

Università della Calabria

Facoltà di Lettere e Filosofia
Dipartimento di Linguistica

Dottorato di Ricerca in
Psicologia della Programmazione e Intelligenza Artificiale
XXIV Ciclo

Settore scientifico-disciplinare M-PSI/01

Tesi di Dottorato

Il ruolo delle nuove tecnologie nella comunicazione e valorizzazione del patrimonio culturale: il caso studio di Grotta della Monaca (CS).

Candidata

Dott.ssa Iole Alfano



Tutor

Prof.ssa Eleonora Bilotta



Coordinatrice

Prof.ssa Eleonora Bilotta



Anno Accademico 2010/2011

Indice

Introduzione pag. 1

Capitolo primo: La comunicazione del patrimonio culturale attraverso le nuove tecnologie

- 1.1 Virtual Heritage: il contesto » 7
- 1.2 Virtual Heritage: il supporto alla ricerca e alla comunicazione del Patrimonio Culturale » 11
 - 1.2.1. Dalla ricerca archeologica alla Virtual Archaeology » 11
 - 1.2.2. Il restauro virtuale » 18
 - 1.2.3. La nuova comunicazione museale: i musei virtuali » 22
 - 1.2.4. Cultural Heritage 2.0 » 34
- 1.3 Apprendimento e educazione al Patrimonio Culturale: il contributo delle tecnologie educative » 38
- 1.4 L'impatto sul turismo » 43

Capitolo secondo: Una miniera pre-protostorica in Calabria: Grotta della Monaca

- 2.1 Inquadramento geografico e geologico della grotta » 47
- 2.2 Le prime esplorazioni e le ultime ricerche » 48
- 2.3 La morfologia della grotta » 51
- 2.4 Le risorse minerarie e il loro sfruttamento pre-protostorico » 55
- 2.5 Le ricerche archeologiche nei Cunicoli terminali » 57
 - 2.5.1 L'approvvigionamento delle risorse minerarie: strumenti e tecniche » 59

2.5.2	Il giacimento metallifero di Grotta della Monaca nello scenario europeo e nell'Europa orientale	» 64
2.6	Le ricerche archeologiche nel Diaframma	» 65
2.7	Le ricerche archeologiche nella Pregrotta	» 67
 <i>Capitolo terzo: Usabilità</i>		
3.1	L'usabilità: cenni storici	» 69
3.2	L'usabilità nel web	» 71
3.3	Il metodo user centered	» 76
3.4	I metodi di valutazione dell'usabilità	» 77
 <i>Capitolo quarto: Il sito web di "Grotta della Monaca": progettazione e realizzazione del sistema di comunicazione</i>		
4.1	Grotta della Monaca: la necessità di una nuova comunicazione	» 83
4.2	La progettazione del sito web	» 85
4.3	L'interfaccia del sito web	» 86
4.4	La visita alla Grotta della Monaca	» 93
4.5	Il Museo Virtuale di Grotta della Monaca	» 96
4.6	Strumentazione utilizzata	» 98
4.7	Il rilievo tridimensionale dei reperti di Grotta della Monaca	» 101
 <i>Capitolo quinto: L'usabilità della piattaforma</i>		
5.1	Obiettivi	» 103
5.2	Soggetti	» 104
5.3	Materiali	» 104
5.4	Procedura	» 106
5.5	Analisi dei risultati e discussione	» 106
5.5.1	Analisi dei compiti	» 107

5.5.2	Analisi dei tempi registrati	» 109
5.5.3	Valutazione complessiva della piattaforma	» 111
	<i>Conclusioni</i>	» 117
	<i>Bibliografia consultata</i>	» 120
	<i>Sitografia</i>	» 138
	<i>Appendice</i>	» 139

Introduzione

Quando si parla della Calabria, il pensiero viene rivolto, con immediatezza, alla ricchezza culturale delle colonie Magno Greche. I coloni greci, entrati nella regione come invasori, non si imposero come conquistatori, bensì seppero integrarsi con le popolazioni indigene, dando luogo alla straordinaria contaminazione culturale dalla quale nacque la civiltà magnogreca.

Lo splendore di questa civiltà è diffuso e visibile in tutta la regione e innumerevoli sono state le attività e le iniziative volte alla diffusione e spettacolarizzazione di tali testimonianze.

I mezzi prevalentemente usati a tal fine, soprattutto negli ultimi anni, sono quelli appartenenti alla categoria meglio nota sotto il nome di Tecnologia dell'Informazione e della Comunicazione.

Un esempio eloquente di tale applicazione è il progetto NetConnect, finanziato dalla Comunità Europea, durante il quale è stato realizzato uno spazio immersivo navigabile, ambientato nell'antica colonia greca di Locri.

Ma, oltre alle testimonianze appartenenti al periodo magno-greco, sempre più numerosi sono anche i resti riportati alla luce che narrano della presenza di popolazioni indigene, pre-esistenti all'arrivo delle colonie greche.

Le più antiche forme d'arte risalgono, infatti, al Paleolitico Medio, come testimoniato per lo più da dipinti e graffiti ai quali vengono attribuiti significati simbolici quali, ad esempio, riti propiziatori per la caccia. Si ricordano a tal proposito, in Europa, le grotte di Altamira nel nord della Spagna e quelle di Lascaux, Font-de-Gaume, Rouffignac in Dordogna.

In Calabria, i resti appartenenti a queste popolazioni sono stati, prevalentemente, riscontrati in cavità e grotte diffuse sul territorio regionale. In particolare, nella zona settentrionale della regione Calabria, ampiamente caratterizzata da aree carsiche di natura calcarea e dolomitica, si riscontrano numerose grotte e cavità

naturali, all'interno delle quali primi ominidi svolgevano diverse attività.

Queste cavità naturali sono concentrate, maggiormente, nella provincia di Cosenza, come ad esempio la Grotta del Romito a Papasidero, le cui ricerche hanno dimostrato che era abitata già 20.000 anni fa. A seguito delle lunghe ricerche, iniziate nel 1961, numerose sono state le pubblicazioni ad essa legate e le iniziative finalizzate alla divulgazione degli stessi. Oggi, la Grotta del Romito, è divenuta uno dei simboli della Preistoria calabrese e viene usualmente ricordata, insieme alle grotte di Lascaux, quando si citano esempi nazionali ed internazionali.

Tuttavia, la Grotta di Papasidero non è l'unica testimonianza delle antiche civiltà presenti nella nostra regione. Difatti, la campagna di scavi, iniziata nel 1997 da parte di un'équipe speleo-archeologica connessa alla Cattedra di Paleontologia dell'Università degli Studi di Bari e al Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici" di Roseto Capo Spulico (CS), ha gettato luce sulle vicende preistoriche avvenute in un'altra grotta della Calabria settentrionale.

Si tratta Grotta della Monaca a Sant'Agata di Esaro (CS), in cui l'attività di scavo e di ricerca hanno permesso di riconoscere le tracce di una remota attività di miniera, iniziata nel Paleolitico superiore e protrattasi fino ad età post-medievale.

Le indagini svolte hanno permesso il rinvenimento di numerosi utensili da scavo (soprattutto mazzuoli e asce-martello in pietra levigata) e messo in evidenza alcune impronte dei loro colpi sulle pareti della grotta. Sono stati anche ritrovati una serie di muretti a secco, eretti negli ambienti più stretti della cavità, creati con lo scopo di ampliare lo spazio praticabile all'uomo.

L'insieme di tali scoperte e studi ha permesso di riconoscere una remota attività di coltivazione mineraria diretta allo sfruttamento di specifici minerali, quali ferro (goethite) e rame (malachite e azzurrite).

Le evidenze estrattive si riferiscono ad un arco cronologico compreso tra l'Eneolitico iniziale e la media età del Bronzo, come attestato dai reperti ceramici

recuperati nel corso delle ricerche e una serie di indagini radiocarboniche (Larocca, 2008).

La peculiarità del sito archeologico di Grotta della Monaca è dovuta alla duplice funzione da essa svolta in età pre-protostorica. La stessa, infatti, rappresenta tanto la sede di un esteso sepolcreto ipogeo, quanto il luogo di un'intensa attività mineraria, diretta allo sfruttamento di minerali di ferro e rame.

Grotta della Monaca si configura come uno dei pochi esemplari di miniere preistoriche presenti nell'area del bacino Mediterraneo.

La sua straordinaria importanza è dovuta, principalmente, al fatto che essa fu una miniera naturale, non creata dall'opera estrattiva dell'uomo, bensì da questo sfruttata proprio per la sua naturale morfologia e per l'abbondanza di minerali qui affioranti.

Le campagne esplorative condotte a Grotta della Monaca hanno manifestato un approccio fortemente multidisciplinare, caratterizzato dalla partecipazione attiva di figure quali: speleologi, mineralisti, archeologi, geologi, antropologi e zoologi.

La natura di questo metodo di ricerca e le diverse attività svolte all'interno della grotta nel corso dei secoli determinano una abbondante produzione di dati e informazioni, tra esse complementari.

Durante lo svolgimento del Convegno "*La miniera preistorica di Grotta della Monaca a Sant'Agata di Esaro*", tenutosi nel marzo 2010 presso l'Università della Calabria, sono stati presentati i risultati dei primi tredici anni di indagini e scavi condotti.

Dagli interventi degli studiosi del settore, nonché delle figure istituzionali coinvolte, è emersa la necessità di una migliore gestione e comunicazione dei risultati ottenuti. Si rende, difatti, necessaria la trasmissione delle informazioni scoperte e la diffusione a largo raggio delle stesse.

Una soluzione alle problematiche emerse è offerta dal settore innovativo dell'archeologia virtuale, inteso come percorso di ricerca, simulazione e

comunicazione, di cui il feedback informativo-comunicativo costituisce l'asse portante (Forte, 2007).

Le soluzioni tipiche di questo settore offrono la possibilità di rivisitare il caso di Grotta della Monaca alla luce di un approccio innovativo, prevedendo l'utilizzo di tecnologie digitali e web.

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di approcciarsi a queste antiche testimonianze in maniera innovativa e alternativa e facendo ricorso all'utilizzo delle nuove tecnologie, così come avvenuto per altri monumenti e testimonianze appartenenti al periodo storico magno-greco.

A tal fine è stata realizzata una piattaforma intesa come cantiere innovativo di ricerca scientifica, uno spazio attivo di simulazione dove misurare e confrontare dati, ipotesi e archivi.

In tal modo, in accordo con quelli che sono i compiti dell'UNESCO, si vuole contribuire al progresso e alla diffusione del sapere, alimentando il cosiddetto patrimonio digitale (testi, banche dati, immagini fisse o animate, documenti sonori e grafici, software e pagine web), definito come nuova eredità capace di aumentare le possibilità di creazione, di comunicazione e di condivisione delle conoscenze tra le nazioni (UNESCO, 2003).

Il presente lavoro di tesi si pone, dunque, come fase conclusiva di un primo ciclo di ricerche e scavi, dedicata alla proposta di nuove forme di comunicazione dei risultati raggiunti, mediante l'utilizzo di nuove tecnologie.

La piattaforma progettata e realizzata propone un ampio spettro qualitativo e quantitativo di dati a disposizione degli utenti interessati: immagini ad alta risoluzione, sistemi multilivello (più informazioni comparabili nello stesso spazio) e ricostruzioni tridimensionali.

Gli obiettivi principali del sistema realizzato sono:

- dare maggiore visibilità a Grotta della Monaca;
- supportare i ricercatori e gli studiosi di Grotta della Monaca nella fase di studio,

interpretazione e comunicazione dei risultati al vasto pubblico;

- avvicinare un numero più vasto di studiosi (archeologi, conservatori, geologi, mineralogisti ecc.) al settore, non molto diffuso, dell'archeologia mineraria;

- attrarre l'interesse di un numero maggiore di potenziali visitatori, aumentando la visibilità del sito a livello mondiale;

Al fine di creare un prodotto pienamente usabile dalle diverse utenze finali, l'architettura dei contenuti e il design dell'interfaccia sono stati valutati mediante uno studio di usabilità, eseguito grazie alla somministrazione di un test validato per la misura della soddisfazione.

Nel *primo capitolo* viene presentata una rassegna bibliografica sull'uso di tecnologie interattive nel contesto dei beni culturali ed evidenziati i diversi contesti applicativi, da quello educativo/formativo a quello turistico e della ricerca. La letteratura inerente il settore del Virtual Heritage descrive, ampiamente, come l'utilizzo delle nuove tecnologie, nell'accezione più vasta del termine, possa apportare vantaggio e visibilità a un bene culturale.

Il *secondo capitolo* ha come obiettivo quello di fornire una visione di insieme degli aspetti geografici, geologici, morfologici e archeologici del sistema Grotta della Monaca. Il focus del *terzo capitolo* è stato dedicato all'usabilità dei sistemi, evidenziando come tale metodologia di ricerca abbia un ruolo chiave nello sviluppo di sistemi facilmente usabili e fruibili da una vasta tipologia di utenti.

Al fine di promuovere il sito archeologico di Grotta della Monaca a Sant'Agata di Esaro (CS), si è scelto di realizzare una piattaforma per la presentazione e la diffusione delle conoscenze ad esso relative e per stimolare l'interesse di un sempre maggior numero di persone. L'innovativo sistema realizzato è descritto nel *quarto capitolo*, dove vengono presentate l'interfaccia, le informazioni e le funzionalità a cui l'utente finale può accedere. Per rendere più accattivante l'interazione con il fruitore, i reperti litici sono stati digitalizzati, tramite uno scanner 3D, e musealizzati in una sala virtuale immersiva.

Nel *quinto capitolo* sono stati riportati, elaborati e discussi i dati prodotti nella fase di testing del sistema, durante la quale i problemi di usabilità del sito sono stati individuati e le soluzioni più appropriate definite. Seguono, infine, alcune conclusioni sommarie.

Capitolo primo

La comunicazione del patrimonio culturale attraverso le nuove tecnologie

1.1 Virtual Heritage: il contesto

L'UNESCO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura), la principale istituzione internazionale che si occupa di identificare, tutelare, valorizzare e trasmettere il patrimonio culturale, ha stilato nel novembre del 1972 un trattato internazionale che prende il nome di Convenzione sulla Protezione del Patrimonio Mondiale, culturale e naturale. In conformità a tale documento ufficiale, con il termine "*cultural heritage*" ("*patrimonio culturale*" nella versione italiana) si intende un monumento, un gruppo di edifici o un sito di valore storico, estetico, archeologico, scientifico, etnologico o antropologico. Più precisamente rientrano in questa categoria:

i *monumenti*, intesi come opere architettoniche, plastiche o pittoriche monumentali, elementi o strutture di carattere archeologico, iscrizioni, grotte e gruppi di elementi di valore universale eccezionale dall'aspetto storico, artistico o scientifico;

gli *agglomerati*, gruppi di costruzioni isolate o riunite che, per la loro architettura, unità o integrazione nel paesaggio hanno valore universale eccezionale dall'aspetto storico, artistico o scientifico;

i *siti*, opere dell'uomo o opere coniugate dell'uomo e della natura, come anche le zone, compresi i siti archeologici, di valore universale eccezionale dall'aspetto storico ed estetico, etnologico o antropologico (UNESCO, 1972).

Inoltre, l'UNESCO fornisce un'ulteriore ripartizione del patrimonio culturale in materiale e immateriale. Fanno parte del primo i beni mobili (pitture, sculture, monete, manoscritti, etc.), i beni immobili (monumenti, siti archeologici, etc.) e i beni subacquei (rovine sottomarine) (UNESCO¹).

Il patrimonio immateriale è costituito, invece, da componenti intangibili quali tradizioni orali, forme rituali e arti performative. In particolare esso è descritto come *“le prassi, le rappresentazioni, le espressioni, le conoscenze, il know-how come pure gli strumenti, gli oggetti, i manufatti e gli spazi culturali associati agli stessi – che le comunità, i gruppi e in alcuni casi gli individui riconoscono in quanto parte del loro patrimonio culturale”* (UNESCO, 2003).

La stessa Convenzione definisce, infine, il patrimonio naturale come patrimonio caratterizzato da rilevanti particolarità fisiche, biologiche e geologiche, nonché l'habitat di specie animali e vegetali in pericolo e aree di particolare valore scientifico ed estetico (UNESCO, 1972).

Alle svariate tipologie di beni d'interesse culturale sono legate numerose ed eterogenee informazioni di tipo storico-artistico, relative ai materiali e alle tecniche impiegate per la realizzazione e/o allo stato di conservazione.

L'UNESCO, per come previsto dal proprio Atto Costitutivo, ha il compito di contribuire al progresso e alla diffusione del sapere, vigilando sulla conservazione e la protezione del patrimonio, e ha riconosciuto nel cosiddetto patrimonio digitale (testi, banche dati, immagini fisse o animate, documenti sonori e grafici, software e pagine web), una nuova eredità in grado di aumentare le possibilità di creazione, di comunicazione e di condivisione delle conoscenze tra le nazioni (UNESCO, 2003).

Il settore dei beni culturali, e in particolare l'Archeologia, si sono servite nell'ultimo ventennio delle più svariate tecnologie per la visualizzazione e la

¹ UNESCO. (s.d.). Definition of the cultural heritage. Tratto il giorno agosto 29, 2011 da http://portal.unesco.org/culture/en/ev.php-URL_ID=34050&URL_DO=DO_PRINTPAGE&URL_SECTION=201.html

comunicazione del patrimonio materiale ed immateriale (Carrozzino et al., 2011). Nel 1991, Paul Reilly, avanzava la registrazione di scavi e poneva l'attenzione sul potenziale delle ripetizioni virtuali degli stessi grazie all'impiego di tecnologie quali gli ipertesti, la multimedialità e la modellazione tridimensionale di solidi (Reilly, 1991). Qualche anno dopo, Ryan estendeva il campo d'applicazione proponendo la visualizzazione e la presentazione di "ricostruzioni" d'ambienti del passato (edifici, paesaggi ed artefatti) (Ryan, 2001).

L'applicazione della tecnologia, nell'accezione più vasta del termine, al settore dei beni culturali ha aperto la strada ad un nuovo e attivo settore di ricerca e sviluppo, denominato Virtual Cultural Heritage, o semplicemente Virtual Heritage.

Alcuni studiosi considerano il Virtual Heritage come l'applicazione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) al patrimonio culturale (Bogdanovych, et al., 2009) oppure come l'uso delle tecnologie digitali per registrare, modellare, visualizzare e comunicare il patrimonio naturale e culturale (Addison, 2001).

Altri lo definiscono, invece, come l'uso di sistemi di Realtà Virtuale (VR) per ricreare, interpretare, presentare, preservare e esplorare il patrimonio culturale all'interno di ambienti virtuali (Guidazzoli, 2002; Jacobson & Holden, 2005; Cameron, 2007).

