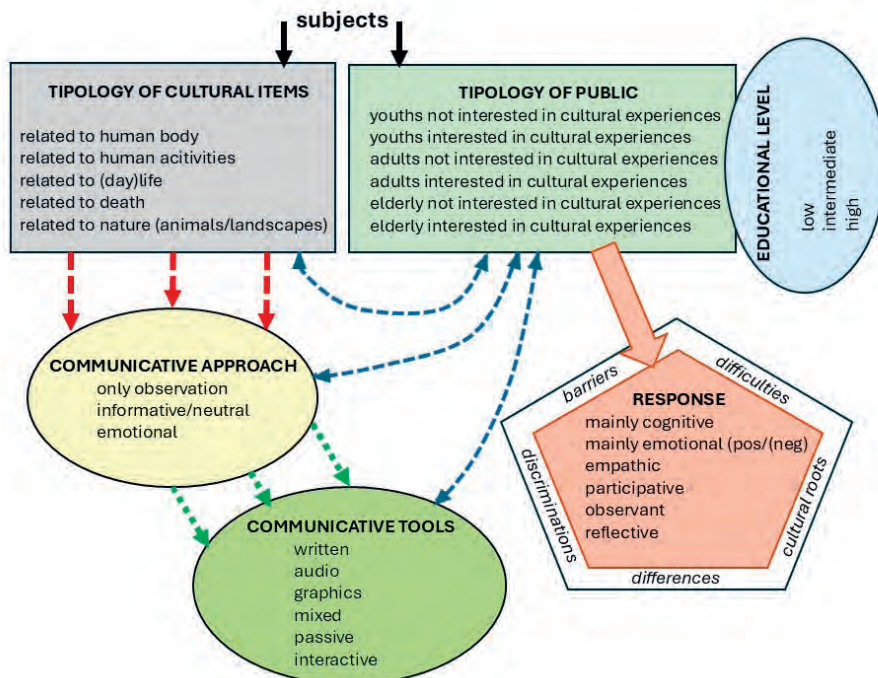


Fig. 2. Framework generale per l'inclusione e l'appropriazione interiore

### La risposta empatica

La risposta empatica, infine, può essere attivata in molti modi in relazione ai punti precedenti. Ribadendo la necessità di un approccio originale ogni volta, si suggeriscono qui alcune strategie:

- dopo aver contestualizzato, cercare di attualizzare i contenuti il più possibile;
- includere storie di persone reali;
- bilanciare emozioni positive e negative;
- facilitare e incoraggiare risposte personali;
- porre domande dirette al visitatore;
- creare occasioni per una vera riflessione individuale, tenendo in considerazione la diversità;
- invitare a lasciare il proprio feedback e i propri commenti, possibilmente visibili a tutti.

Come si può osservare nello schema [Fig. 1], non tutti i toni narrativi o le soluzioni spaziali sono favorevoli a una risposta empatica (il che non significa che la rendano impossibile). È nelle zone dove le diverse componenti si sovrappongono che si suggerisce di inquadrare l'approccio per un design di esperienze empatiche.

Va chiarito che i risultati sperimentali, come previsto, non hanno fornito risposte certe e univoche. Le differenze nel pubblico risultano evidenti anche nelle risultanze ottenute: in particolare, la differenza di genere e ancor più quella di età influenzano l'atteggiamento

di riflessione, il coinvolgimento emotivo e il livello di interesse. Per esempio è emerso che le donne tendono a lasciarsi coinvolgere positivamente più di quanto accada agli uomini; e le persone meno giovani sono più propense alla contemplazione e si rapportano con il silenzio con maggiore facilità rispetto ai più giovani.

### **La riflessione**

La riflessione, più volte richiamata, è forse il fine ultimo di una visita museale. Essa è incoraggiata in molti casi da una risposta empatica, ma non necessariamente, e certo non esclusivamente: essa è alimentata innanzitutto da informazioni e dati, soprattutto quando viene fornita un'adeguata contestualizzazione. In mancanza di conoscenza, essa è fragile: alla mercé di derive emozionali, può creare connessioni infondate e giungere a conclusioni scorrette. Se qualsiasi riflessione è lecita, il museo deve tuttavia indirizzare e guidare, con la consapevolezza di essere esso stesso un elemento del circolo ermeneutico. Pertanto, diversi scenari si aprono all'interno del quadro di riferimento riassumibile nello schema [Fig. 2].