Nell'arco delle ultime due decadi, infatti, le tecnologie di VR sono state largamente impiegate con successo al campo dei beni culturali per molteplici scopi, grazie alle potenzialità delle ricostruzioni 3D e della visualizzazione immersiva di siti e reperti archeologici (Bruno, et al., 2009). Le tecniche disponibili per la generazione di modelli 3D digitali sono usate per la loro capacità di combinare, per ciascun oggetto ricostruito, informazioni di tipo metrico di alta precisione con descrizioni di tipo qualitativo e/o immagini. L'applicazione di tali tecniche risulta, per alcuni, fondamentale per lo studio, la documentazione e la

divulgazione di beni culturali (Bitelli, 2007) e crescente è il numero di ricerche per lo sviluppo e l'applicazione di strumenti di diffusione e promozione del patrimonio (Alfano, et al., 2008; Knipfer K., 2009; Liu, 2006).

L'introduzione delle più svariate tecnologie ha consentito di aprire nuovi campi applicativi nel settore dei Beni Culturali i quali spaziano dalle operazioni di base tipiche dell'assistenza del calcolatore, ovvero operazioni di archiviazione e di accesso ad insiemi di dati, sino ad arrivare ad applicazioni dotate di un ampio spettro di funzionalità. Tra queste, alcune sono in grado di potenziare le fasi conoscitive ed interpretative per gli utenti (Molledo, et al., 2000; Forte, 2008) come, ad esempio, i sistemi di Realtà Virtuale i quali permettono all'utente di interagire con il sistema, mediante la comparazione e la creazione di connessioni tra i dati, producendo, così, nuove informazioni (Calori, et al., 2005) e incrementando le proprie conoscenze (Bateson, 1979).

In particolare, utilizzando le tecniche di Realtà Virtuale è possibile realizzare degli ambienti virtuali navigabili, all'interno dei quali gli utenti possono esplorare le ricostruzioni virtuali di oggetti con rilevanza culturale (Alfano & Pantano, 2010). Tali ambienti vengono visualizzati tramite un'interfaccia e forniscono all'utente uno specifico livello di immersione e/o interazione. Mentre l'immersione si identifica nell'illusione di essere nel mondo virtuale, l'interazione fa riferimento al fatto che gli utenti del sistema partecipano attivamente caratterizzando la propria esperienza attraverso le proprie azioni (Roussou, 2002). Oltre a rivoluzionare le modalità di fruizione, le tecnologie digitali stanno progressivamente trasformando anche il modo di lavorare di ricercatori, archeologi e conservatori, poiché offrono nuove modalità di studio, collaborazione e gestione dei dati.

Le iniziative che utilizzano le tecnologie digitali per preservare e valorizzazione il patrimonio culturale sono molto eterogenee e hanno finalità e obiettivi differenti (Li, et al., 2010). In particolare, i principali campi di applicazione del Virtual

Heritage riguardano: la comunicazione, la ricerca e la didattica, con evidenti integrazioni e sovrapposizioni fra i vari ambiti (Forte, 2008; De Felice & Sibilano, 2010).

1.2 Virtual Heritage: il supporto alla ricerca e alla comunicazione del Patrimonio Culturale

1.2.1. Dalla ricerca archeologica alla Virtual Archaeology

La principale area di competenza dell'archeologo si riferisce all'attività di scavo di giacimenti e reperti archeologici: attraverso il rinvenimento e lo studio dei resti, esso può giungere a una ricostruzione storico-sociale del sito e delle genti che lo frequentavano.

Dopo anni di esperienza, lo scavo archeologico è oggi basato sui principi del metodo stratigrafico e sulle successive fasi d'identificazione, documentazione e interpretazione degli stessi resti. Il metodo stratigrafico è un'operazione di estrema precisione, praticato manualmente con l'ausilio di piccoli attrezzi, che permette di recuperare oggetti prodotti anticamente dall'uomo, ma anche una serie di evidenze atte a dimostrare strette relazioni con il contesto ambientale in cui esso viveva (resti vegetali, animali, ecc). Infatti, in ogni sito archeologico sono accumulate e sovrapposte testimonianze delle diverse fasi storiche che lo hanno caratterizzato, identificabili nelle singole unità stratigrafiche. Queste sono man mano stravolte dalla rimozione del terreno e dei resti e rendono la fase di scavo un processo irreversibile. Per tale motivo è di fondamentale importanza registrare la situazione di rinvenimento delle singole unità stratigrafiche rilevate.

L'evidente difficoltà di rappresentare la realtà multidimensionale dello scavo in modo bidimensionale è il primo ostacolo che, come vedremo, avvicina l'archeologo all'utilizzo delle tecnologie innovative di rilievo sul campo.

Successivamente, si presenta la necessità di registrare tutte le informazioni prodotte durante le attività. La ricerca archeologica è, infatti, caratterizzata da una forte propensione multidisciplinare, imputabile alla pluralità d'informazioni provenienti dallo scavo (rilievi, catalogazione, indagini chimico-fisiche, ecc.) (Galasso, 2009).

In questo contesto giocano un ruolo fondamentale le nuove tecnologie (di rilievo e rappresentazione) e, in particolare, gli strumenti di Realtà Virtuale i quali, secondo un importante filone di ricerca del settore, rappresentano un valido strumento di supporto alla ricerca archeologica (Barcelo, et al., 2000; Pescarin, 2007; Niknami & Mirashe, 2007; Gabellone, 2011).

Il fine ultimo della cosiddetta Virtual Archaeology non è solo quello di presentare agli utenti finali ambienti ricostruiti dalle spiccate doti estetiche bensì, soprattutto, quello di comunicare e validare processi interpretativi (Forte, 2008) e testare ipotesi complesse legate al contesto studiato (Bawaya, 2010; Rua & Alvito, 2011). In tal modo, le tecnologie di visualizzazione accompagnano l'intero percorso di lavoro dell'archeologo, dal recupero dei dati sul campo al processo di interpretazione degli stessi, diventando uno potentissimo strumento di comunicazione dell'intero percorso di ricerca archeologica. La ricostruzione virtuale, intesa come informazione proiettiva dell'interpretazione archeologica, è il prodotto di una metodologia di lavoro che connette la ricerca e la comunicazione, partendo proprio dallo scavo, per arrivare alla ricostruzione del paesaggio antico, passando per la digitalizzazione dei dati raccolti (Forte, 2008).

Durante la fase di progettazione di un sistema di Virtual Archaeology convergono, dunque, molteplici ambiti di competenza: storici, archeologi, modellatori 3D, informatici, esperti di comunicazione e tecnologie di visualizzazione collaborano a stretto contatto per la realizzazione di progetti di documentazione e valorizzazione del patrimonio.

La fase di ricostruzione virtuale del paesaggio archeologico ha inizio con lo studio

bibliografico (in archivi, biblioteche o sul web) preliminare dell'area da indagare. Subito dopo viene progettata la fase di rilievo e vengono scelte le tecniche e gli strumenti da impiegare, in funzione della topografia e dell'estensione del sito. Come già accennato, il rilievo è l'operazione che permette di analizzare caratteristiche dell'oggetto di studio quali forma, struttura e composizione e di osservare le relazioni tra le parti ed il tutto, le caratteristiche materiche, lo stato di conservazione e le eventuali situazioni di criticità. L'operazione metodologica del rilievo, tradizionalmente inteso, comprende una serie di azioni il cui obiettivo è quello della riproduzione dell'oggetto studiato, attraverso la rappresentazione grafica. Quando questa avviene in due dimensioni, su supporti cartacei, è condizionata dall'astrazione rispetto alla percezione reale dell'oggetto. Pertanto, oggi si preferisce sostituirlo con sistemi di rilevamento che consentano la misura e la descrizione oggettiva e tridimensionale, ottimizzando e potenziando la rappresentazione grafica. Il modello tridimensionale ottenuto costituisce una grandissima risorsa aggiuntiva in quanto permette di descrivere visivamente tutte le informazioni rilevate e di analizzare le relazioni esistenti tra le varie evidenze stratigrafiche.

Le tecniche e gli strumenti di rilievo più diffusi sono:

- La *stazione totale*, un insieme di dispositivi elettronici per la misurazione della distanza. Vengono determinati angoli e distanze dallo strumento ai punti da rilevare i quali, con l'aiuto della trigonometria, permettono di calcolare la posizione dei punti in termini assoluti. Il suo utilizzo risulta particolarmente utile per il rilievo planimetrico di precisione di strutture archeologiche (Teodor, et al., 2011).
- Il *Global Positioning System (GPS)*, un sistema di localizzazione di punti in un sistema di riferimento definito a livello globale. Le coordinate geografiche (latitudine, longitudine e altitudine) dei punti che si vogliono acquisire vengono inviate al proprio ricevitore GPS da 24 satelliti che orbitano intorno alla terra. I

sistemi GPS risultano utili per svariate attività tra le quali la costruzione di modelli digitali del terreno (DTM) di dettaglio oppure per interessanti applicazioni di uso turistico. L'utente, dotato di cellulare con GPS, viene accompagnato da commenti sonori o ricostruzioni visive durante la visita di un'area di interesse archeologico, rendendo la visita più interessante (Cutrì, et al., 2008; Bitelli, et al., 2011).

- La *fotogrammetria*, una tecnica che restituisce modelli tridimensionali da una serie di fotografie scattate sull'oggetto da ricostruire. Affinché gli appositi software di elaborazione possano ricostruire il modello spaziale, che avviene attraverso il principio della triangolazione, è necessario che le immagini presentino delle aree di sovrapposizione. Questa tecnica si addice a oggetti da forme dalle forme semplici e regolari e risulta molto vantaggioso nei casi in cui non sia permesso spostare l'oggetto da rilevare o non vi siano i mezzi per effettuare rilievi con le strumentazioni soprammenzionate (Ioannides, et al., 2003; Moussa & Fritsch, 2010; Remondino, 2011).
- Il *laser a scansione*, strumento che consente di acquisire digitalmente oggetti in tre dimensioni, fornendo come risultato diretto della sessione di misura nuvole di punti. Ciascun punto è descritto da coordinate in un sistema cartesiano (X, Y, Z) con l'origine rappresentata dalla posizione dello scanner. Lo strumento maggiormente utilizzato per il rilievo di scavi archeologici e grandi edifici, monumenti è il laser a tempo di volo. Lo strumento invia il raggio verso l'oggetto mediante un sistema rotante che varia per passi discreti. Una volta colpito il punto sull'oggetto, il raggio viene riflesso e rilevato dallo strumento. Il tempo intercorso tra emissione e ricezione è detto "time of flight" (tof) e, insieme all'angolo di emissione del raggio, consente di determinare la posizione del punto colpito (Barton, 2009; De Felice & Sibilano, 2010). La distanza tra lo strumento e il punto sull'oggetto, che viene colpito e al tempo stesso riflette il raggio, permette di determinare le coordinate del punto rispetto al centro del laser. La massima

distanza operativa per questi strumenti è di alcune centinaia di metri, con una accuratezza che varia da alcuni millimetri a qualche centimetro.

Una volta raccolti e processati i dati del rilievo, vengono selezionate le metodologie più adatte a comunicare i dati ottenuti e le forme medialità da utilizzare per la loro visualizzazione.

Le tecniche di Realtà Virtuale consentono di rappresentare contemporaneamente, e su una stessa piattaforma, la pluralità delle informazioni raccolte. In tal modo si riescono a integrare, in un unico sistema di visualizzazione, elementi differenti quali immagini, testi, dati spaziali, informazioni stratigrafiche, informazioni storiografiche e così via. Esse rappresentano una soluzione di fruizione in tempo reale, capace di correlare diverse ontologie e molteplici tipi di dati in unico spazio (Pietroni, et al., 2006; Forte, 2008; Pietroni, 2011).

Inoltre, la visualizzazione nello spazio virtuale dei modelli, dotati di proprietà morfologiche e dimensionali conformi a quelle reali, consente di analizzare agevolmente i rapporti spaziali e volumetrici, al contrario di quanto avviene in ambito tradizionale (Forte, 2008). In tal modo il dato scientifico è trattato in modo spaziale, tridimensionale, e può essere connesso e integrato con altri metadati, comunicando così al pubblico anche concetti complessi (Cavada & Rapanà, 2010).

L'utilizzo delle tecnologie digitali, non solo migliora la fase di rilievo e di gestione del dato archeologico e di monitoraggio dello scavo, ma supporta l'attività di divulgazione delle scoperte, connettendo l'attività di ricerca con sistemi di comunicazione innovativi, capaci di rappresentare e trasferire le informazioni agli utenti finali. Le ricostruzioni 3D, opportunamente integrate con diversi tipi di dati, diventano l'interfaccia che l'utente usa per accedere ai vari livelli gerarchici di informazioni, favorendo così una interpretazione critica del paesaggio archeologico ricostruito.

Il “Museo Virtuale della via Flaminia antica”

(<http://www.vhlab.itabc.cnr.it/flaminia/>) è uno dei migliori esempi nel settore del Virtual Heritage in Italia. Si tratta di un progetto portato avanti, tra il 2006 e il 2008, dal VHLab - CNR ITABC, il cui obiettivo principale è stato la ricostruzione virtuale dell'antica Via Flaminia a Roma. Le problematiche legate al sito, che hanno fatto in modo che divenisse oggetto di un importante progetto di ricerca, sono molteplici. Si tratta di un sito difficilmente accessibile, sia da un punto di vista logistico, che culturale. Infatti, nonostante esso possieda un inestimabile valore culturale, presenta un utilizzo pubblico molto limitato, in quanto ubicato al confine delle rotte turistiche tradizionali. Il sito è, inoltre, coperto da una struttura in cemento che ostacola una panoramica chiara e completa delle antiche strutture presenti.

L'obiettivo principale del progetto è stato, quindi, quello di collegare l'attività di ricerca con un sistema di comunicazione in grado di riflettere e di trasferire all'utente finale l'enorme quantità di dati derivanti dallo studio di un parco archeologico così importante e complesso. Le ricostruzioni 3D hanno, inoltre, fornito i mezzi per un tentativo di interpretazione degli stessi dati, con particolare attenzione al dualismo vero-verosimile (Fig.1).



Figura 1: Alcuni screenshot del museo virtuale dell'antica via Flaminia.

Fonte: <http://www.vhlab.itabc.cnr.it/flaminia/>

"Connecting European Culture through New Technology" (NetConnect) (www.netconnect-project.eu) è, invece, un progetto finanziato dal programma comunitario Culture 2000 e realizzato tra il 2006 e il 2009 da un consorzio

europeo, composto da sette istituzioni accademiche, guidato del Prof. Pier Augusto Bertacchini dell'Università della Calabria.

Il progetto prevedeva la definizione delle interconnessioni culturali tra tre scenari archeologici europei, Locri (Italia) (Fig. 2), Biskupin (Polonia), Glauberg (Germania) e la relativa diffusione attraverso l'utilizzo di tecniche di visualizzazione innovative. Il tutto è stato realizzato mediante l'integrazione di nuove tecnologie per supportare la riproduzione e la fruizione degli scenari culturali, come Realtà Virtuale per le ricostruzioni 3D degli scenari in ambienti interattivi (basati sulla cheap Virtual Reality technology, accessibile via Internet) e le tecnologie GIS e mobile per la fruizione in-situ degli scenari di riferimento.

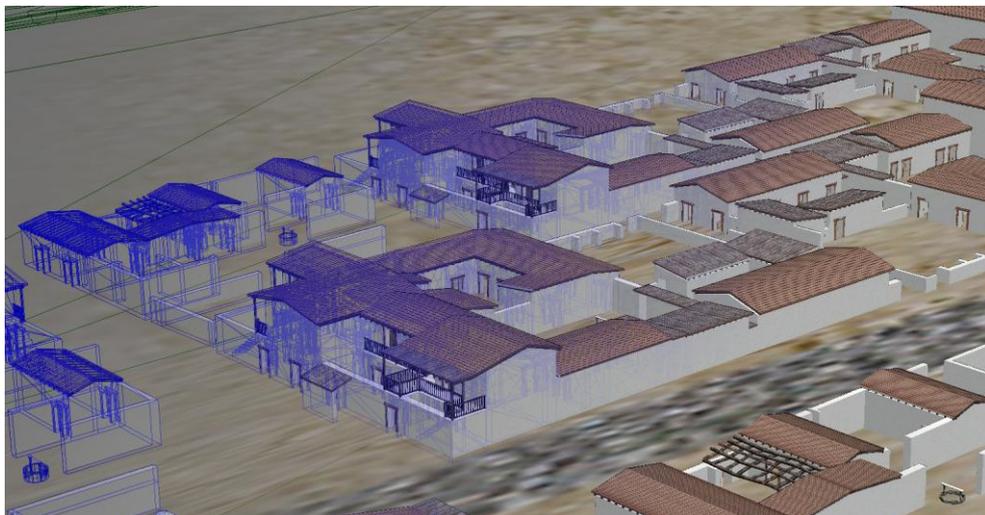


Figura 2: Screenshot della ricostruzione della località Centocamere nell'antica Locri (Calabria).

Fonte: www.netconnect-project.eu

In generale, il progetto ha mirato:

- alla condivisione e alla valorizzazione di un Patrimonio comune a livello europeo;
- all'uso della più avanzata tecnologia, per rendere l'eredità culturale più visibile ed accessibile;
- al miglioramento delle condizioni di accesso e partecipazione alla cultura, grazie alle nuove tecnologie, per tutti i cittadini dell'EU;

- a realizzare un'intensa attività di cooperazione tra gli operatori culturali ed esperti di tecnologia per la diffusione della cultura europea, attraverso una nuova rete internazionale.

1.2.2. *Il restauro virtuale*

Il restauro virtuale è inteso come l'utilizzo delle tecniche di Computer Graphics al fine di migliorare, visivamente, l'aspetto e la leggibilità di un'opera d'arte, intesa come l'insieme di beni di valenza storico artistica, mobili e immobili, quali statue, dipinti, documenti, antiche fotografie e così via (Bennardi & Furferi, 2007; Monti & Maino, 2011).

Sebbene si tratti di un'operazione virtuale, rispetta gli stessi fondamentali principi enunciati dalla *Carta del restauro* del 1987, che possono essere sintetizzati nei concetti di *riconoscibilità*, *reversibilità* e *minimo intervento*. Secondo il principio della riconoscibilità, qualsiasi intervento di sostituzione o di integrazione deve essere distinguibile ad occhio nudo dal resto del manufatto: tale concetto non deve essere né esasperato al punto di non dare all'osservatore una lettura unitaria dell'opera, né minimizzato al punto di leggere le integrazioni come parti originali, commettendo l'errore di creare un falso storico. Come avviene nella pratica del restauro, è possibile simulare digitalmente degli interventi che non risulteranno visibili ad una prima lettura dell'opera, ma solo in seguito ad una più attenta osservazione (Alfano, 2007).

Secondo il principio della reversibilità, invece, qualsiasi tipologia di intervento deve essere eseguita con materiali che non ostacolino eventuali interventi futuri, dunque facilmente rimovibili. Questo principio è quindi legato, principalmente, ai materiali utilizzati nella pratica del restauro; nel caso del restauro digitale si parla, semplicemente, della reversibilità dell'intervento, garantita dalla natura stessa dei mezzi impiegati, poiché digitali (Alfano, 2007).

Infine, per quanto riguarda il principio del minimo intervento si ricorda che, al

fine di rispettare l'opera d'arte, il restauro dovrebbe mantenere un carattere eccezionale e quindi dovrebbero essere privilegiate tutte le azioni di prevenzione miranti ad evitare le operazioni di restauro vere e proprie, considerate troppo invasive per l'opera. Dato il suo carattere non invasivo, il restauro digitale rispetta pienamente quest'ultimo principio (Alfano, 2007).

Il restauro virtuale non si pone come antagonista all'intervento di restauro tradizionale, bensì offre la possibilità di visualizzare l'aspetto di un manufatto a restauro ultimato nei casi in cui non risulti possibile eseguire l'intervento reale, per mancanza di tecniche valide o di fondi economici, oppure per carenza di documentazioni che non consentono di stabilire un preciso protocollo di intervento. Esso rappresenta, inoltre, un mezzo di visualizzazione per l'orientazione verso soluzioni di restauro idonee e compatibili con i criteri estetici e scientifici che governano la conservazione o, ancora, un mezzo di supporto al processo di restauro.

Ad esempio, Fontana et al. (2002) hanno impiegato, nell'ambito del "Minerva Project", guidato dal Visual Computing Laboratory del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), un modello virtuale come guida al processo di restauro della "Minerva di Arezzo", un'antica statua in bronzo conservata presso il Museo Archeologico di Firenze.

Il progetto ha previsto, principalmente, la realizzazione di un sistema per la produzione di disegni di grande formato della statua dal modello digitale 3D, al fine di sostituire il disegno manuale con uno generato dal computer, e la progettazione di un sistema web-based per la semplice archiviazione e l'accesso ai dati di restauro (Fig. 3).

Diversi modelli 3D sono stati acquisiti al fine di registrare l'evoluzione dell'aspetto della statua, prima che l'intervento di restauro lo modificasse irreversibilmente (pre- e post- restauro). Infatti, le operazioni hanno apportato significanti variazioni nella forma, poiché parti in legno e gesso, così come il

braccio destro, sono stati rimossi, poiché frutto di un precedente ed errato intervento conservativo. Importanti mutamenti hanno interessato anche il colore, a causa della pulitura della superficie bronzea corrosa. Lo stesso modello digitale è stato, poi, usato come contenitore interattivo all'interno del quale sono state inserite tutte le informazioni e i dati relativi alle fasi di diagnostica e restauro (Fig. 3).

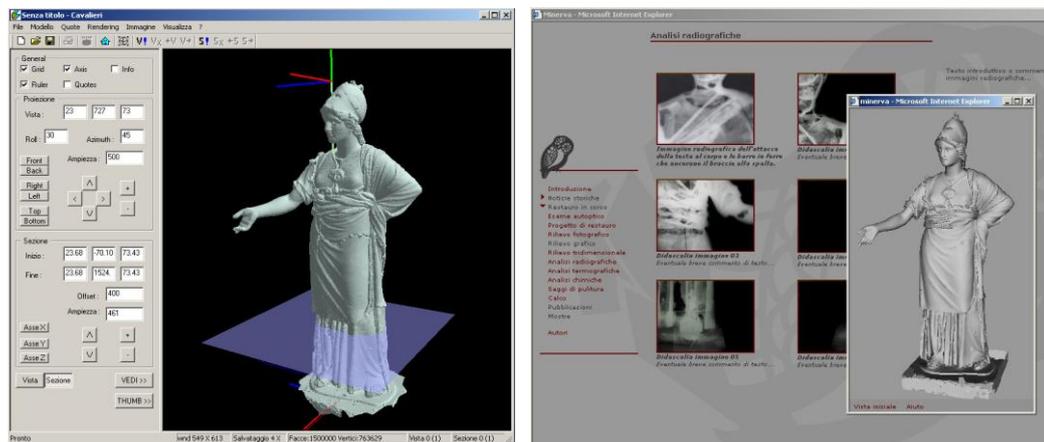


Figura 3: Interfaccia grafica del software per la gestione del modello durante il restauro.
Fonte: <http://vcg.isti.cnr.it/projects/digitalminerva/minerva.htm>

L'intervento di restauro prevede, infatti, un insieme di investigazioni, da svolgere prima della fase esecutiva, mirate a conoscere lo stato di conservazione del manufatto e a pianificare un corretto intervento di restauro. Le stesse analisi sono, talvolta, ripetute nel corso degli anni, al fine di monitorare lo stato di conservazione e gli effetti dell'intervento di restauro. Anche in questo ambito, così come nella ricerca archeologica, i modelli 3D rappresentano uno strumento in grado di registrare e gestire la grossa mole di dati a disposizione, e di proporre una consultazione interattiva degli stessi.

Durante lo svolgimento del progetto "The Digital Michelangelo Project" (<http://www-graphics.stanford.edu/projects/mich/>), coordinato dal Prof. Marc Levoy della Stanford University, un accurato modello del David di Michelangelo

è stato, invece, realizzato al fine di supportare gli esperti del settore nell'archiviazione e integrazione delle informazioni prodotte durante il restauro del David (Callieri et al., 2004; Levoy et al., 2000). I dati prodotti sono stati organizzati e resi accessibili mediante un sistema di visualizzazione, implementato con tecnologia web: il modello 3D è diventato, così, un indice spaziale e interattivo, facile da consultare (Cignoni & Scopigno, 2004). Inoltre, la realizzazione del modello ha permesso di ipotizzare l'aspetto originario della statua, nonché di calcolare la possibile esposizione della stessa ad agenti atmosferici che potrebbero intaccarne la superficie (Fig. 4).

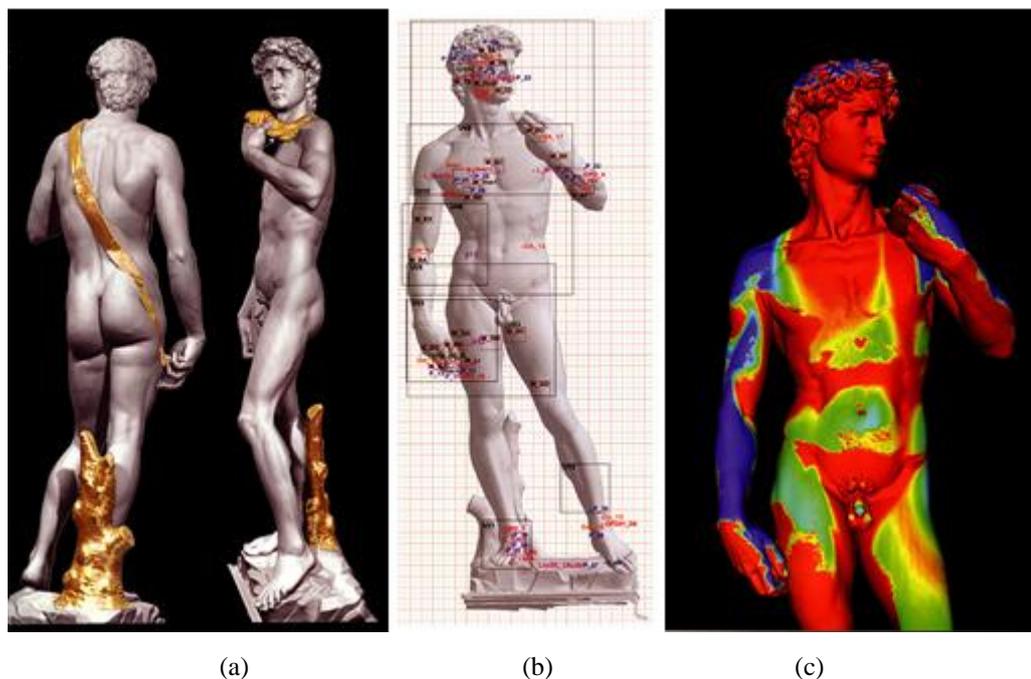


Figura 4: (a) Collocazione ipotetica della decorazione dorata applicata nel 16th (ricostruzione fatta fatta da Artmedia Studio). (b) Visualizzazione delle analisi chimiche eseguite sulla superficie della statua (Immagine di M. Matteini). (c) Esposizione delle delle superfici della statua alla pioggia e alla polvere (Immagine di R. Scopigno and P. Cignoni)

Fonte: <http://vcg.isti.cnr.it/projects/digitalminerva/minerva.htm>

Le tecnologie 3D sono, inoltre, un ottimo mezzo di supporto nel ri-assemblaggio di opere che si presentano allo stato frammentario. Un buon esempio, a tal riguardo, è il restauro della Madonna di Pietranico, un manufatto in terracotta

dipinta, databile intorno al XV secolo, proveniente dal Museo Nazionale d'Abbruzzo. La statua è stata sottoposta, nel 2010, a un intervento di restauro poiché ridotta in pezzi a seguito di una caduta, causata dal recente sisma che ha colpito L'Aquila.

Il montaggio di un artefatto frammentato è un processo complesso e laborioso: dopo un'attenta analisi visiva, vengono formulate ipotesi di corrispondenza, subito dopo testate provando l'adiacenza fra le parti. Quest'ultima fase potrebbe mettere a rischio lo stato di conservazione dei frammenti, già di per sé molto fragili. Per questo motivo l'approccio assistito da PC è ritenuto un'ottima soluzione in circostanze simili a questa (Bimber & Chang, 2011; Scopigno et al., 2011): il modello tridimensionale, piuttosto che documentare l'intervento di restauro, ha attivamente assistito i restauratori nel testare ipotesi di assemblaggio dei diciannove frammenti. Il sistema realizzato non ha accostato in maniera automatica i vari frammenti, bensì ha lavorato sulla base delle indicazioni dei restauratori, basate sull'osservazione di caratteristiche quali forma, decorazioni, finitura, ecc., mantenendo vivi lo spirito critico e la partecipazione del restauratore. Una volta individuata la combinazione ottimale, la fase di ricostruzione fisica ha avuto inizio (Scopigno et al., 2011; Callieri M., 2011).

1.2.3. La nuova comunicazione museale: i musei virtuali

Il museo ha il compito di incoraggiare l'incontro tra il pubblico e i materiali in esso preservati, favorendo lo sviluppo del pensiero e la progettazione e l'elaborazione d'iniziative interdisciplinari, capaci di coinvolgere l'intera società (Prete, 2005). Il suo compito, infatti, non è quello di conservare ed esibire opere d'arte o antichi manufatti, ma gioca un ruolo centrale nel rendere la cultura maggiormente accessibile al vasto pubblico. Per tale ragione l'istituzione museale è alla continua ricerca di nuove forme di mediazione tra il pubblico e l'oggetto musealizzato evitando, in tal modo, che quest'ultimo assuma un ruolo sterile

all'interno del museo stesso (Prete, 2005).

L'esibizione e la disseminazione delle collezioni museali possono essere migliorate se presentate attraverso tecnologie, quali il World Wide Web (WWW) e gli strumenti di visualizzazione 3D (Sylaiou, Mania, Karoulis, & White, 2010), capaci di fornire ai visitatori un'esperienza multisensoriale (Charitos, Lepouras, & Vassilakis, 2001). La diffusione delle nuove tecnologie ha, infatti, trasformato in maniera radicale la comunicazione della cultura, grazie alla possibilità di diffondere informazioni velocemente e in vari formati, migliorando l'esperienza museale e attirando un maggiore numero di visitatori (Charitos, Lepouras, & Vassilakis, 2001).

L'Antimuseo Aristofane può essere considerato un precursore dei moderni musei interattivi (Bertacchini, Bilotta, Pantano, 1998);

Nato per soddisfare l'esigenza psicopedagogica di conoscere il reperto come bene materiale e come progetto mentale che conduce al manufatto, nell'Antimuseo veniva privilegiato, soprattutto, il rapporto interattivo con l'utente e l'aspetto di informazione-divulgazione culturale.

Gli obiettivi dell'Antimuseo di Aristofane (Fig. 5) sono riassumibili come segue:

1. promozione dell conoscenza dei reperti conservati nei musei;
2. ottimizzazione delle risorse culturali a fini scolastici, attraverso l'utilizzo di copie dei manufatti, esibizioni virtuali, collegamenti telematici tra scuole e antimuseo;
3. miglioramento dei curricula scolastici, attraverso lo svolgimento di moduli didattici, utilizzando metodologie di decodifica dell'oggetto, contestualizzazione, comprensione del progetto ideativo che l'oggetto sottintende, ricostruzione dell'oggetto step-by-step, attraverso strumenti di fabbricazione sia manuali che digitali;
4. aggiornamento e formazione degli insegnanti, sia in campo metodologico che tecnologico;

5. recupero di varie forme di handicap, soprattutto sensoriali (visivi, uditivi tattili), attraverso l'organizzazione di percorsi che utilizzino strategie, metodi e software didattico altamente individualizzato;
6. sperimentazione dell'uso di tecnologie didattiche multimediali nelle varie esibizioni ed in vari contesti educativi;
7. accesso telematico ad altri musei ed enti e/o istituzioni culturali affini.



Figura 5: Interno dell'Antimuseo Aristofane. Fonte: <http://galileo.cincom.unical.it/pubblicazioni/editoria/libri/Musei/Testo/Cap4.htm>

Oggigiorno, Realtà Virtuale, Realtà Aumentata (Carrozzino & Bergamasco, 2010) e Tecnologie Web (Jones & Christal, 2002) rappresentano le tecnologie che meglio si prestano a quest'obiettivo (Patias, Chrysanthou, Sylaiou, Georgiadis, & Stylianidis, 2008) e, unite alle potenzialità del WWW come risorsa di informazioni (Sylaiou, Liarokapis, Kostakis, & Patias, 2009), hanno favorito la nascita dei cosiddetti musei virtuali.

Un museo virtuale può essere definito una collezione di oggetti digitali, logicamente correlati e accessibili in maniera telematica (Forte & Franzoni, 1998), capace di trascendere i metodi tradizionali di comunicazione e interazione, grazie alla grande flessibilità che mostra nei confronti degli interessi e dei bisogni degli

utenti (Schweibenz, 1998).

Definito anche come museo elettronico ed interattivo, al suo interno gli utenti possono spostarsi liberamente tra gli ambienti e scegliere di approfondire le proprie conoscenze in relazione all'oggetto che preferiscono (Miller, 1992).

Nel suo contributo (Schweibenz, 2004), Schweibenz individua quattro tipologie di museo:

- “*brochure museum*”: con questo termine si intende un sito Web contenente le informazioni di base circa il museo quali, ad esempio, collezioni preservate, contatti, orari di apertura, mappe, ecc. il suo obiettivo principale è quello di dare informazioni ai propri potenziali visitatori.
- “*content museum*”: in questo caso, il sito Web presenta una riproduzione della collezione appartenente al museo e invita i visitatori ad esplorarli virtualmente. Solitamente, in questo tipo di musei, l'essenza della collezione è spiegata dai soli oggetti, senza particolare attenzione al messaggio da trasferire ai fruitori. Questa tipologia di musei è indicata, principalmente, per gli esperti del settore in quanto non hanno bisogno di supporto dal punto di vista didattico.
- “*learning museum*”: si tratta di un sito Web in grado di offrire ai propri visitatori diverse modalità di accesso, in base alla loro età, formazione e preparazione. La collezione è presentata tenendo conto del contesto ed è particolarmente ricca di informazioni e indicazioni tese ad un miglioramento dell'aspetto didattico. Lo scopo di questa organizzazione è quello di personalizzare la visita dei singoli utenti, in modo tale da stabilire una relazione con il contenuto del museo, capace di spingere i visitatori virtuali alla visita del museo reale.
- “*virtual museum*”: rappresenta un potenziamento del *learning museum* in quanto propone, oltre alle collezioni dell'istituzione museale che rappresenta, la possibilità di connettere diverse collezioni, collocate in diversi musei.

Il primo tipo di museo è indirizzato a fornire e diffondere informazioni sulla propria struttura mediante testi, immagini, ecc, sfruttando le tecnologie web. Le altre tre tipologie mirano a mostrare i propri reperti in maniera interattiva e dinamica, utilizzando tecnologie di grafica 3D e Web.

Nel corso degli ultimi anni sono stati realizzati diversi musei virtuali, tra i quali è possibile individuare le tipologie appena descritte.

Ad esempio, un tipico esempio di brochure museum è identificabile nel sito web del Van Gogh Museum di Amsterdam (<http://www.vangoghmuseum.nl/vgm/index.jsp?lang=en>). All'interno di questo sito web (Fig. 6) è possibile, infatti, reperire esaurienti informazioni riguardo l'artista, le opere esposte, gli orari, le mostre, le attività e le iniziative, nonché indicazioni logistiche, mappe e costi, ovvero tutto ciò per preparare e supportare i potenziali fruitori alla visita del museo.

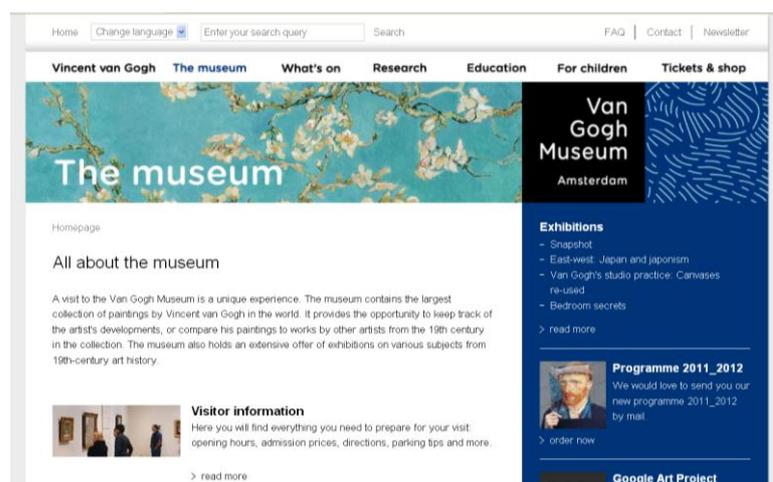


Figura 6: Pagina web all'interno del quale trovare informazioni utili sul museo Vincent van Gogh.

Fonte: <http://www.vangoghmuseum.nl/vgm/index.jsp?lang=en>

Altri esempi disponibili sul web rappresentano, invece, entità realmente esistenti: il museo viene riprodotto nella sua interezza, con tutti i suoi ambienti e tutti i sui reperti, disposti come nel museo reale (content museum). Tra questi, lo Smithsonian National Museum of Natural History offre, all'interno del proprio sito web (<http://www.mnh.si.edu/>), la possibilità di vedere in anteprima una

panoramica delle sale del proprio museo (Fig. 7).