Sarebbe scorretto affermare che determinati approcci o soluzioni sono *errati*. A volte l'interesse della collezione e delle informazioni a essa collegate è tale che l'impatto sul visitatore è comunque notevole: emotivo o intellettuale che sia. Tuttavia, a livello generale, è importante considerare la reale *accessibilità* che deriva da una presentazione esclusivamente informativa e *neutrale* (termine sulla cui ambiguità non ci soffermeremo mai abbastanza: perché la neutralità è già una scelta, e una scelta non è mai neutrale). Non tutto il pubblico è attrezzato per comprendere, acquisire e processare le informazioni presentate in quanto tali. I dati parlano ma soltanto per chi li può interpretare: occorre avere la possibilità di compararli, di metterli in relazione con altri dati e così via.

È sempre utile ricordare che la condizione di *inaccessibilità* non riguarda sempre le stesse fasce di pubblico (come spesso si è tentati di pensare) [M. Benente, V. Minucciani, 2020]. Una persona di una certa età, priva di titolo di studio, che da sempre ama la musica rock, potrebbe avere molte difficoltà ad apprezzare un museo di archeologia etrusca, ma viceversa, potrebbe comprendere e apprezzare appieno un museo dedicato al Festival di Woodstock, dove invece si troverebbe del tutto a disagio e impreparato un giovane studioso di etruscologia, amante della musica lirica. In altre parole: l'accessibilità, anche quella culturale, è un concetto totalmente relativo.

Si sono qui proposti due casi opposti, ma le sfumature intermedie sono infinite e non sempre prevedibili. Quindi non si può dare un approccio efficace *sempre*, ma è importante averne la consapevolezza e, ancora una volta, includere la diversità.

I più comuni mezzi per trasmettere un contenuto culturale sono schematizzati nello schema che segue nella pagina successiva [Fig. 3].

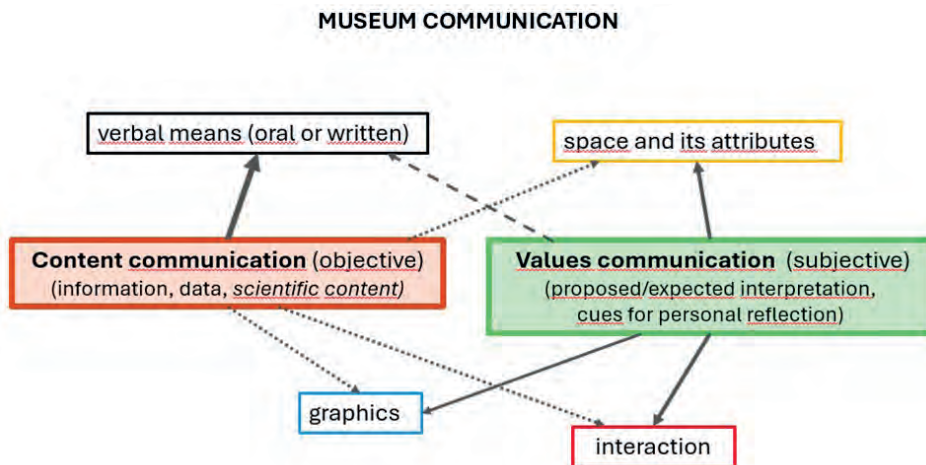


Fig. 3. Museum communication

Per sintetizzare la metodologia progettuale, va detto innanzitutto che essa deve essere orientata verso una comunicazione dei contenuti in grado di suscitare reazioni empatiche di autoidentificazione attraverso il patrimonio culturale. Nel quadro generale di una comunicazione museale che, secondo la definizione più recente, può e deve favorire l'interpretazione e la riflessione, si possono individuare almeno due componenti:

- la comunicazione dei contenuti intesa come trasmissione di informazioni e dati, che veicola quindi *contenuti scientifici*
- la comunicazione dei valori, intesa come interpretazione proposta o attesa, come invito a empatizzare e come indizio per una riflessione personale che perduri oltre la visita.