Figura 7: Screenshot di una sala della versione virtuale dello Smithsonian National Museum of Natural History di Washington (USA).

Un esempio di virtual museum, invece, inteso come potenziamento del learning museum, è rappresentato dal “Sistema museale e rete museale virtuale”, realizzato dall’Università della Calabria grazie ad un progetto finanziato dalla Regione Calabria nell’ambito del Programma Operativo Regionale (POR) 2000/2006.

Il progetto ha avuto come obiettivo principale la realizzazione di un Sistema Museale sulla Magna Grecia in grado di promuovere, utilizzando recenti ed innovative soluzioni tecnologiche, una visione di insieme dell’intero patrimonio archeologico calabrese, conservato in diversi musei dislocati su tutto il territorio regionale (Bertacchini et al. 2006; Bertacchini et al. 2006).

Nell’ambito del progetto è stata effettuata la raccolta e la catalogazione di contenuti digitali relativi ai beni risalenti al periodo magno greco. Una volta confluiti nel Sistema Museale Virtuale, i contenuti sono stati messi a disposizione del pubblico attraverso il Web.

Il sito è strutturato in modo tale da consentire un accesso di tipo geografico ai contenuti relativi agli scavi, ai musei, ai parchi archeologici, alle località di interesse turistico e alle tradizioni artigianali legate all’archeologia (Fig. 8).



Figura 8: Screenshot della pagina di accesso ai diversi parchi archeologici e musei relativi al periodo magno-greco presenti sul territorio calabrese. Fonte: www.virtualmg.net

Ciascuna categoria è presentata attraverso una serie di mappe tematiche del territorio regionale, caratterizzate da un livello di dettaglio crescente, che l'utente può esplorare fino ad ottenere l'informazione desiderata.

In particolare, quattro livelli di accesso sono previsti: il primo contiene informazioni di tipo geografico sui distretti archeologici studiati; il secondo presenta la documentazione relativa ai siti e ai reperti archeologici presi in considerazione; un terzo livello contiene approfondimenti in relazione ai siti e ai musei calabresi; nell'ultimo sono inserite informazioni di vario tipo in relazione ai distretti culturali (Bertacchini et al., 2006).

Inoltre, l'interfaccia del sito fornisce all'utente la possibilità di accedere a due sezioni inerenti i reperti archeologici: "Reale" e "Virtuale". Da quest'ultima è possibile accedere alle ricostruzioni virtuali di alcuni ambienti antichi (teatro, tempio, abitazioni) riprodotti così come dovevano essere, verosimilmente, prima che il passare del tempo ne cancellasse le tracce, ma anche di alcuni reperti attualmente conservati nei vari musei calabresi.

Inoltre, nella sezione relativa alla didattica, è possibile osservare la ricostruzione

di alcuni personaggi simbolo della cultura greca, gli scienziati Archimede da Siracusa, Pitagora da Samo e Euclide da Alessandria; le ricostruzioni di alcune delle complesse invenzioni del mondo ellenico, quali la macchina di Erone, l'orologio di Antikythera e il modello cosmologico di Keplero.

Alcune di queste ricostruzioni virtuali, realizzate dal gruppo interdisciplinare Evolutionary System Group (ESG) dell'Università della Calabria, guidato dai Proff. P.A. Bertacchini, E. Bilotta e P. Pantano, sono state concesse, dagli stessi per la realizzazione di un documentario mandato in onda dalla trasmissione "Ulisse" sulla rete nazionale.

Il documentario, intitolato "Gli splendori della Grecia Antica" (<http://www.youtube.com/watch?v=MsHLAdnP7I0>), riguarda la storia della civiltà greca e propone una spettacolare visita ad alcuni dei più importanti siti archeologici presenti nel nostro territorio: Paestum, Siracusa, Agrigento.

Inoltre, nel menu "Didattica" è possibile approfondire, in maggior dettaglio, il tema relativo al teatro greco, che ebbe un ruolo essenziale nella vita della polis, in quanto portatore di problematiche politiche e sociali.

Per i greci il teatro non era solo uno spettacolo, ma un vero e proprio rito collettivo, con funzione persino di purificazione. Secondo Aristotele tutte le forme di teatro, e in particolare la tragedia, avevano una funzione catartica in quanto servivano a rappresentare l'inconscio umano.

Il gruppo ESG ha portato avanti una ricerca il cui obiettivo principale era sperimentare la creazione di un Teatro Greco Virtuale, mediante la ricostruzione tridimensionale di alcune maschere menandree e la successiva implementazione di sistemi artificiali, attraverso i quali poter esplorare alcune caratteristiche (comportamenti dei personaggi, maschere adoperate, ecc.) di opere letterarie antiche (Adamo, et al., 2010; Bertacchini, et al., 2006; Bertacchini, et al., 2007; Bilotta, et al., 2010; Tavernise, et al., 2005) (Fig. 9).

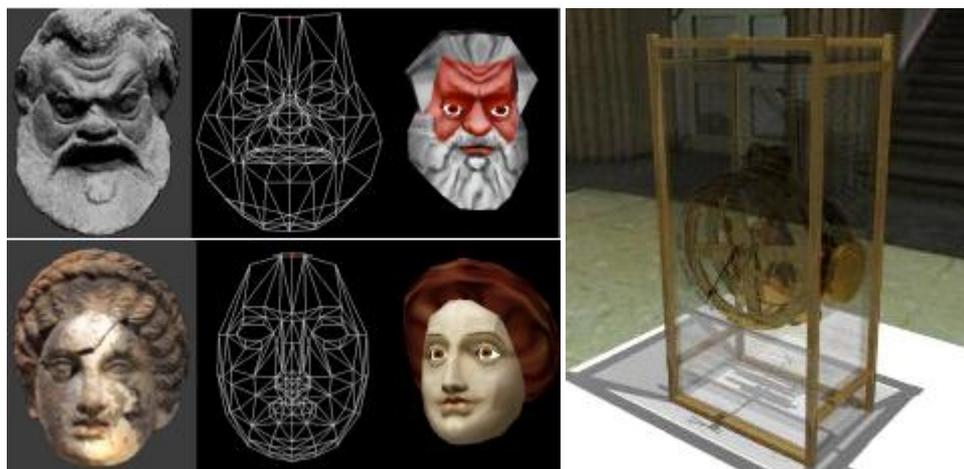


Figura 9: La ricostruzione di due maschere del teatro greco e dell'orologio di Antikythera (I sec. a.C.). Fonte: Pantano E., Tavernise A. (2009).

La realizzazione di ambienti sintetici dove poter sperimentare nuove modalità teatrali consente all'utente di scoprire le caratteristiche delle maschere greco-romane, utilizzate nelle rappresentazioni teatrali, e il contenuto del testo teatrale, scoprendo l'elemento fondante della civiltà greca e latina.

La maggiore diffusione di un particolare settore della letteratura greca si traduce, dunque, in una spettacolarizzazione di testimonianze e scritti che diventa supporto del processo cognitivo. In tal senso, la gestione spaziale degli elementi in un ambiente tridimensionale rappresenta la sintesi tra il modo di apprendere simbolico-ricostruttivo di tipo linguistico e quello senso-motorio, basato sul meccanismo primario di percezione visivo, tattile e cinestetico (Antinucci, 1998).

Infine, nell'ambito dello stesso progetto assume notevole importanza il concetto di "rete museale" intesa come entità aperta alla circolazione, distribuzione, connessione e creatività di molteplici forme di conoscenza, in cui la dimensione sociale della fruizione acquisisce un ruolo preponderante (Bertacchini et al., 2006).

In una delle sue ricerche, Forte (Forte & Franzoni, 1998) distingue due istanze legate al concetto di museo virtuale: simulazione e virtualità. La prima si ha

quando il museo virtuale replica la geometria del museo reale utilizzando una qualsivoglia tecnologia. Si parla di virtualità quando si sceglie una “eterorappresentazione”, ovvero un metafora più complessa in grado di descrivere i propri contenuti.

Mentre il museo simulato schematizza i contenuti del museo reale, quello virtuale è invece in grado di estenderli e moltiplicarli, favorendo lo scambio di informazione tra fruitore e oggetto (Forte & Franzoni, 1998).

Il Virtual Museum of Iraq (<http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/prehome.htm>), realizzato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e promosso e finanziato dal Ministero degli Affari Esteri, rappresenta un esempio di museo virtuale, concordante con la definizione di Forte & Franzoni (1998) e quella di *virtual learning museum* di Schweibenz (2004).

In il museo virtuale dell'Iraq non coincide con quello reale, ma presenta una selezione delle opere più significative del territorio e della civiltà irachena, comprensiva anche di manufatti appartenenti a diverse realtà museali, dislocate nel mondo (Cultraro, Gabellone, & Scardozzi, 2009).

Esso è costituito da otto sale, ciascuna corrispondente ad una fase storica: preistoria, periodo sumerico, accadico–neosumerico, assiro, babilonese, achemenide e seleucide (Fig. 10).

Ciascuna sala presenta un allestimento diverso dall'altra ed ospita manufatti con tre livelli di approfondimento (Fig. 11): una “scheda” illustra la provenienza, il materiale, le dimensioni, la cronologia e il luogo di conservazione, ed è corredata da un testo descrittivo scientifico; la voce “esplora” consente di manipolare la ricostruzione 3D dell'oggetto, realizzata con tecnologia laser; infine, in alcuni casi, l'utente può scegliere di visualizzare i “filmati” che implementano e spiegano alcuni reperti, narrando una vicenda storica, un ritrovamento o un'antica tecnica artigianale.



Figura 10: Screenshot della sala partica e sasanide del museo virtuale dell'Iraq. Fonte: <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/prehome.htm>

Le ricostruzioni 3D, in questo museo, offrono dunque un approccio interattivo e personalizzato alle opere, le quali sono presentate tenendo conto del contesto di origine e integrate con numerose informazioni, capaci di soddisfare diverse tipologie di utente.

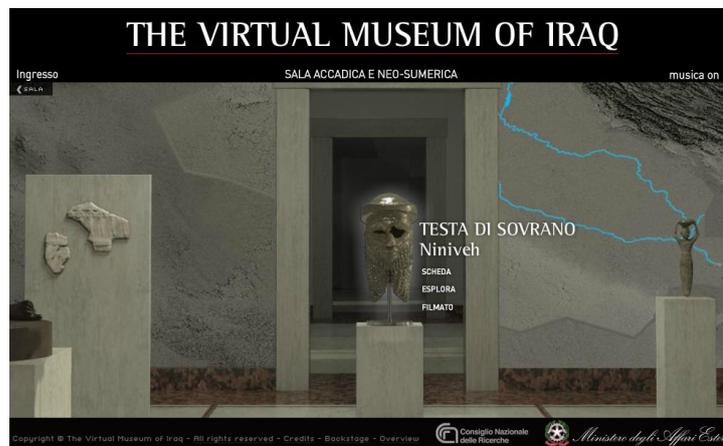


Figura 11: Screenshot della sala accadica e neo-sumerica del museo virtuale dell'Iraq: elenco dei livelli di dettaglio offerti all'utente. Fonte: <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/prehome.htm>

Molte applicazioni on-line sono state realizzate nel corso degli ultimi anni e diverse sono le motivazioni che hanno portato alla nascita di realtà museali virtuali. Tra queste:

- Spazio limitato: molti musei possiedono depositi colmi di reperti i quali, a causa di uno spazio limitato destinato alla esposizione, restano visibili ai soli addetti ai lavori.
- Rinnovo delle mostre museali: gli ambienti virtuali offrono un tipo di visita interattiva e innovativa, capace di aumentarne la qualità e la soddisfazione del visitatore.
- Visualizzazione: gli strumenti di Realtà Virtuale permettono di visualizzare simulazioni di oggetti non più esistenti, in pessime condizioni di conservazione oppure conservati in altri musei.
- Mostre mobili: la realizzazione di una mostra virtuale consente la sua fruizione in luoghi diversi dal museo che la conserva favorendo, così, una maggiore diffusione (Sylaiou, Liarokapis, Kostakis, & Patias, 2009).
- Supporto alla visita: alcune realtà museali sono molto vaste e ricche di diverse collezioni. La riproduzione virtuale, integrata con strumenti quali Database o Content Management Systems, permette scambi di informazioni con altri musei e può essere sfruttata dai visitatori in situ, mediante chioschi interattivi o dispositivi mobili (Rojas-Solaa, Castro-Garcíaa, & Carranza-Cañadas, 2011)
- Supporto alla progettazione: i sistemi di Realtà Virtuale sono un valido supporto per i curatori museali durante la fase di progettazione di mostre o esposizione temporanee. In questo caso si ha la possibilità di creare spazi espositivi senza limiti e senza vincoli, con allestimenti estremamente affascinanti ed innovativi (Minucciani, 2009).

Oltre ad essere un mezzo di valutazione delle scelte, offrono, in alcuni casi, un'alternativa allo spostamento, anche temporaneo, delle opere (Sylaiou, Liarokapis, Kostakis, & Patias, 2009) comportando un evidente risparmio di forze, tempi e risorse rispetto alla sua realizzazione concreta (Minucciani, 2009).

1.2.4. Virtual Heritage 2.0

Negli anni più recenti, la ricerca nel Virtual Heritage si sta muovendo verso una riflessione più approfondita delle implicazioni sociali e comunicative delle tecnologie Web le quali, grazie alle molteplici espressioni (dalle community ai musei virtuali, dalle forme di partecipazione dei wiki ai blog), offrono un importante ambito di confronto per gli utenti.

Il progresso e la rapida espansione delle applicazioni Web hanno, infatti, permesso la divulgazione di conoscenze e di servizi, così come la condivisione d'informazioni e cooperazione tra gli utenti, offrendo a questi la possibilità di incontrarsi in Comunità Virtuali, all'interno delle quali vivere esperienze comuni (Febbraro, Naccarato, Pantano, Tavernise, & Vena, 2008; Barak, Orit, Kaberman, & Dori, 2009).

Secondo Abraham Maslow (1982) il bisogno di appartenenza, che include il desiderio di avere amici, di essere accettato dagli altri, di ricevere affetto e di essere parte di un gruppo, sono identificati come bisogni psicologici e rientrano tra le necessità "fondamentali" e "superiori" dell'uomo.

Le Comunità Virtuali e i Social Networks nascono proprio dal bisogno primario di unirsi e sentirsi aggregato con altre persone e, pur essendo ispirate dalle tradizionali comunità, non rappresentano la loro evoluzione. Essi, integrando le opportunità offerte dalle nuove tecnologie e dal Web con l'occasione di condividere ed essere parte di uno spazio sociale, promuovono un nuovo tipo d'interazione tra gruppi (Romm, Pliskin, & Clarke, 1997; Hummel & Lechner, 2002; Memmi, 2006).

Un Social Network rappresenta una struttura sociale fatta di persone che condividono lo stesso ambiente virtuale e la stessa tecnologia, formando così un gruppo riconoscibile, unito da vincoli organizzativi, interessi comuni (ad esempio linguistici, religiosi ed economici), obiettivi e valori, ma non necessariamente una comune posizione geografica.

Gli utenti possono partecipare in modo attivo, proponendo e offrendo contenuti e prodotti, secondo lo scopo della comunità, oppure in modo passivo, usando informazioni già condivise e pubblicate. Così, gli utenti hanno il doppio vantaggio di entrare in contatto con persone aventi gli stessi interessi e di accedere ad una serie di servizi e contenuti offerti dalla Comunità.

I meccanismi di crescita di una Comunità Virtuale sono influenzati da tre livelli di coinvolgimento:

Livello I - una comunità di discussione (forum o mailing list) che prevede un impegno minimo per l'utente, in quanto basato sulla conversazione;

Livello II – si tratta di un genere più complesso ed evoluto di Comunità Virtuale, in quanto richiede ai partecipanti di portare valori, conoscenze, contributi scientifici, competenza e impegno attivo e frequente;

Livello III - una comunità di business, che prevede un forte coinvolgimento dei partecipanti al fine di generare business.

Inoltre, tre elementi fondamentali giocano un ruolo cruciale nella creazione e nello sviluppo di una Comunità Virtuale di successo: i contenuti, la collaborazione e lo scambio.

Come affermato in numerose ricerche (Kloos, 2005; Lin, et al., 2008; Lin, 2008; Dögan, et al., 2009; Toivonen, et al., 2009; Tickle, et al., 2011; Kim, et al., 2011) una Comunità Virtuale nasce e si sviluppa sulla base di reti di persone che sfruttano servizi comuni e condividono idee riguardo un particolare tema ed è caratterizzata dalla creazione e dalla manipolazione di spazi condivisi, dalla comunicazione, dalla responsabilità, dall'interazione online e dal controllo costante della qualità delle informazioni e dei servizi offerti.

Alcuni studi le definiscono come una tecnologia supportata dal computer e mediata dal cyberspazio, le cui attività sono abilitate dalle tecnologie dell'informazione, mentre i contenuti e gli argomenti sono determinati dall'evoluzione dei rapporti tra i partecipanti (Lin, et al., 2008; Lee, et al., 2002).

La pratica di utilizzo delle Comunità Virtuali come risorsa d'informazioni è stata adottata in diversi settori quali istruzione (Wachter, et al., 2000; Effken, et al., 2008; Salvo, et al., 2009; Tomai, et al., 2010), comunicazione e divulgazione di temi specifici, come ad esempio arte e scienza (Alfano, et al., 2010), sviluppo di software (Barcellini, et al., 2008), comportamento del consumatore (Lu, et al., 2010; Wu, et al., 2010), salute (Hanten, et al., 2011) e beni culturali (Febbraro, et al., 2008; Barak, et al., 2009).

Ad esempio, il sistema Cultural Heritage 2.0 è una piattaforma di aggregazione all'interno della quale gli utenti si comportano, allo stesso tempo, come consumatori e come produttori di informazioni relative al patrimonio culturale. In particolare, tale sistema permette agli utenti di svolgere diverse azioni, tra le quali: inserire nuove ricostruzioni virtuali e fornire documenti e indicazioni in merito alla realizzazione di oggetti 3D; aggiungere diversi contenuti multimediali; realizzare ambienti virtuali; aggiungere ricostruzioni virtuali presenti in altri sistemi aperti; modificare i moduli già presenti nel software, implementando nuove funzionalità, prima valutate dall'amministratore del sistema. Inoltre, grazie al principio della "ricombinazione", ovvero la possibilità di associare elementi provenienti da contesti differenti, l'utente può realizzare nuove relazioni e connessioni tra i contenuti secondo la propria immaginazione e le proprie necessità, personalizzando la propria esperienza (Febbraro et al., 2008).

Nel progetto FIRB (Funds for the Investments of Basic Research) "Integrated Technologies of robotics and virtual environment in archaeology", sviluppato dal VHLab del CNR-ITABC e l'Università di Merced, è stata sviluppata, invece, una piattaforma di simulazione collaborativa destinata alla comunità scientifica archeologica.

L'idea progettuale nasce dalla difficoltà, che spesso si manifesta nel campo della Virtual Archaeology, di mostrare le relazioni esistenti tra il risultato finale (la ricostruzione 3D) e il processo di interpretazione dei dati di scavo. Mostrando la

ricostruzione virtuale di un dato oggetto, senza rendere trasparenti i dati di partenza, non viene fornita al fruitore la possibilità di discutere sull'interpretazione del dato archeologico che porta a formulare ipotesi ricostruttive. La ricostruzione virtuale è intesa, infatti, come il frutto di un processo di simulazione che necessita di un lavoro di squadra, caratterizzato da frequenti discussioni e confronti tra le figure coinvolte.

A tal proposito, il progetto ha avuto come obiettivo principale la realizzazione di un ambiente virtuale all'interno del quale gli utenti possano interagire, condividendo contenuti e librerie grafiche tridimensionali, spaziando da interpretazione e comunicazione e enfatizzando lo scambio di informazioni e pareri. L'ambiente virtuale non è l'output finale, bensì un'entità modificabile all'interno del quale ogni utente ha la possibilità di creare e salvare modelli diversi (Pietroni, 2009).

Oltre ad essere particolarmente utili all'interpretazione e alla comunicazione del dato archeologico, all'apprendimento e allo studio del patrimonio, le soluzioni partecipative quali blog, social networks e ambienti multiutente sono sfruttate anche per la comunicazione web istituzionale (Capaldi, et al., 2008).

Ad esempio, il Brooklyn Museum ha aggiunto al proprio sito web una sezione dedicata alla Comunità, integrando servizi Web 2.0 come Flickr, YouTube, Twitter, Blogs, Podcasts, ecc (<http://www.brooklynmuseum.org/community/>).

Tra i vantaggi provenienti dall'utilizzo di questi strumenti Web 2.0 si citano la possibilità di visualizzare foto (su Flickr - www.flickr.com) o video (su YouTube - www.youtube.com) aggiunte dai visitatori del Museo, oppure di ascoltare il podcast del museo direttamente dalla stessa pagina web, o visualizzare su Twitter (www.twitter.com) i messaggi e le opinioni riguardo al museo, lasciate da altri visitatori.

Mentre la maggior parte dei progetti di Virtual Heritage concentra tutte le risorse nello sviluppo di servizi di visualizzazione 3D e interazione per la fruizione di

contenuti, le applicazioni Web 2.0 alle stesse tematiche determinano il capovolgimento della funzione del fruitore, che diviene ideatore di contenuti, mediante la collaborazione e la partecipazione basate sul web.

1.3 Apprendimento e educazione al Patrimonio Culturale: il contributo delle tecnologie educative

L'educazione al Patrimonio Culturale è sempre stata basata su metodi d'insegnamento tradizionali, ovvero in classe, con il supporto di immagini e testi stampati.

Questo scenario inizia, però, a cambiare nel 1998, in seguito alla divulgazione agli Stati Membri della Raccomandazione R(98) 5 da parte del Comitato dei Ministri del consiglio d'Europa, il quale raccomanda l'adozione di *“appropriate misure legislative, regolamentari, amministrative, finanziarie per intraprendere e sviluppare ogni altra attività di educazione al patrimonio e promuovere la consapevolezza del patrimonio tra i giovani”*.

Secondo la stessa Raccomandazione, l'educazione al patrimonio è una modalità d'insegnamento delle tematiche legate al patrimonio culturale che prevede l'impiego di metodi educativi attivi, approcci interdisciplinari, l'utilizzo di svariati modi di comunicazione e espressione. Ciò ha favorito, dunque, che l'educazione al patrimonio divenisse un settore innovativo e sperimentale, dove tecnologie e sperimentazioni hanno giocato e giocano un ruolo chiave.

L'evoluzione e la relativa crescente diffusione delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione, sviluppatasi negli ultimi decenni, hanno condotto ad un profondo e celere cambiamento degli apparati cognitivi ed affettivi, dei comportamenti e degli stili di vita.

Se la rivoluzione informatica ha determinato l'introduzione di strumenti tecnologici in svariati settori lavorativi, al contempo, è verità ormai assodata che la tecnologia pervade ogni atto comunicativo e quindi anche educativo e

formativo.

Si può senza dubbio affermare che quello delle Tecnologie Didattiche è un settore disciplinare consolidato e ritenuto di importanza strategica per lo sviluppo futuro. Il 1954 potrebbe essere identificato con l'anno di nascita delle tecnologie didattiche, corrispondente alla data di pubblicazione dell'articolo di Skinner "The science of learning and the art of teaching" (1954), all'interno del quale venivano descritti i metodi, i mezzi, gli obiettivi, gli strumenti di verifica dell'apprendimento, ma anche le modifiche che si verificavano nel comportamento del soggetto quando venivano utilizzate le macchine nell'istruzione. Questo articolo offrì lo stimolo per una serie di studi focalizzati sull'impiego delle macchine nei processi di apprendimento, prendendo come riferimento gli esperimenti in laboratorio sugli animali. Analogamente a quanto avviene negli animali, anche l'apprendimento umano può essere favorito dalle conseguenze positive delle nostre azioni (rinforzo positivo). Da questo orientamento nacque un nuovo settore disciplinare noto come Educational Technology.

Una prima definizione sistematica di tecnologie didattiche, risale all'inizio degli anni ottanta, ad opera dell'Association for Educational Communication and Technology (USA), che le definì come quell'insieme di processi complessi ed integrati che coinvolgono persone, procedure, idee e mezzi per l'analisi di problemi relativi all'apprendimento e per l'elaborazione, l'implementazione, la valutazione e il controllo di soluzione a quei problemi in situazioni in cui l'apprendimento è finalizzato e controllato.

L'impiego di strumenti e tecnologie in ambito educativo si rifà all'approccio costruttivista, una prospettiva pratica e teorica particolarmente importante che ha avuto un'influenza notevole sia nell'ambito della ricerca scientifica, che in ambito educativo, tra gli anni '80 e '90. Seppur le sue basi sono state fornite dal lavoro di Piaget (1971), la teoria costruttivista applicata all'apprendimento trova le sue

radici in Novak e Gowin (1984) e Von Glasersfeld (1989).

In sintesi, il costruttivismo si basa su tre principi fondamentali:

- 1) la conoscenza viene costruita dal discente e non è semplice trasmissione di informazioni del docente;
- 2) l'apprendimento richiede l'impegno attivo del discente che costruisce le proprie rappresentazioni attraverso l'esperienza;
- 3) il contesto gioca un ruolo determinante all'interno del processo di apprendimento.

Vista l'importanza del contesto e dell'esperienza, l'apprendimento attivo si realizza attraverso delle attività che integrano l'aspetto cognitivo, metacognitivo, affettivo e psicomotorio.

Nel corso degli anni novanta in ambito costruttivista, è Papert (1993) che introduce il concetto di costruzionismo. Egli afferma che il processo di apprendimento è un processo di costruzione di rappresentazioni più o meno corrette e funzionali del mondo con cui si interagisce. Rispetto al costruttivismo, il costruzionismo introduce il concetto di artefatti cognitivi, ovvero oggetti e dispositivi che facilitano lo sviluppo di specifici apprendimenti. L'essere umano, a prescindere dall'età, ha bisogno di avere a disposizione materiali concreti affinché la conoscenza acquisita sia più vicina alla realtà. Secondo Papert, la mente ha bisogno di materiali da costruzione appropriati, esattamente come un costruttore: il prodotto concreto può essere mostrato, discusso, esaminato, sondato e ammirato. Quindi, l'attenzione viene posta non più sulla quantità, ma sulla qualità dell'apprendimento. Pertanto, la costruzione dei contenuti sarà molto più efficace se non avviene solo a livello mentale, ma se supportata da una costruzione reale. Papert (1986) e Harel e Papert (1991), incarnando i principi teorici e applicativi del costruttivismo, ha usato i linguaggi informatici per costruire ambienti in cui i bambini possono esplorare la conoscenza e dirigere il proprio apprendimento; egli ha evidenziato le potenzialità del calcolatore per lo sviluppo del pensiero e della

creatività.

In questo contesto, i computer in particolare e le tecnologie educative in generale, possono favorire lo sviluppo cognitivo, poiché supportano:

- 1) la costruzione della conoscenza – permettono di rappresentare le idee, le intenzioni e le credenze di chi apprende;
- 2) l'esplorazione – permettono di accedere all'informazione, di comparare prospettive, credenze e punti di vista;
- 3) l'apprendimento attraverso il fare – consentono di simulare significativi problemi, situazioni e contesti del mondo reale, di rappresentare prospettive, credenze, argomenti, storie, e di provvedere un sicuro e controllabile spazio del problema per il pensiero dello studente (Olimpo, 1993).

I costruttivisti sostengono che noi costruiamo la nostra realtà attraverso l'esperienza che facciamo del mondo. Dato questo assunto, si deduce che il soggetto non può giungere ad un'effettiva comprensione dei fenomeni del mondo reale solo ascoltando i racconti dell'insegnante.

Un tipo di apprendimento che si rifà ad un approccio di stampo costruttivista si sforza di creare ambienti nei quali il soggetto può attivamente costruire le proprie conoscenze, piuttosto che ripetere in modo mnemonico le interpretazioni del mondo narrate dall'insegnante. I soggetti vengono coinvolti attivamente nell'interpretazione degli eventi del mondo e a riflettere sulla propria interpretazione. Si tratta quindi, di un tipo di apprendimento attivo e costruttivo che avversa un tipo di apprendimento inerte. Se i soggetti costruiscono attivamente una propria interpretazione degli eventi del mondo, avranno una maggiore padronanza di quella conoscenza che allo stesso tempo, sarà meno soggetta ad affievolirsi con il tempo (Jonassen, 1996).

Il soggetto costruisce conoscenza significativa quando è attivamente coinvolto nella costruzione di qualsivoglia artefatto siano essi castelli, storie, programmi per computer.

In modo più specifico, le tecnologie educative in ambito formativo, si presentano come strumenti d'apprendimento che promuovono:

- la capacità di razionalizzare dall'esperienza;
- la creatività;
- la capacità critica dell'allievo;
- la flessibilità del sistema educativo in modo da permettere la personalizzazione dell'istruzione.

In tale contesto, il sistema di studio, anziché sulla lezione cattedratica è fondato sulla partecipazione attiva sia del docente che dell'alunno ad attività di indagine, di laboratorio, e di dibattito. È in questa prospettiva, incentrata su una concezione creativa e critica dell'apprendimento individuale, che si possono utilizzare una serie di tecnologie educative, in modo tale da liberare l'istruzione dalla routine e di facilitare l'apprendimento di tipo mnemonico e nozionistico (Bertacchini, Bilotta, 1999).

L'Educational Technology diventa oggi "New Information Technology" e per questa strada tende ad una progressiva compenetrazione anche nei più tradizionali settori come può essere quello dell'Educazione al Patrimonio. Il fine ultimo è quello di promuovere esperienze educative (Edutainment) che sfruttano l'aspetto ludico e divertente (Entertainment/Intrattenimento) delle tecnologie per stimolare l'interesse e la curiosità nell'ambito del settore dei Beni culturali; supportare e facilitare la diffusione della conoscenza relativa alla nostra eredità culturale e permettere, allo stesso tempo, ad una grande varietà di utenti di accedere a contenuti di vario genere (archeologici, artistici), virtualmente e in modo facile.

Negli ultimi anni, gli ambienti virtuali sono quindi divenuti strumenti innovativi per la diffusione di contenuti educativi (Owston, et al., 2009; Iqbal, et al., 2010; Pantano, & Tavernise, 2011) anche nel settore del patrimonio culturale. Bilotta & Tavernise (2011) hanno dimostrato l'efficacia dell'ambiente virtuale sviluppato nell'ambito del progetto NetConnect, mediante la valutazione di oltre duecento

studenti. In questo mondo virtuale, gli studenti hanno avuto la possibilità di costruire il proprio sapere attraverso la diversi percorsi di fruizione e la manipolazione di oggetti culturali tridimensionali (Fig. 12).

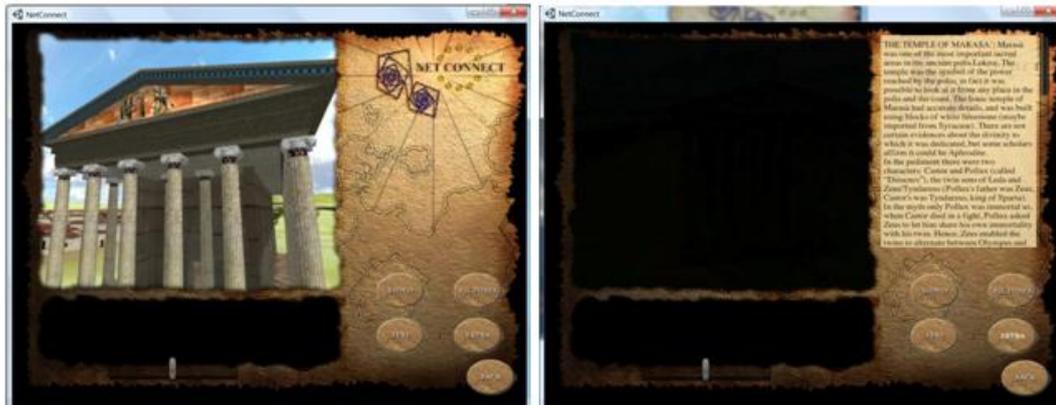


Figura 12: Menu del sistema di fruizione on-line realizzato nell'ambito del progetto NetConnect.
Fonte: www.netconnect-project.eu

1.4 L'impatto sul turismo

La crescente competizione tra territori costringe il settore del turismo alla individuazione e definizione di nuove strategie destinate al rafforzamento e all'incremento di nuovi flussi turistici (Dwyer et al., 2009; Yeoman et al., 2009), ottenendo così, anche notevoli vantaggi economici (Zhang et al., 2009; Bornhorst et al., 2010).

Le innovazioni nel settore delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICTs) influenzano, in maniera considerevole, l'industria turistica (Pantano & Servidio, 2010) e molteplici sono gli studi che dimostrano i benefici derivanti dall'utilizzo delle nuove tecnologie in questo campo (Buhalis & Molinaroli, 2003), la cui intersezione può essere denominata 'eTourism' (Buhalis & Law, 2008). In quest'ottica, lo strumento più utilizzato è il Web grazie alla sua semplicità d'uso e alla capacità di diffusione tra i potenziali turisti (UNWTO, 2001).

Ad esempio, molti turisti hanno adottato Internet come strumento per la ricerca di

informazioni relative a viaggi (Buhalis & Law, 2008) mentre molte imprese turistiche si sono affermate online (Buhalis & Law, 2008).

Nel decennio compreso tra il 1990 e il 2000, i siti web dedicati al turismo sono stati realizzati nell'ottica di rafforzare la qualità dell'interazione con gli utenti (Chu et al., 2007). Nella fase iniziale, tali siti erano destinati a promuovere e divulgare, principalmente, le attrazioni turistiche; in una fase successiva, sono stati potenziati mediante l'utilizzo di funzioni interattive, che includono strumenti di visualizzazione avanzati e intuitivi.

La necessità di utilizzare strumenti di visualizzazione, capaci di fornire informazioni in maniera più facile e veloce, deriva dal fatto che prodotti e servizi turistici sono caratterizzati dalla loro natura intangibile e, per tale ragione, l'utente non riesce facilmente a valutare un prodotto turistico, se non dopo il viaggio (Ye, et al., 2011).

La diffusione delle ricostruzioni virtuali delle mete turistiche riesce a migliorare questo aspetto, dal momento che ne fornisce un'immagine dettagliata e interattiva. Inoltre, l'integrazione di agenti virtuali in questi ambienti digitali assicura una rappresentazione ancor più realistica, imprimendo negli utenti una forte "sensazione di presenza" nell'ambiente (Alfano, et al., 2008; Gutiérrez et al., 2008; Brunetti and Servidio, 2010). Per tale ragione esiste un numero crescente di scenari virtuali all'interno dei quali i turisti, rappresentati da avatar, hanno la possibilità di esplorare tali ambienti attraverso interfacce multimodali (Berger et al., 2006; Gärtner et al., 2008) (Fig. 13).

La ricerca di Sundstedt et al. (2004) ha dimostrato che l'utilizzo di strumenti di Realtà Virtuale produce un incremento in termini di "accessibilità", soprattutto quando, ad esempio, un luogo risulta essere molto distante, troppo costoso da raggiungere, pericoloso, o, semplicemente, non più esistente.



Figura 13: Esempio di ambiente immersivo per scopi culturali.

La ricerca di Sundstedt et al. (2004) ha dimostrato che l'utilizzo di strumenti di Realtà Virtuale produce un incremento in termini di "accessibilità", soprattutto quando, ad esempio, un luogo risulta essere molto distante, troppo costoso da raggiungere, pericoloso, o, semplicemente, non più esistente.

Attraverso le tecnologie è possibile connettere facilmente persone, posti e culture differenti (Bertacchini et al., 2008; Coppola et al., 2008).

È stato anche dimostrato come le piattaforme sul web, all'interno delle quali i turisti possono scambiarsi idee e pareri su viaggi, stanno divenendo, gradualmente, potenti mezzi capaci di influenzare gli utenti, più delle strategie di marketing (Buhalis & Law, 2008).

Concludendo, i sistemi interattivi si manifestano come strumenti importanti nella promozione di località turistiche, le quali possono essere anche riprodotte e esplorate virtualmente. Tali sistemi sembrano riscuotere maggior successo rispetto alle guide turistiche tradizionali, basate su contenuti statici. In tal modo, infatti, viene catturata l'attenzione degli utenti e gli stessi sono motivati e incentivati a visitare realmente il luogo. Inoltre, all'interno di questi ambienti viene rafforzato il legame esistente tra intrattenimento e apprendimento, grazie all'insieme di

stimoli forniti agli utenti (Pantano & Servidio, 2010).

Una miniera pre-protostorica in Calabria: Grotta della Monaca

2.1 Inquadramento geografico e geologico della grotta

Una cavità naturale, scavata nella roccia e di dimensioni tali da poter essere esplorata, si configura come ricca fonte d'informazioni fondamentali per le ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche del territorio sul quale essa si trova (Dimuccio, 2005).

La Grotta della Monaca, situata nella parte settentrionale della Calabria, nel territorio comunale di Sant'Agata di Esaro (provincia di Cosenza), ne rappresenta un chiaro esempio (Fig. 14).

Essa si sviluppa nei calcari del Trias per 355 m di lunghezza. Le caratteristiche morfostrutturali qui riconosciute hanno permesso di ipotizzare molteplici fasi speleogenetiche che iniziarono tra il Pliocene medio - Pleistocene inferiore (da 3.5 a 1 milione di anni fa).