Se la prima delle due componenti è sostanzialmente affidata alla comunicazione verbale (orale o scritta), la seconda si avvale di molte altre componenti, meno oggettive e controllabili pur se riconducibili a tendenze di massima: certamente questa seconda componente annovera, fra i suoi strumenti, anche lo spazio.

### Fasi della metodologia progettuale

Specificamente, la metodologia progettuale - museologica e museografica - può essere riassunta nelle seguenti macro-fasi:

- **Identificazione dei valori** di cui il patrimonio è portatore. Al loro interno, occorre quindi esplorare la possibilità di attualizzarli, rendendoli comprensibili/condivisibili/trasmissibili tramite un processo di identificazione.
- **Indagine**, ivi compresa quella sull'audience (*sulle audiences*). Nel progetto Neuromuseum essa è rappresentata dal questionario pre-visita: è importante identificare non solo i bisogni degli utenti ma anche i loro pregiudizi (intesi come giudizi già costruiti e acquisiti) che sono in grado di condizionare la visita e sono tanto più difficili da sradicare quanto più il livello culturale della persona è elevato.

- **Approccio creativo/propositivo** implementato attraverso un confronto con i cosiddetti *stakeholders* (i portatori di interesse) e possibilmente testato, sia pure in modo semplificato e circoscritto. In questa fase è fondamentale trovare un legame con procedure/eventi/gesti ancora rintracciabili nella contemporaneità; altrettanto importante è l'esame delle possibili reazioni emotive e le loro conseguenze sul visitatore (generano empatia, piuttosto che pensiero positivo/negativo, speranza o disillusione...); è necessario infine uno sforzo costante per riportare gli oggetti e i fatti alle persone (*storytelling* inteso come storia non tanto reale quanto realistica e plausibile, in accordo con i dati scientifici in nostro possesso)

Si individuano poi alcuni step in maggiore dettaglio, identificati nella messa in opera degli esperimenti all'interno del progetto Neuromuseum:

- scambio con i curatori e con lo staff museale allargato: per delimitare e definire la sfida e per cercare e individuare le opportunità;
- definizione delle componenti: riconoscere e identificare i valori nel patrimonio culturale;
- indagine e *brainstorming*: i bisogni degli utenti, l'empatia in pratica;
- ricerca dell'ispirazione, ampliamento delle possibilità creative: il metodo del *perché no?*, ovvero accantonamento temporaneo del pensiero critico per lasciare spazio a nuove intuizioni.
- generazione dell'idea e sviluppo di una proposta fattibile e *user-centered*: tenendo in considerazione i vincoli fisici/tecnici, ma anche e soprattutto l'esperienza emotiva dell'utente;
- perfezionamento delle soluzioni in un processo iterativo fondato sul feedback, per soddisfare i caratteri di flessibilità e adattabilità;

Il riferimento a tutto quanto illustrato in precedenza dovrebbe essere costante.

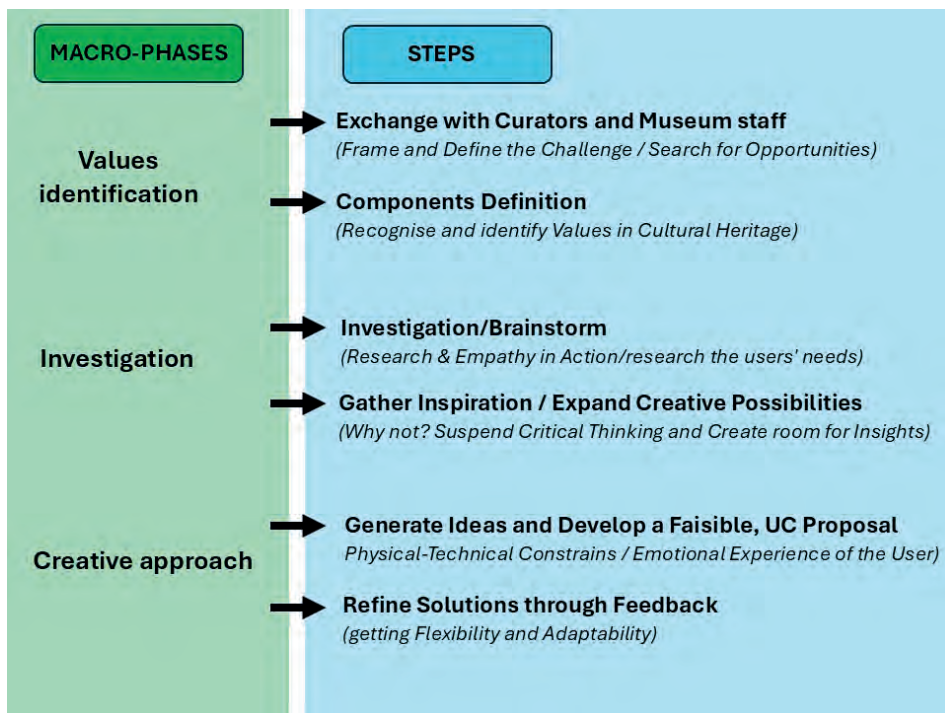


Fig. 4. Design methodology

### I passi successivi.

Con il procedere della fase progettuale, è importante:

1. riconoscere che l'oggetto può avere significati controversi e cariche emotive positive o negative.
2. non dare per scontato il processo di identificazione e affidarsi alla contestualizzazione.
3. non generalizzare le esigenze del pubblico, poiché le differenze di età, genere e background creano diversi livelli di coinvolgimento emotivo.
4. tenere presente che contesti narrativi ed espositivi diversi possono influenzare non solo la risposta emotiva, ma anche, in modo significativo, l'attività cerebrale.

L'immagine [Fig. 4] riporta una sintesi della metodologia.

In accordo con le evidenze sperimentali (ma anche interpretando quelli che sono segnali e tendenze non statisticamente significativi, e riconoscendo che altre sperimentazioni viepiù precisamente orientate sono necessarie), si possono dunque verificare diversi scenari. Sottolineandone le relazioni con gli obiettivi dell'inclusione e dell'appropriazione personale del patrimonio culturale, li si può sintetizzare nello schema a seguire [Fig. 5].