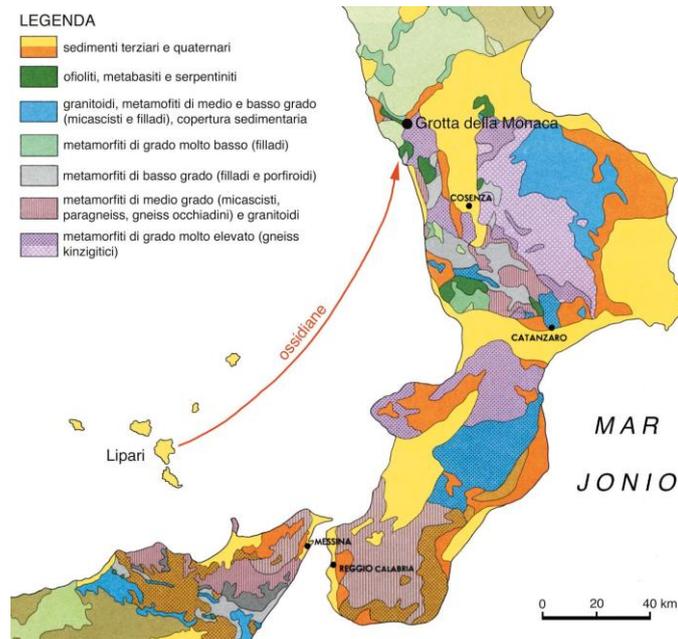


Figura 14: Carta litologica dell’Arco Calabro-Peloritano: in legenda sono indicate soltanto le formazioni litoidi dei bacini idrografici del Fiume Esaro e del Fiume Crati. Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

Il susseguirsi di fenomeni di dissoluzione, erosione, concrezionamento e di deposizione, sulla volta e sulle pareti della cavità, ha determinato la configurazione attuale della Grotta della Monaca (Dimuccio, 2005).

2.2 *Le prime esplorazioni e le ultime ricerche*

La prima esplorazione della grotta della Monaca fu di Enrico Giovanni Pirongelli, originario di Sant’Agata, che visitò la grotta il 27 ottobre 1878. Questi, spinto dalla curiosità suscitata dall’imponente fenomeno naturale, ne fornì, successivamente, un’accurata cronaca sulle pagine de “Il Calabrese”, un giornale

dell'epoca (Pirongelli, 1879a, Pirongelli, 1879b, Pirongelli, 1880a, Pirongelli, 1880b).

Circa sessanta anni dopo, nel 1939, Enzo dei Medici, pioniere della speleologia calabrese, iniziò a documentare e censire sistematicamente le cavità naturali della provincia di Cosenza e, tra queste, la Grotta della Monaca.

Durante la sua esplorazione, il dei Medici osservò, all'interno di un cunicolo, la presenza di "muretti a secco" creati dall'uomo, denominandolo così "*budello delle pietre murate*".

Dall'analisi di tali strutture, pur non ascrivendone la costruzione ad età preistorica, osservò argutamente: "*Io penso che i primi che a suo tempo hanno percorso quella galleria abbiano eseguito il lavoro per sgomberare il passaggio e procedere più agevolmente*" (Dei Medici, 2003).

Nel 1975, la cavità divenne oggetto di studio di una campagna di ricerca speleologica organizzata nel territorio di Sant'Agata da un gruppo di esploratori del Club "Spéléologues du Triangle Rouge". Nel corso di questa campagna di indagini si manifestò per la prima volta l'importanza della cavità dal punto di vista paleontologico. Infatti, all'interno del resoconto conclusivo stilato dagli speleologi svizzeri, fu segnalato il rinvenimento di "*frammenti di vasi di terracotta come pure ossa indeterminate ed un dente probabilmente umano*"; quindi si aggiunge: "*sarebbe assolutamente necessario che s'interessasse uno specialista in archeologia, a via di poter determinare con certezza se la Grotta della Monaca fu abitata dall'uomo preistorico*" (Piaget, 1975).

Tuttavia, le testimonianze delle remote frequentazioni antropiche della grotta si manifestarono solo nel maggio del 1997, quando essa divenne oggetto di ricognizione da parte di un'équipe speleo-archeologica connessa alla Cattedra di Paleontologia dell'Università degli Studi di Bari e al Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici" di Roseto Capo Spulico (CS).

Le attività di ricerca portate avanti, oltre a confermare la presenza dei muretti a secco, riportarono alla luce alcuni singolari manufatti litici (Fig. 15), identificati successivamente come utensili preistorici, confermando in tal modo le supposizioni degli speleologi svizzeri circa l'interesse archeologico della grotta. Le testimonianze così rinvenute diedero inizio ad una serie di regolari campagne di ricerca e scavo archeologico condotte, su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e in piena collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Calabria, dall'anno 2000 (Larocca, 2005).

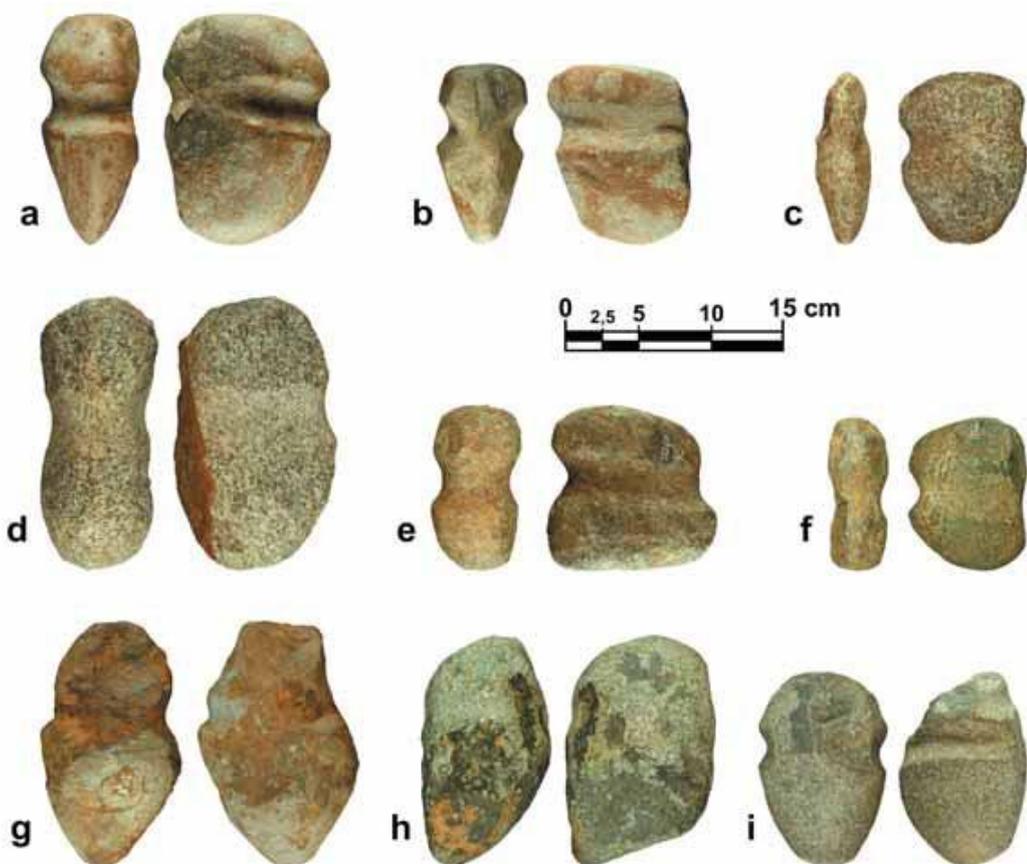


Figura 15: Differenti tipologie di utensili litici da miniera rinvenuti nella zona dei Cunicoli terminali: a-c) asce-martello; d-f) mazzuoli; g-i) picconi.
 Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

Le indagini svolte hanno riportato alla luce numerosi utensili di scavo (soprattutto mazzuoli e asce-martello in pietra levigata) e messo in evidenza alcune impronte dei loro colpi sulle pareti. Inoltre hanno rilevato una serie di muretti a secco, eretti negli ambienti più stretti, creati con lo scopo di ampliare lo spazio praticabile all'uomo.

L'insieme di tali scoperte e studi ha permesso di riconoscere una remota attività di coltivazione mineraria diretta allo sfruttamento di minerali di ferro (goethite) e rame (malachite e azzurrite).

Le evidenze estrattive si riferiscono ad un arco cronologico compreso tra l'Eneolitico iniziale e la media età del Bronzo, come attestato dai reperti ceramici recuperati nel corso delle ricerche e una serie di datazioni radiocarboniche (Larocca, 2008).

2.3 *La morfologia della grotta*

L'ambiente grotta presenta tre ambienti a sé stanti (Fig. 16): un maestoso ingresso denominato "Pregrotta"; un vasto spazio intermedio definito "Sala dei pipistrelli"; l'insieme di tre gallerie chiamato "Cunicoli terminali" (Larocca, 2008).



Figura 16: Planimetria schematica della grotta suddivisa nei tre settori principali.
Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

La Pregrotta costituisce il maestoso ingresso alla cavità e presenta un piano di calpestio completamente invaso da un notevole accumulo di detriti di crollo distaccatisi dalla volta e dalle pareti contigue che, nel corso degli anni, hanno occultato una serie di adattamenti operati dalla mano dell'uomo. Tra questi, è stata soventemente riscontrata la sistemazione di alcuni interstizi tra i crolli, con la realizzazione di muretti a secco i quali, talvolta, raggiungono vaste proporzioni.

Sotto allo spesso strato di detriti della Pregrotta sono stati, inoltre, individuati ampi canali scavati artificialmente: alcune impronte di piccone metallico impresse sulle pareti, in prossimità di massicci filoni di ossidi ferrosi, ne rappresentano loquace testimonianza.

Lo scenario appena descritto rappresenta un'antica miniera (Fig.), scavata sotto il piano di calpestio e snodatasi in diverse direzioni, databile, presumibilmente, tra il XVI ed il XVIII secolo d.C. (Larocca, 2005).



Figura 17: Ingresso della grotta, visto dall'interno.

Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

Procedendo verso l'interno della cavità, un passaggio, detto "Diaframma", dà l'accesso alla "Sala dei pipistrelli", così denominata a causa della presenza di una sostanziosa colonia di chiroteri.

Quest'ultima, con i suoi 60 m di lunghezza e 30 m di larghezza, rappresenta la zona più vasta del sistema grotta, ma anche uno dei più vasti saloni ipogei della Calabria attualmente noti.

Questa zona della grotta presenta dapprima un andamento sub-pianeggiante degradando poi, con forte inclinazione, verso il basso.

La parte iniziale e le pareti della Sala dei pipistrelli è caratterizzata da svariate forme di concrezionamento, in gran parte fossili (gruppi stalagmitici e, in misura minore, colate calcitiche e stalattiti). Tra queste, una particolare colata calcitica ricorda, secondo la fantasia popolare, una monaca, donando quindi il nome alla grotta (Fig. 18).

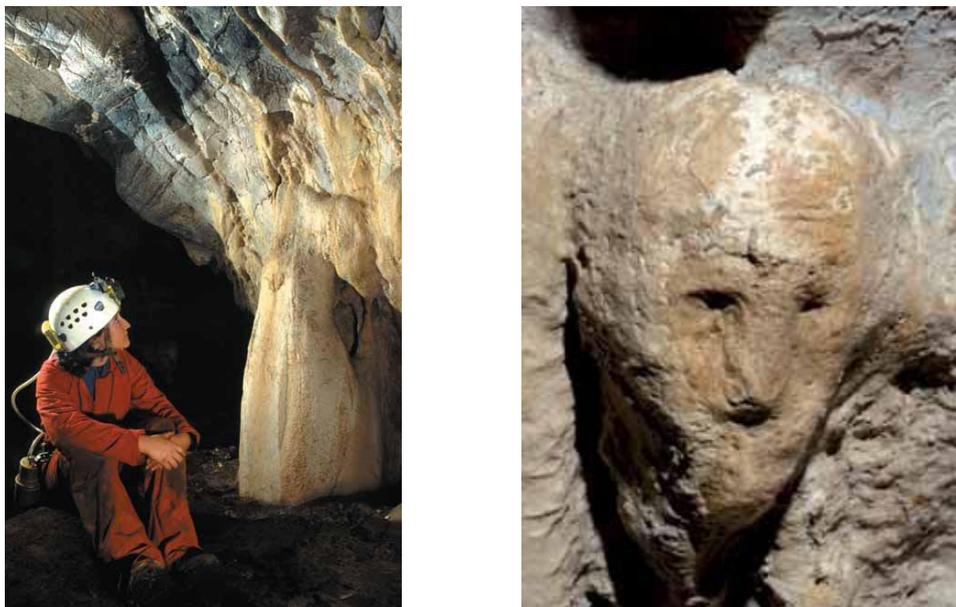


Figura 18: La concrezione calcitica, detta "Monaca", dalla quale prende il nome la cavità (a sinistra); particolare del volto della "Monaca" (destra).

Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

Nonostante sia palese l'origine naturale di tale forma, la tradizione vuole che essa sia stata scolpita da mano umana. Probabilmente, alcuni punti del volto della monaca, quali occhi e bocca, potrebbero essere stati lievemente ritoccati (Larocca, 2005).

La parte più depressa della Sala dei pipistrelli permette di accedere all'ultima area accessibile della grotta, i Cunicoli terminali. Questi sono costituiti da estesi passaggi naturali, progressivamente sempre più stretti fino a divenire del tutto impraticabili, che si diramano in due direzioni principali. Quella di destra, lunga complessivamente 40 metri, permette di procedere esclusivamente carponi: inoltrandosi al suo interno si restringe sempre più fino a raggiungere uno dei punti con maggiore dislivello negativo rispetto alla quota d'ingresso (circa 12 metri più in basso dall'ingresso).

La diramazione di sinistra, invece, si snoda in due canali sovrapposti. Il primo, lungo circa 20 metri, si inoltra in pendenza fino a toccare, anche qui, 12 metri di dislivello rispetto all'ingresso. Il cunicolo superiore, invece, si spinge per oltre 60 metri all'interno della massa rocciosa: la sua naturale conformazione costringe i visitatori ad avanzare al suo interno strisciando per la maggior parte del percorso, diventando stretto tanto da impedire qualsivoglia tentativo di progressione (Larocca, 2005).

2.4 *Le risorse minerarie e il loro sfruttamento pre-protostorico*

La Grotta della Monaca contiene, al suo interno, massicci depositi di minerali metallici che usualmente si rinvencono nelle cavità carsiche: carbonati, ossidi e idrossidi, solfati, silicati e fosfati.

Quelli che hanno interessato la coltivazione della miniera sin dai tempi più antichi sono quelli di ferro e di rame: mentre i primi sono diffusi in tutte le aree della grotta, gli altri affiorano, invece, solo nel settore finale della Sala dei pipistrelli e soprattutto lungo i Cunicoli terminali.

Tra i minerali di ferro più diffusi all'interno della grotta vi sono gli idrossidi di ferro e in particolare la *goethite* [$\alpha\text{FeO}(\text{OH})$]. Questo minerale (Fig. 19), che si trova prevalentemente in corrispondenza di fratture e superfici di strato, è stato ritrovato isolato o associato con altri ossidi come la *lepidocrocite* [$\gamma\text{FeO}(\text{OH})$], un suo polimorfo. La sua colorazione è piuttosto variabile: dal nero con debole lucentezza sub metallica, come in alcune stalattiti, al giallo vivo (ocra chiaro) delle varietà più terrose e incoerenti fortemente idratate, oppure al rosso scuro tipico delle varietà cripto- cristalline, poco compatte e friabili.

Altri minerali di ferro riscontrati sono l'*hematite* ($[\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3]$), un ossido, e la *yukonite*, un arseniato di ferro e di calcio [$\text{Ca}_2\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_4(\text{OH})\cdot 12\text{H}_2\text{O}$] (Dimuccio, Garavelli, Pinto, & Vurro, 2005).

Tra le mineralizzazioni cuprifere, presenti solo nei settori finale della grotta, le specie più frequenti sono i carbonati, cioè la malachite e l'azzurrite. La *malachite* [$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$], di colore verde intenso (Fig. 19), si presenta come il minerale più abbondante all'interno della grotta della Monaca. Si riscontra sotto forma di piccole concrezioni (stalattiti), come sottili strati su calcite o, ancora, sulle superfici di piccole pietre sparse per terra o contenuti nei sedimenti argillosi.

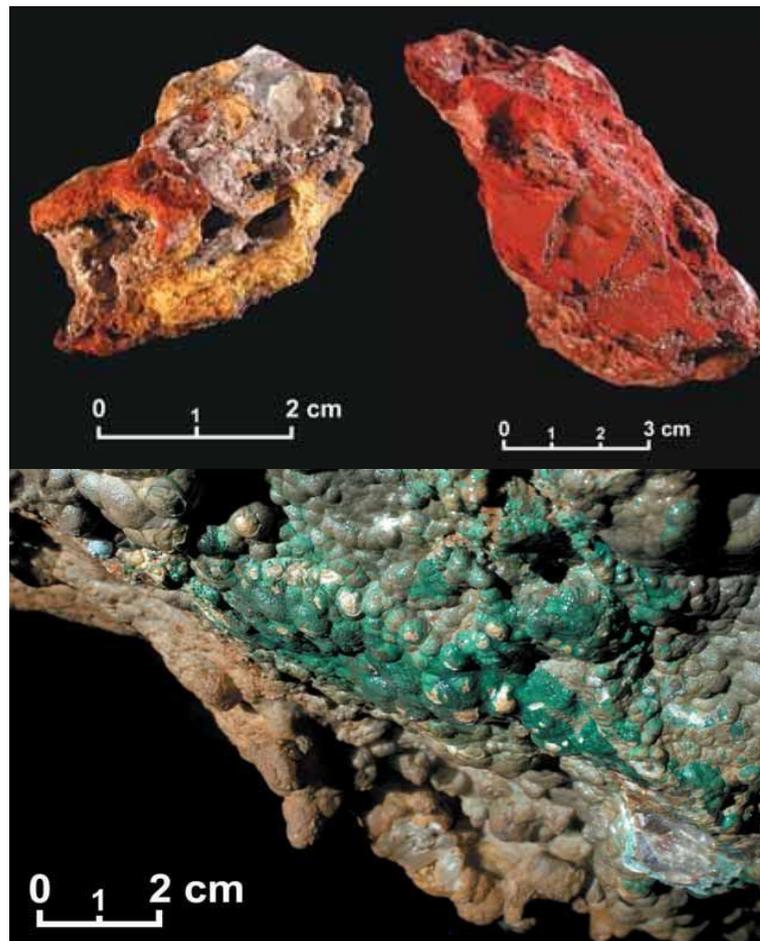


Figura 19: Dall'alto a sinistra: varietà criptocristallina di goethite associata alla dolomia; varietà criptocristallina di goethite di colore rosso; concrezioni di malachite su calcite.

Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

L'*azzurrite* $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$, facilmente riconoscibile per il suo caratteristico colore azzurro intenso, è un minerale molto più raro della malachite e con cui spesso si trova in intima associazione.

L'*azzurrite* e la malachite sono spesso associate, sul fondo dei cunicoli terminali, ad altri solfati e fosfati di rame tra i quali la *brochantite* $[\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6]$, la *libethenite* $[\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})]$ e la *sampleite* $[\text{NaCaCu}_5(\text{PO}_4)_4\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ (Dimuccio, 2005).

2.5 *Le ricerche archeologiche nei Cunicoli terminali*

Le indagini compiute nell'area dei Cunicoli terminali, il settore della grotta più distante dall'ingresso (110 m), hanno dimostrato un'intensa e remota frequentazione umana del luogo connessa a motivazioni tra loro ben distinte. Infatti, mentre l'abbondante presenza di resti ossei umani identifica il luogo come sede di un sepolcreto ipogeo, il ritrovamento di muretti a secco e di una particolare tipologia di utensili litici, insieme alle impronte da essi lasciate sulle pareti, suggerisce che vi sia stato un durevole sfruttamento minerario della zona.

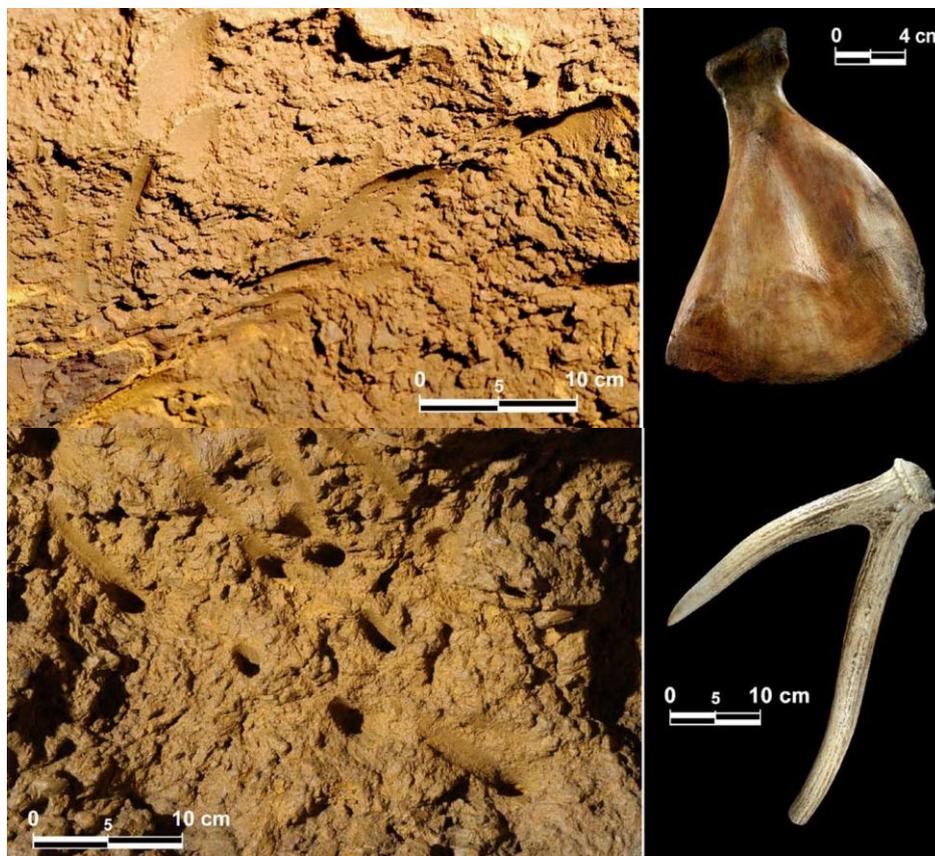


Figura 20: Impronte lasciate, probabilmente, dall'utilizzo di una scapola di un grande mammifero, come quella ritrovata (in alto); impronte lasciate, probabilmente, dall'utilizzo di un palco di cervo.

Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

Il mescolamento delle succitate testimonianze di età pre-protostorica, riferibili a differenti usi della grotta, crea, a tutt'oggi, difficoltà interpretative nella ricostruzione degli eventi in senso diacronico (Geniola & Larocca, 2005).

Le testimonianze sepolcrali sono rappresentate da una consistente dispersione al suolo di resti ossei frammentati tra i quali sono stati riconosciuti i resti di almeno 12 individui seppelliti in loco.



Figura 21: Resti umani ritrovati nei Cunicoli terminali.

Fonte: Larocca, F. (2005). La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza). Roseto capo Spulico, CS.

Tali sepolture si concentrano in sei distinte zone, tutte distribuite lungo il perimetro degli ambienti sotterranei. I defunti venivano riposti, singolarmente o in gruppo, in profonde nicchie o leggere rientranze nella roccia, ma anche lungo le porzioni iniziali dei Cunicoli terminali.

La sovrapposizione delle testimonianze riconducibili alla funzione mineraria alle evidenze funerarie, lascia presupporre che la continua frequentazione umana, soprattutto per attività connesse allo sfruttamento minerario, abbia soppiantato l'attività sepolcrale (Geniola & Larocca, 2005).

2.5.1 *L'approvvigionamento delle risorse minerarie: strumenti e tecniche*

La presenza di risorse minerarie all'interno della grotta ha fortemente condizionato le relazioni uomo-grotta, tanto da determinarne la frequentazione sin dalla Preistoria per lo sfruttamento minerario.

Le testimonianze legate all'attività mineraria, rinvenute per tutta la grotta, possono essere definite sulla base di tre tipologie di evidenze: la presenza di muretti a secco; la presenza di utensili litici da miniera dispersi al suolo; l'esistenza di impronte di scavo dislocate sulle pareti della grotta.



Figura 22: Strumenti litici scanalati affioanti dal piano di calpestio di Grotta della Monaca.
Fonte: Larocca, F. (in press). Grooved stone tools from Grotta della Monaca and its mining district (Calabria). First International Meeting on Prehispanic Mining in the Americas (Taltal – San Pedro de Atacama, Chile, November – December 2010).

I muretti a secco avevano la funzione di sgombero degli spazi al fine di agevolare il movimento dell'uomo: le tracce si collocano in prossimità degli ambienti più stretti e impraticabili e si presentano come pile ordinate di detriti e materiali di scarto (Larocca, 2008).

Mescolati e confusi, invece, agli accumuli clastici che ricoprono il suolo della grotta, furono ritrovati la gran parte degli utensili litici, i quali mostrano una marcata variabilità quanto a dimensione, peso e natura litologica. Ad oggi, quarantacinque utensili da scavo sono stati ritrovati. Si presentano pressoché integri e con peso variabile: il più grande pesa 3115 grammi (19,1 cm lunghezza, 12 cm larghezza e 8,5 cm spessore), mentre il più piccolo pesa solo 677 grammi (9,7 cm lunghezza, 9,1 cm larghezza and 4,8 cm spessore) (Larocca, 2010). La caratterizzazione minero-petrografica condotta su questi manufatti ha permesso di stabilire la provenienza degli stessi, rintracciabile in aree piuttosto prossime al sito (Acquafredda & Piccarreta, 2005).

Gli esemplari rinvenuti sono tutti caratterizzati da una scanalatura trasversale che avvolge lo strumento nella zona mediana. In alcuni casi, la scanalatura può essere affiancata o sostituita da semplici tacche, posizionate soprattutto sulle parti a spigolo dei corpi litici.

Entrambe le tipologie di segni, solchi e tacche, erano destinate ad alloggiare l'immanicatura in legno. Questa forma di strumenti trova confronti in numerosi altri siti estrattivi dell'area circummediterranea e dell'Europa settentrionale (De Pascale, 2003).

Le estremità opposte degli strumenti si presentano più o meno arrotondate o appuntite, permettendo di identificare tre sub-categorie tipologiche, definite “asce-martello”, “mazzuoli” e “picconi” (Fig. 23).

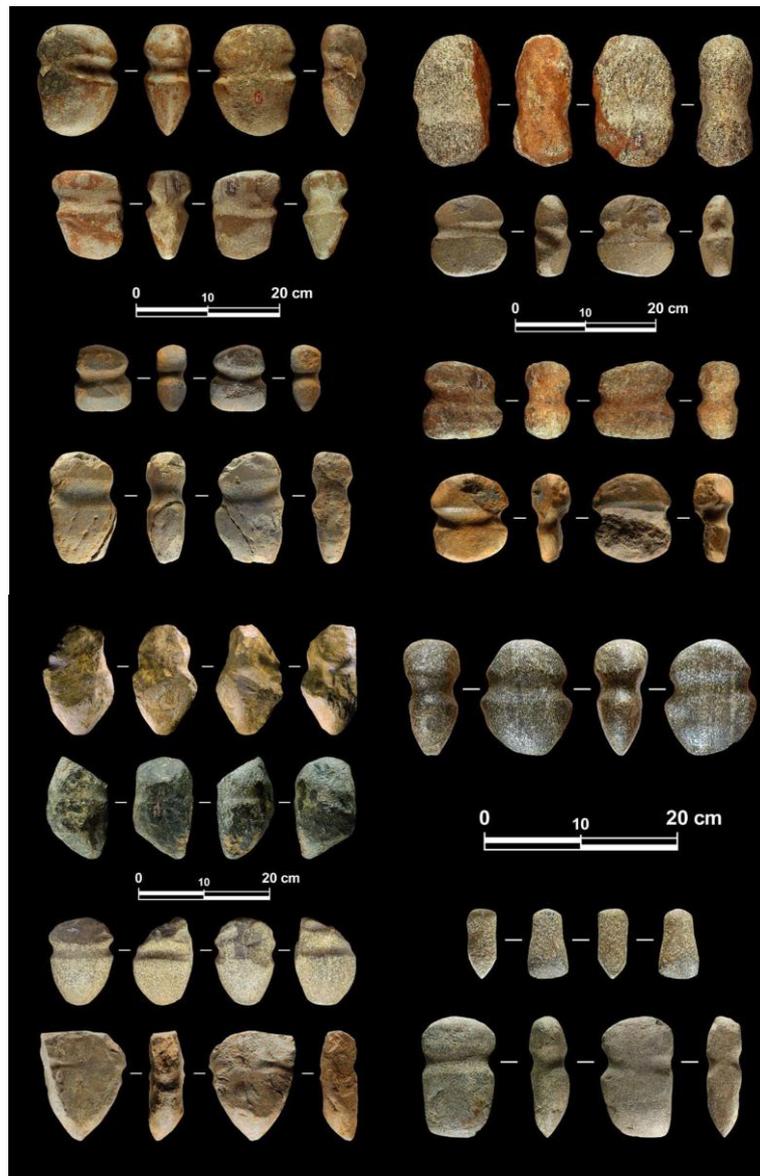


Figura 23 : Alcune asce-martello (quattro in alto a sinistra), mazzuoli (quattro in alto a destra), picconi (quattro in basso a sinistra), strumenti scanalati (quattro in basso a destra).
 Fonte: Larocca, F. (in press). Grooved stone tools from Grotta della Monaca and its mining district (Calabria). First International Meeting on Prehispanic Mining in the Americas (Taltal – San Pedro de Atacama, Chile, November – December 2010).

Le “asce-martello” costituiscono la tipologia maggiormente riconoscibile tra tutte poiché presentano un’estremità approssimativamente appuntita e l’altra piatta o arrotondata. I “mazzuoli”, invece, sono caratterizzati da entrambe le estremità

arrotondate. Infine, i “picconi”, si presentano con due estremità distinte: l’una appuntita, di forma piramidale o conica, l’altra di dimensioni ridotte o non per niente manipolate.

Infine, un’altra tipologia di testimonianza atta a provare l’intensa attività di cavatura nella grotta, è costituita dalle impronte lasciate dagli strumenti di scavo lungo le pareti di diverse zone della grotta e dal rinvenimento di alcuni mazzuoli a stretto contatto con blocchetti del minerale stesso.

Le impronte più evidenti e meglio conservate si trovano su una varietà goethite che si presenta fortemente idratata e allo stato semi-colloidale, abbondante nella Sala dei Pipistrelli e sulla volta del Cunicolo terminale destro. Le sue elevate caratteristiche di plasmabilità hanno permesso che conservasse, sui fronti di coltivazione, una serie d’impronte le quali, in alcuni casi, hanno permesso di risalire alla tipologia esatta degli strumenti impiegati.

Ad esempio, impronte dalla forma allungata e curva possono essere state impresse da picconi realizzati con palchi di cervo, mentre impronte dalla forma ovale possono essere correlate all’uso di corna di capra. Queste ipotesi sono state convalidate dal ritrovamento di questi oggetti durante le campagne di scavo (datati alla metà del IV millennio a.C. con il metodo del radiocarbonio).

Infine, impronte dalla forma piatta e piuttosto larga potrebbero essere attribuite all’utilizzo di grandi ossa piatte come le scapole di grandi mammiferi.

Le impronte appena descritte, individuate nella Sala dei pipistrelli e nei Cunicoli terminali, risultano differenti da quelle individuate sullo stesso minerale in Pregrotta, le quali si presentano con contorni regolari, certamente connessi all’uso di strumenti metallici impiegati in periodi più recenti.

L’attenzione da parte degli antichi minatori, oltre alla goethite, venne anche rivolta all’estrazione di minerali cupriferi, come dimostrato dalla dispersione degli utensili litici nelle aree di affioramento dei relativi minerali. In tali zone è stato osservato un generale sconvolgimento dei piani di calpestio. Le indagini svolte

hanno permesso di riconoscere e ricostruire una tecnica estrattiva utilizzata per l'acquisizione dei minerali di rame. La tecnica estrattiva individuata non è al momento paragonabile ad altre, probabilmente a causa della peculiarità del contesto di Grotta della Monaca, dove la miniera è ospitata all'interno di un sistema ipogeo naturale.

I minatori scavavano, mediante opere di sbancamento, i pavimenti stalagmitici e le croste concrezionate lungo le pareti ritrovando così una grande quantità minuscoli clasti rocciosi ricoperti di carbonati di rame.

Tale ipotesi è stata confermata dal rinvenimento di numerose colate calcitiche e concrezioni stalatto-stalagmitiche distaccate e abbandonate alle quali erano associati utensili litici frammentari e una miriade di residui carboniosi.

Questi ultimi, ritrovati in tutte le aree estrattive, rappresentano i resti dei sistemi d'illuminazione impiegati in miniera, probabilmente costituiti da torce resinose, particolarmente resistenti allo spegnimento in luoghi umidi come quelli sotterranei.

La prima fase di sfruttamento minerario risale agli inizi del III millennio a.C., come attesta la presenza di ceramica del tipo "Piano Conte". Durante la prima parte del Bronzo Medio (inizi III-metà II millennio a.C.), invece, l'utilizzo della grotta è ascrivibile al sepolcreto, come dimostrato dalla presenza di vasellame associato ad alcune sepolture e dai risultati di indagini radiocarboniche.

Successivamente, forse in un momento più avanzato del Bronzo medio, ebbe luogo una ulteriore fase di sfruttamento minerario che ha determinato il completo sconvolgimento del sepolcreto ipogeo (Geniola & Larocca, 2005).

Il mescolamento delle testimonianze riguardanti le due funzioni d'uso della cavità rende difficile, per il momento, un chiaro inquadramento temporale delle due singole fasi.

2.5.2 *Il giacimento metallifero di Grotta della Monaca nello scenario europeo e nell'Europa orientale*

I mazzuoli litici, rappresentano le prove di attività minerarie riconducibili all'età del Rame e all'età del Bronzo in quanto, con il sopraggiungere del ferro gli strumenti litici venivano abbandonati a favore di strumenti più duraturi.

Il quadro delle conoscenze sulle più remote miniere di minerali metallici appare, secondo l'ultima ricognizione eseguita, articolato come rappresentato in Fig. X (De Pascale, 2003).

Risulta di fondamentale importanza evidenziare la differenza che intercorre tra Grotta della Monaca e la maggior parte degli altri siti noti, come ad esempio quelli ubicati nell'area mediterranea (Saint-Véran-les Clausis in Francia, Monte Loreto in Liguria, Rudna Glava in Serbia, Aibunar in Bulgaria, Timna in Israele). Questi ultimi rappresentano strutture estrattive di tipo artificiale in quanto la loro creazione è da attribuire all'intervento dell'uomo che le ha realizzate nel corso delle attività di scavo. Di contro, Grotta della Monaca è una "miniera naturale", costituita da escavazioni create dai fenomeni carsici e dai processi speleogenetici, ubicata in un territorio ricco di minerali la quale, per la sua singolarità, è stata in grado di far risparmiare tempo ed energie lavorative agli antichi minatori.

2.6 *Le ricerche archeologiche nel Diaframma*

Il passaggio collocato a circa 50 mt dall'ingresso e che separa la Pregrotta dalla successiva Sala dei pipistrelli prende il nome di "Diaframma". Da questo punto la luce naturale, non riuscendo più a penetrare, lascia posto alla completa oscurità.

Tale passaggio si presenta come una ridotta ma complessa fenditura caratterizzata da vuoti impraticabili, se non da una persona per volta.

Le ricerche qui svolte, nonostante le difficoltà nelle operazioni, hanno confermato l'importanza dal punto di vista archeologico e hanno individuato quattro zone destinate alla deposizione di contenitori vascolari che, per qualità e quantità, hanno fatto pensare ad una stipe relativa a diversi momenti di frequentazione storica.

Nel caso della "Zona 3", ad esempio, è stata riconosciuta una micro-sequenza stratigrafica, spessa circa 20 cm, costituita da due strati separati da un sottile livello stalagmitico. Lo strato più profondo conteneva evidenze ceramiche riconducibili all'Eneolitico iniziale (facies di Piano Conte) mentre quello superiore ha restituito resti che rientrano nell'età del Bronzo antico e medio, con intrusioni sporadiche di elementi più recenti.

Resti ceramici sono stati rinvenuti, inoltre, in zone molto prossime all'ingresso del Diaframma. Da qui derivano, infatti, alcuni frammenti di ceramica figulina di Età Neolitica, con eleganti motivi decorativi in rosso-bruno, tra i quali motivi a spina di pesce, a fasci di linee nonché stilemi d'ispirazione naturalistica.

Anche a qualche metro di distanza dal Diaframma gli scavi hanno portato alla luce, sotto e attorno ad un distacco di roccia dalla parete, una consistente quantità di reperti ceramici frammisti ai resti ossei di un cinghiale adulto. Il distacco di una porzione di roccia dalla parete ha schiacciato l'accumulo di vasi qui deposti, sigillandone i frantumi. Tali resti sono in relazione concordante con quelli rinvenuti nel Diaframma, anche se, a differenza di questi ultimi, generalmente piuttosto piccoli, qui predominano i vasi di dimensioni medio-grandi.