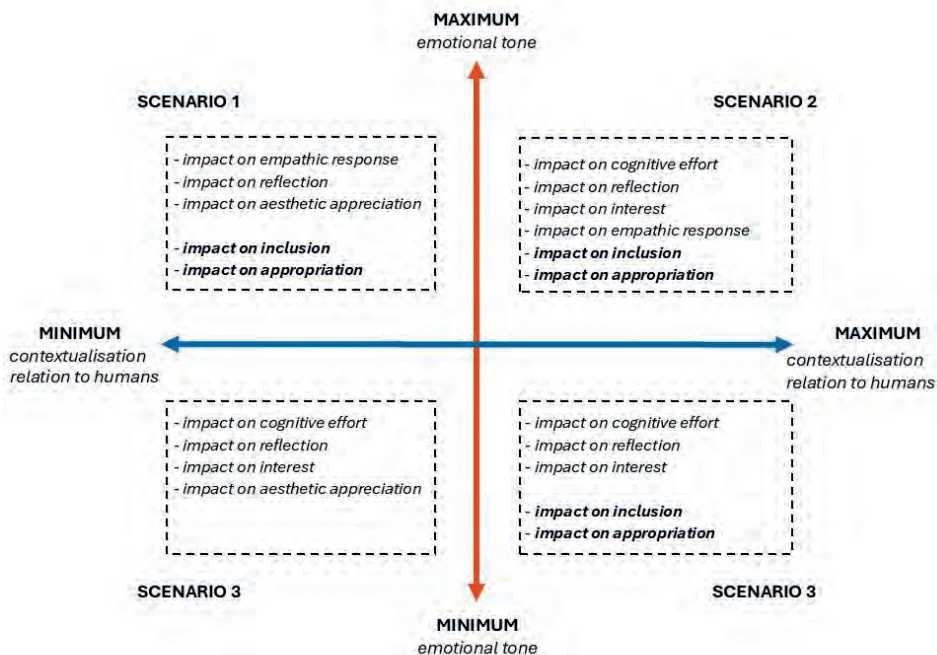


Fig. 5. Scenarios

### Prospective future

Come era chiaro sin da subito, questo filone di ricerca sta per così dire gettando le proprie basi in questi anni, alla ricerca di linee guida metodologiche, di set sperimentali, di strumentazioni e di competenze specifici. Appare decisamente promettente, e progetti come Neuromuseum, oltre a indicare possibili percorsi, dimostrano che molta strada deve ancora essere fatta per comprendere la portata scientifica e pratica di questi metodi applicati al campo della comunicazione e valorizzazione del patrimonio culturale.

Nello stesso tempo dimostrano, una volta di più, che si tratta di un ambito potenzialmente proficuo e ricco di sviluppi, anche in relazione ai temi del benessere, dell'inclusione e della cognizione spaziale.

Tuttavia, il tema del cosiddetto non pubblico e del pubblico disaffezionato (che solo in parte coincidono) merita una riflessione più ampia e trasversale, che non può essere svolta soltanto all'interno di ricerche di tipo accademico. Il gruppo di ricerca è da tempo impegnato ad approfondire questa tematica, ma la stessa delimitazione del campo è complessa e per certi aspetti sfuggente. Il non pubblico, così come il pubblico disaffezionato, sono categorie completamente trasversali alla classe sociale, al genere e all'età, e per certi aspetti allo stesso background culturale. Le motivazioni di questa lontananza (o allontanamento) sono davvero molteplici. D'Agostino [G. D'Agostino, 2025], per esempio,

ha studiato recentemente la fascia di non pubblico che si trova in particolari condizioni di difficoltà economica e sociale, mettendo in relazione la solitudine e l'emarginazione con la lontananza dalle occasioni culturali. Si tratta di una delle tante situazioni in cui la vita culturale non riesce a intercettare una determinata fascia di pubblico, ma certamente i possibili approcci sono molti. Per esempio, come da tempo aveva segnalato la Convenzione di Faro, i giovani e i giovanissimi sono una categoria la cui lontananza dal patrimonio culturale viene spesso sottovalutata mentre è evidente e diffusa. Alcune condizioni lavorative possono contribuire, con orari proibitivi, a rendere difficoltosa la fruizione di occasioni culturali. E, infine, non è superfluo ricordare che i pazienti negli ospedali o gli anziani nelle case di riposo, per arrivare a situazioni estreme come quelle dei carcerati, rappresentano categorie di potenziale pubblico che è materialmente impossibilitato a *godere della vita culturale*, nonostante questa sia espressamente menzionata dalla Dichiarazione dei Diritti Universali dell'Uomo.

Neuromuseum ha mantenuto presente questa tematica nel corso di tutto il suo svolgimento, così come essa era stata considerata anche nelle sperimentazioni precedenti su cui il progetto si fonda. Un risultato di rilievo, pur non statisticamente significativo, riguarda il fatto che fra i partecipanti agli esperimenti chi non visita mai o quasi mai i musei è stato particolarmente soddisfatto dell'esperienza. Si tratta di soggetti che a volte hanno dedicato alla visita più tempo degli altri, a volte decisamente meno, ma in ogni caso nessuno di loro ha riportato uno stato di insoddisfazione tale da giustificare la lontananza dai musei. Si può forse, provvisoriamente, ritenere che essa sia esito di una serie di concause fra cui certamente un'offerta spesso percepita come elitaria e "difficile", ma anche la mancanza di occasioni, di persone con cui visitare i musei, e semplicemente la mancanza dell'abitudine (che spesso definisce i confini della propria personale comfort zone).

Un'altra prospettiva concerne, infine, il consolidamento di una comunità scientifica transdisciplinare, tra neuroscienze e architettura (in generale) e spazi espositivi (in particolare).

Da questo punto di vista c'è molto fermento anche e soprattutto a livello internazionale: il team di ricerca aveva già rapporti con diverse istituzioni e diversi ricercatori anche oltre i confini nazionali. A questo proposito, infatti, sebbene il progetto sia stato concepito a livello nazionale con specifico riferimento al patrimonio archeologico così significativo nel nostro Paese, il team ha da subito auspicato che la presente ricerca potesse rappresentare un'esperienza pilota in grado di coinvolgere altri paesi e altre tipologie di patrimonio. È da considerarsi quindi come un segno estremamente positivo il fatto che le riflessioni e i risultati di Neuromuseum stiano convergendo nel progetto internazionale META-MUSEUM finanziato dall'Europa nell'ambito del programma Horizon Europe, che si concluderà al termine del 2027. Il progetto coinvolge, oltre all'Italia con lo stesso team di ricerca di Neuromuseum, numerosi altri Paesi Europei: la Spagna, la Francia, la Germania, i Paesi Bassi, la Polonia, la Lituania, la Romania e la Grecia.

Il timone si sta dirigendo, lentamente ma percettibilmente, verso un coinvolgimento del pubblico che superi i limiti tradizionali dei ruoli.

Le risposte del pubblico, le reazioni emotive e cognitive così come sono emerse, hanno molto da insegnare a tutti gli operatori culturali: dai conservatori ai mediatori ai progettisti ai grafici.

Per questo siamo convinti che la parte più interessante di questi progetti non siano tanto le conclusioni (inevitabilmente provvisorie e parziali) quanto le risultanze e le evidenze sperimentali.

Crediamo che gli operatori museali possano trarre grande vantaggio da questo tipo di analisi e di osservazione transdisciplinare.

## BIBLIOGRAFIA

G. ALELIS, A. BOBROWICZ, C.S. ANG, *Exhibiting Emotion: Capturing Visitors' Emotional Responses to Museum Artefacts*, in International Conference of Design, User Experience, and Usability, 2013, pp. 429-438; doi: 10.1007/978-3-642-39238-2\_47

M. BENENTE, V. MINUCCIANI, *Inclusive Museums: From Physical Accessibility to Cultural Appropriation*, in G. DI BUCCHIANICO ET AL. (EDS.), AHFE 2020, Springer, 2020

E. CANEPA, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra Architettura e Neuroscienze*, Doctoral Thesis, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, Italy, 2019

E. CANEPA, *Architecture is atmosphere Notes on empathy, emotions, body, brain and space*, in «Atmospheric spaces», 2022

G. D'AGOSTINO, *Il ruolo sociale dei musei: creare nuove relazioni con e tra i "non pubblici" e il patrimonio culturale*, Doctoral Thesis, M. BENENTE, V. MINUCCIANI (REL.), Politecnico di Torino, 2025, p. 247

J. DECETY, J. GREZES, *The power of simulation: imagining one's own and other's behavior*, in «Brain Research», (1079) 2006, pp. 4-14

F. FORTUNA, A. TIBERIO, *Il mondo dell'empatia: campi di applicazione*, Milano, Franco Angeli, 1999

E. GOKCIGDEM, *Fostering Empathy Through Museums*, Arlington(VA), American Alliance of Museums, 2019

E. HATFIELD, J.T. CACIOPPO, R. RAPSON, *Emotional Contagion*, New York, Cambridge University Press, 1994

G. HEIN, T. SINGER, *I feel how you feel but not always: the empathic brain and its modulation*, in «Current Opinion in Neurobiology», (18) 2008, pp. 153-158

K. JANKOWIAK-SIUDA, K. RYMARCYK, A. GRABOWSKA, *How we empathize with others: a neurobiological perspective*, in «Medical Sciences Monitor», 17(1), 2011, pp. 18-24

R. KRZANARIC, *EMPATHY and the Art of Living*, Oxford, Blackbird, 2007

R. KRZANARIC, *Empathy: A Handbook for Revolution*, New York, Random House, 2014

R. KRZANARIC, *Empathy: Why it matters, and how to get it*, New York, Tarcher Perigee, 2015

T. LIPPS, *Ästhetik: Psychologie des Schönen und der Kunst: Grundlegung der Ästhetik, Erster Teil*. Hamburg, Germany, 1903

J. PALLASMAA, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, United Kingdom, Wiley Academy, 2005

S. ROBINSON, J. PALLASMAA (EDS.), *La mente in Architettura: Neuroscienze, incarnazione e futuro del design*, M. ZAMBELLI (TRAD.), Firenze, Firenze University Press, 2021

T. SINGER, C. LAMM, *The social neuroscience of empathy*, in «Annals of the New York Academy of Science (Ann N Y Acad Sci)», 2009; doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04418.x

G. VITALE, *Design di sistema per le istituzioni culturali. Il museo empatico*, Bologna, Zanichelli, 2013

P. ZUMTHOR, *Atmospheres*, Basilea, Birkhäuser, 2006

## SITOGRAFIA

anfarch.org

CNN, *1960's Woolworth's lunch counter simulated at new museum* (visitato 14 novembre 2025)

dialogonelbuio.org/index.php/it/

empathymuseum.com

empathymuseum.comew.artsmia.org/empathy

empatheticmuseum.weebly.com

greatergood.berkeley.edu/article/item/five\_ways\_museums\_can\_increase\_empathy\_in\_the\_world



## **RINGRAZIAMENTI**

---

Il progetto, oltre ai ricercatori direttamente coinvolti, ha richiesto il tempo, la disponibilità e la competenza di molte persone. Desideriamo ringraziare tutti loro.

**ETRU Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia**, per il supporto e la disponibilità, nelle persone di:

Valentino Nizzo, *allora Direttore*

Vittoria Lecce, *Funzionaria archeologa. Curatrice delle Sezioni Vulci, Bisenzio, Veio*

Vincenzo Bellelli, *Direttore ad interim*

Luana Toniolo, *attuale Direttrice*

**Museo Egizio di Torino**, per il supporto e la disponibilità, nelle persone di:

Christian Greco, *Direttore*

Valentina Turina, *Restauratrice Senior, Dipartimento Collezione e Ricerca*

Sara Aicardi, *Restauratrice Senior, Dipartimento Collezione e Ricerca*

Paolo del Vesco, *Curatore, Dipartimento Collezione e Ricerca*

Federica Ugliano, *Curatrice, Dipartimento Collezione e Ricerca*

Enrico Barbero, *Architetto, Coordinatore Progetti Allestitivi, Area Produzione*

Federico Zaina, *Responsabile del Dipartimento Collezione e Ricerca*

**Il parco archeologico della Banditaccia di Cerveteri**, per il supporto e la disponibilità, nelle persone di:

Vincenzo Bellelli, *Direttore del Parco archeologico di Cerveteri e Tarquinia*

Carmelo Rizzo, *Personale Ales (Archeologo)*

Caterina Agostino, *Personale Ales (Architetto)*

Maria Taloni, *Funzionario archeologo*

Si esprime riconoscenza al progetto AUTHENTIC, grazie al quale è stata effettuata la dettagliata scansione del Sarcofago degli Sposi

**La Croce Rossa Italiana**, per aver partecipato attivamente alle sperimentazioni, nelle persone di:

Cecilia Crescioli, *Segretario Generale della CRI Comitato Nazionale*

Massimo La Pietra, *Responsabile Unità Operativa Centrale di Risposta Nazionale, Ufficio del Direttore Tecnico e Vice Segretario Generale del Comitato Nazionale*

Valerio Mogini, *Responsabile Unità Operativa Centrale di Risposta Nazionale, CRN del Comitato Nazionale*

Ascanio M. Cosolo, *Officer Unità Operativa Centrale di Risposta Nazionale, Ufficio del Direttore Tecnico e Vice Segretario Generale del Comitato Nazionale*

Paola Bernieri, *Delegato Tecnico Inclusione Sociale del Comitato Area Metropolitana di Roma Capitale*

Francesco Brugioni, *Delegato Inclusione Sociale del Comitato Area Metropolitana di Roma 11*

I colleghi Valerio Lo Verso e Alberto Gremo del Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino, per la consulenza illuminotecnica

Le colleghe e i colleghi dei gruppi di ricerca del Politecnico di Torino afferenti: il Laboratorio di Geomatica per i beni architettonici (G4CH, Geomatics for Cultural Heritage Lab) del Dipartimento di Architettura e Design, e in particolare Giulia Sammartano i Laboratori di Topografia e Geomatics Lab del Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), che hanno collaborato alla fase di acquisizione dati, in particolare Vincenzo Di Pietra, Milad Bagheri e Angeliki Makellaraki per il supporto fornito anche nelle fasi di processamento dati.

I colleghi Micaela Demichela e Carlos Albarrán Morillo del Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia del Politecnico di Torino), per la consulenza e il supporto nell'indagine effettuata con l'eye tracker

I ricercatori di BrainSigns per la disponibilità e l'assistenza nell'interpretazione delle misurazioni dei parametri neurofisiologici, nelle persone di: Pietro Arico, Giulia Cartocci, Stefano Menicocci, Andrea Giorgi, Antonello Di Florio, Arianna Trettel

L'archeologa Melania Semeraro, per la sua consulenza e i suoi feedback sempre preziosi e costruttivi

Gianluca D'Agostino e Francesco Paganelli per il sostanziale contributo

Il personale tecnico amministrativo del Dipartimento di Architettura e Design

Grazie anche a Annamaria Berti e Raffaella Ricci, Claudio Zavattaro, Hilary Serra, Emanuele Cirillo del Dipartimento di Psicologia dell'Università degli studi di Torino: con loro abbiamo condotto i primi, esplorativi esperimenti a Villa Giulia, da cui Neuromuseum parte.



Finito di stampare in Italia nel mese di dicembre 2025  
per conto di Edifir – Edizioni Firenze



Il volume costituisce un'occasione di sintesi del percorso e dei risultati ottenuti nel quadro del progetto PRIN PNRR Neuromuseum, che ha visto la collaborazione tra gruppi di ricerca del Politecnico di Torino e dell'Università di Roma La Sapienza.

Abbiamo scelto di ripercorrere il progetto, dalla sua genesi ai suoi risultati e loro concrete prospettive, in una serie di saggi che restituiscono l'idea della transdisciplinarietà che ha contraddistinto questa collaborazione: un percorso di ricerca che ha messo in luce l'esigenza di trovare forme nuove per l'apprendimento culturale nei musei per garantire che il patrimonio culturale possa essere efficace strumento di crescita umana e che promuova integrazione, inclusione e benessere.

**Valeria Minucciani** è professoressa di Architettura degli Interni e Allestimento presso il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino. I suoi ambiti di ricerca riguardano la museografia contemporanea con particolare riferimento ai beni culturali religiosi e al patrimonio archeologico. Le sue ricerche sul well-being nell'architettura degli interni la hanno condotta a esplorare, in questi ultimi anni, la contaminazione disciplinare tra architettura e neuroscienze. È Principal Investigator del progetto Neuromuseum ed è coordinatrice del progetto EU Horizon META-MUSEUM.

**Michela Benente** è ricercatrice e professore aggregato in Restauro presso il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino. I suoi ambiti di ricerca riguardano la valorizzazione del patrimonio culturale con particolare attenzione all'accessibilità e all'inclusione. Le sue ricerche riguardano l'applicazione dei principi teorici della disciplina restauro alla comunicazione e alla trasmissione del patrimonio culturale. È ricercatrice nell'ambito del progetto Neuromuseum ed è vicecoordinatrice del progetto EU Horizon META-MUSEUM.



€ 22,00