Inoltre, particolarmente interessanti risultano gli abbondanti resti di *Sus scrofa* recuperati, sui quali sono evidenti le tracce di un'intensa esposizione al fuoco. A tale proposito è possibile formulare l'ipotesi secondo cui venisse acceso il fuoco direttamente in loco, rafforzata dalle notevoli quantità di carbone recuperate nei sedimenti che inglobavano i reperti.

L'insieme di queste testimonianze ha spinto gli studiosi a formulare delle ipotesi preliminari sul ruolo svolto dal Diaframma nell'ambito delle frequentazioni antropiche succedutesi nella cavità.

Questo, in virtù della sua particolare morfologia e della posizione all'interno della grotta, costituisce il limite tra la luce del giorno e l'oscurità sotterranea. Tale contesto potrebbe rappresentare, concettualmente, il confine tra due mondi distinti e contrapposti, tra il regno dei vivi e quello dei morti.

In quest'ottica il Diaframma si configura come chiave di lettura: data la relazione tipologica concordante emersa tra i vasi qui rinvenuti con quelli ritrovati nella Sala dei pipistrelli ma soprattutto nel vestibolo dei Cunicoli terminali, si potrebbe identificare in questo settore ipogeo il luogo privilegiato per lo svolgimento di reiterate cerimonie volte ad onorare consanguinei e antenati seppelliti nella cavità più profonda. Si presume che tali cerimonie prevedessero, o implicassero, l'offerta dei contenitori vascolari ripieni di sostanze deperibili, poiché non pervenuteci.

Il rinvenimento di una ciotola carenata, contenente al suo interno un sedimento compattato caratterizzato da alcuni vacui di forma ovoidale, induce a pensare a calchi di elementi vegetali che, decomponendosi, hanno lasciato l'impronta della propria forma nel terriccio accumulatosi al di sopra. Inoltre, i resti di *Sus scrofa* nella stessa zona, lascia ipotizzare la cottura di parti dell'animale sul fuoco, appositamente acceso per l'occasione.

La dispersione della ceramica neolitica, invece, evidenzia una netta traiettoria che porta alla formazione calcitica assimilata ad una "Monaca", dalla quale prende il nome la grotta.

Osservando le sue fattezze antropomorfe sorge spontanea la suggestione di una stretta relazione, in termini che non possono prescindere dalla sfera culturale, tra i reperti e la concrezione stessa. Per il momento, comunque, questa rimane una semplice suggestione che potrà trovare conferme puntuali solo con la prosecuzione delle ricerche.

2.7 Le ricerche archeologiche nella Pregrotta

La Pregrotta rappresenta un'area cruciale per la conoscenza dell'intero sistema Grotta. L'apertura di un saggio stratigrafico, collocato a circa 10 mt dall'imbocco, ha messo in luce testimonianze di vita che hanno attraversato, con poche interruzioni, gli ultimi sette millenni. I livelli inferiori hanno evidenziato resti archeologici risalenti ad un primo periodo di frequentazione antropica della zona, identificato con il Neolitico medio (metà V - inizi IV millennio a.C.), tra la metà del V e l'inizio del IV millennio a.C., grazie al ritrovamento di ceramiche figuline depurate, talune decorate con larghe bande rosse, e i numerosi strumenti in ossidiana rinvenuti (Geniola & Nicoletti, 2005).

I livelli superiori dello stesso saggio manifestano una situazione più complessa a causa della natura degli strati: il terreno sciolto mescolato al pietrame molto incoerente ha determinato un mescolamento delle testimonianze delle differenti fasi. Tale situazione è stata poi aggravata dall'intensa frequentazione umana.

Tuttavia è possibile attribuire le testimonianze rinvenute alla Prima Età dei Metalli (inizi del III millennio a.C.) e all'Età del Bronzo (II millennio a.C.). La frequentazione si è poi inoltrata in età storica, proseguendo, infine, nel Medioevo e oltre.

All'interno dei livelli sovrastanti sono stati identificati elementi legati ad attività di combustione e, in relazione ad essa alcune strutture litiche, prossime alla parete

rocciosa della cavità. Queste strutture calcaree, convenzionalmente distinte con le lettere α e γ , presentano pianta rettangolare e sono affiancate tra loro. Una terza struttura, denominata β , si distingue per la minore regolarità ed è stata probabilmente aggiunta alle altre in un momento successivo.

La loro disposizione induce a pensare che potessero avere una precisa funzionalità, probabilmente legata al processo di lavorazione dei minerali ma, ulteriori studi sono necessari per meglio definire il loro funzionamento.

Capitolo terzo

L'usabilità

3.1 L'usabilità: cenni storici

Alla fine degli anni '50 nasce un nuovo approccio allo studio del comportamento che prende il nome di Psicologia cognitiva, il cui obiettivo è investigare i processi cognitivi e come la mente umana processa le informazioni.

Una delle peculiarità di questo nuovo approccio è la sua interdisciplinarietà. Ad esempio, la Psicologia cognitiva ha beneficiato dell'informatica, utilizzando alcuni dei modelli concettuali per studiare i processi cognitivi umani, applicando la metafora del computer. Grazie a queste tecniche, la Psicologia cognitiva ha esteso il suo campo di indagine ad altri aspetti del comportamento quali, ad esempio, l'Interazione Uomo-Macchina (Human-Computer Interaction).

Lo Human-Computer Interaction (HCI) è una “disciplina che si occupa della progettazione, valutazione e implementazione di sistemi interattivi di computazione per uso umano e lo studio dei principali fenomeni che li circondano” (ACM SIGCHI, 1992).

In altre parole, è possibile affermare che questa disciplina studia come far interagire gli umani con le macchine in modo intuitivo e proficuo, centrando la progettazione dei sistemi artificiali sull'utente e sul raggiungimento degli obiettivi che egli persegue attraverso l'interazione con un sistema computerizzato.

Si inizia a parlare di usabilità nel corso degli anni '80, insieme alla prima diffusione di personal computer con interfaccia grafica e, in generale, delle tecnologie informatiche. In tale circostanza si manifestò l'urgenza di accorciare la

distanza esistente tra il mondo dei progettisti e quello degli utenti, facendo sì che l'usabilità divenisse l'obiettivo principale dell'HCI.

Nel corso degli anni diverse sono state le definizioni attribuite al termine "usabilità" (Abran, et al., 2003). In particolare, Prece et al. (1993) hanno definito l'HCI come la disciplina rivolta allo sviluppo e al miglioramento dei sistemi che prevedono l'utilizzo del calcolatore, al fine di permettere agli utenti lo svolgimento dei propri compiti, limitando il riscontro di problemi, in maniera efficace ed efficiente, e permettendogli di apprezzare lo strumento di lavoro utilizzato. Il verificarsi di queste quattro condizioni determina la cosiddetta usabilità del sistema usato.

Nell'ISO 9241-11 si intende per usabilità il grado in cui un prodotto può essere usato da specifici utenti per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso.

Secondo Shneiderman (1998) vanno identificate quattro dimensioni principali nel concetto di usabilità: l'efficienza (efficiency), la facilità di apprendimento (learnability), la facilità di ricordare i comandi principali (memorability), la soddisfazione nell'uso (satisfaction).

Kunkel, Bannert e Fach (1995), invece, affermano che l'usabilità è caratterizzata dall'interazione delle quattro principali componenti di una situazione di lavoro, ovvero utente, compito, sistema e ambiente.

Shackel (in Morris e Dillon 1996) sostiene che l'usabilità di un artefatto consiste in "la sua capacità, in termini di caratteristiche cognitive umane, di essere utilizzato facilmente ed efficacemente da una specifica categoria di utenti, posto uno specifico esercizio, per svolgere specifiche categorie di compiti, all'interno di specifici scenari ambientali".

Morris e Dillon (1996) concordano nel considerare il concetto di usabilità come difficile da definire. Secondo questi autori, essa viene spesso identificata solamente come un attributo dell'interfaccia, piuttosto che come una qualità

propria del prodotto considerato nella sua totalità. Quindi, considerando la definizione di Shackel, ne apprezzano l'attenzione per il fattore umano e per l'ambiente cui un prodotto è destinato, piuttosto che per la presenza o assenza di qualche specifica opzione. L'utente non deve essere considerato come singolo individuo, ma come appartenente a una cultura e a una organizzazione.

Per costruire sistemi con una buona usabilità, gli specialisti devono comprendere i fattori psicologici, ergonomici, sociali e organizzativi che determinano come le persone utilizzano il computer e la tecnologia in generale. Essi devono, poi, tradurre tale comprensione nello sviluppo di strumenti e tecniche che in grado di supportare i progettisti ad assicurare che i sistemi computerizzati siano in sintonia con le esigenze e le attività degli utenti.

Tutto questo processo porterà, come risultato finale, alla progettazione di sistemi sicuri, sia per l'uomo visto come singolo, sia per gruppi di uomini (Bilotta, 1996). L'usabilità è caratterizzata da un carattere prettamente pratico in grado di fornire linee guida operative per la progettazione di un sistema, determinate con gli utenti potenziali del prodotto stesso, determinando così una progettazione partecipativa. Dal momento che questa filosofia di progettazione prevede la realizzazione di una serie di prototipi, che, volta per volta, necessitano di un esame che ne evidenzii gli eventuali problemi di utilizzo, risulta chiaro che il momento cruciale di una buona progettazione è quello della valutazione dell'usabilità dei prototipi.

La valutazione è il fulcro del processo di creazione di un sistema, poiché permette di rilevare i difetti introdotti in fase di progettazione e, successivamente, di misurare i miglioramenti apportati. In tal modo l'utente, posto al centro dell'attenzione progettuale, diviene responsabile, insieme con il progettista, del prodotto finale.

3.2 *L'usabilità nel Web*

Le applicazioni web rappresentano oggi la colonna portante del commercio e dello

scambio di informazioni e sono, inoltre, il mezzo iniziale per presentare a potenziali utenti prodotti e servizi.

La facilità o la difficoltà che gli utenti incontrano utilizzando questi sistemi, ne determina il loro successo o il fallimento (Fernandez, et al., 2011).

Nei primi anni degli anni '90, Jakob Nielsen (1993) e Jeffrey Rubin (1994) sperimentarono la valutazione di siti Web per verificare se questi fossero in grado di soddisfare le necessità degli utenti e a tal fine adottarono le tecniche ingegneristiche di usabilità, sviluppate per la progettazione di software, applicandola al settore della progettazione per il web.

L'applicazione delle tecniche di usabilità al web rivelò che la maniera in cui le informazioni sono organizzate, etichettate e presentate nel Web determina l'impatto sugli utenti e sulla loro abilità di usare appieno il sito stesso (Rosenfeld, & Morville, 1998).

Successivamente a questi primi risultati, emerse che i siti web, come i software, possono essere studiati secondo le regole dell'HCI, fornendo quindi un approccio sistematico alla progettazione dei siti web, siano essi commerciali o accademici (Cockrell, & Anderson, 2002; Battleson, et al., 2001).

Shneiderman (1992) sostiene che l'analisi di usabilità fornisce importanti linee guida per i progettisti durante il processo di sviluppo di qualsivoglia prodotto. Mahdjoub et al. (2009) sottolineano che, durante il processo di progettazione del sistema, i progettisti sottostimano spesso alcuni fattori quali l'ergonomia. In tal modo, molti prodotti non sono progettati per rispondere alle reali aspettative degli utenti.

Come per lo sviluppo dei software, il controllo dell'usabilità di siti web è fondamentale per la valutazione dell'interfaccia-utente e si manifesta come ausilio alla progettazione. L'interfaccia è l'elemento dei software e dei siti web con il quale l'utente si confronta: ad ogni sua azione l'interfaccia propone un risultato, un cambiamento di stato.

Nielsen identifica una serie di attributi che caratterizzano l'usabilità delle interfacce, riassumibili in (Nielsen, 1993):

- **Learnability**: il sistema deve essere semplice da imparare in maniera tale da permettere all'utente un immediato utilizzo dello stesso. Questo parametro viene determinato misurando quanto tempo impiegano gli utenti a raggiungere un buon livello di confidenza con il sistema, a essi sconosciuto. Il livello di competenza qui inteso si riferisce all'acquisizione di competenze minime e non alla completa padronanza del sistema.

- **Efficiency**: il sistema deve essere efficiente in modo che, una volta imparato, l'utente possa raggiungere un elevato grado di produttività. Questo parametro può essere misurato definendo, innanzitutto, un insieme rappresentativo di utenti "esperti" e considerando i tempi a loro necessari per il raggiungimento di un determinato obiettivo.

- **Memorability**: il sistema deve essere facile da ricordare cosicché, anche dopo un periodo di inutilizzo dello stesso, l'utente sia in grado di utilizzarlo, senza dover imparare nuovamente il suo funzionamento. La misura di questa caratteristica riguarda utenti "casuali", ovvero che utilizzano il sistema in maniera intermittente e non frequente. Le loro azioni si basano sulle competenze acquisite grazie ad un utilizzo precedente. I metodi per misurare questo attributo sono due. Il primo consiste nel sottoporre ad utenti casuali alcuni compiti tipici, misurando il tempo impiegato. Nel secondo metodo, invece, si chiede a un utente, che ha già completato una sessione di prova del sistema, di ricordare i processi necessari allo svolgimento di alcune funzioni.

- **Error**: l'errore può essere definito come un'azione che non consente il raggiungimento dell'obiettivo desiderato. Il sistema deve essere caratterizzato da un basso livello di errori durante l'utilizzo e deve dare la possibilità di ritornare indietro, e velocemente, da percorsi errati.

- **Satisfaction**: l'utente che utilizza il sistema deve essere soddisfatto del suo

utilizzo. Questa caratteristica assume un carattere rilevante nella determinazione dell'usabilità di prodotti destinati all'intrattenimento (videogiochi, edutainment, etc.). Il livello di soddisfazione del singolo utente può essere misurato mediante un approccio fisio-psicologico (misura della dilatazione delle pupille, del battito cardiaco, ecc). Quando, però, non si dispone della strumentazione adatta, è sufficiente chiedere agli utenti il loro grado di soddisfazione mediante un questionario, dopo l'utilizzo del sistema. Per la misura vengono, di norma, utilizzati i punteggi 1-5 o 1-7 con Scale Likert o di differenziale semantico (Marrani, 1995).

La valutazione dell'usabilità deve garantire che il sistema, in fase di realizzazione, sia dotato degli elementi appena descritti.

Nielsen ha individuato quattro modi per valutare l'interfaccia-utente (Nielsen, 1994):

- *Automatico*: le misure di usabilità vengono calcolate, automaticamente, eseguendo delle specifiche attraverso alcuni programmi.
- *Empirico*: l'usabilità è valutata testando l'interfaccia con utenti reali i quali devono completare dei tasks mentre un valutatore registra la prestazione.
- *Formale*: l'usabilità è stimata utilizzando determinate formule e modelli.
- *Informale*: l'usabilità è basata su regole pratiche e sulle competenze e sull'esperienza del valutatore.

Tra tutti, il metodo empirico, che prevede il coinvolgimento di utenti reali, è quello che trova maggiore applicazione in diversi contesti.

Battleson, et al. (2001) hanno identificato tre approcci principali per testare l'usabilità di un sistema: inquiry, inspection, and formal usability testing (Battleson, et al., 2001).

Il metodo inquiry prevede la richiesta di informazioni riguardo l'utilizzo, da parte di utenti, di un particolare sito Internet. Gli strumenti utilizzati per raccogliere informazioni inerenti, soprattutto, le esperienze e le preferenze degli utenti

includono: interviste, focus group, questionari e sondaggi. Tra questi, interviste e focus group sono caratterizzati da una forte interazione con gli utenti che consente di raccogliere le loro risposte in maniera più immediata. Interviste e focus group vengono, generalmente, condotti durante le ultime fasi di sviluppo di un sistema, mentre indagini e questionari risultano essere utili nelle fasi successive al completamento del prodotto, durante il suo ciclo di vita (Battleson, et al., 2001).

A differenza dei metodi inquiry e formal usability testing, i metodi di inspection non prevedono il reclutamento degli utenti effettivi ma, ad esempio, di progettisti di siti web o esperti di informazione. Sebbene questa tipologia di indagine sia poco costosa da condurre, risulta essere meno efficiente nell'identificare errori di usabilità, rispetto a quelle che prevedono il coinvolgimento degli utenti effettivi. Infine, nel metodo formal usability testing gli utenti vengono osservati durante l'esecuzione di attività mirate al raggiungimento di specifici obiettivi all'interno di un sito web, di un prototipo.

Dumas & Redish (1993), hanno individuato in questo metodo cinque aspetti importanti:

- L'obiettivo è migliorare l'usabilità dell'interfaccia;
- I testers costituiscono gli utenti reali;
- I testers eseguono compiti reali;
- Il comportamento e i commenti degli utenti sono osservati e registrati;
- I dati raccolti sono analizzati al fine di individuare eventuali problemi e trovare le relative soluzioni.

Il metodo formal usability testing, noto anche come "user-centered" (Cockrell, & Anderson, 2002), è basato sul punto di vista dell'utente.

I dati raccolti utilizzando questo metodo per testare le interfacce, non solo consentono di ottenere un sito maggiormente usabile, bensì di progettare e realizzare nuovamente l'interfaccia sulla base delle risposte fornite dai reali utilizzatori del prodotto (Battleson, et al., 2001; Alfano et al., 2011).

3.3 *Il metodo user centered*

Il metodo user-centered design prevede che l'utente finale del prodotto, sia esso un software o un sito web, sia coinvolto attivamente nelle fasi di ideazione, progettazione e sviluppo di un prodotto in maniera tale che lo stesso sia in grado, poi, di assolvere i propri compiti in maniera semplice ed efficace (Rubin, 1994).

Questo metodo permette di raggiungere tre obiettivi principali (De Jong & Shellens, 1997):

- verificare la qualità del prodotto
- individuare possibili problemi
- supportare eventuali decisioni

rendendolo un ottimo strumento di supporto agli sviluppatori di qualsiasi tipo di sistema (Van Velsen, et al., 2008).

Tra le principali caratteristiche del processo User-Centered Design assume particolare importanza la focalizzazione sugli utenti e sui loro compiti: è necessario adottare un approccio sistematico e strutturato agli utenti, che ne preveda il coinvolgimento diretto, in grado di permettere la registrazione di tutte le informazioni relative ai compiti che devono svolgere.

Fin dalle prime fasi di ideazione del prodotto, è necessario adottare un processo di design iterativo che preveda la realizzazione di un prototipo seguito da una fase di valutazione e dalla successiva modifica del design iniziale. Questo processo porta, dunque, alla realizzazione di un nuovo prototipo, basato sui risultati del test e migliorato nella sua funzionalità (Rubin, 1994).

Le caratteristiche di utilizzo del prodotto sono misurate in maniera qualitativa e quantitativa, mediante metodologie d'analisi, di ricerca e di sperimentazione.

Al fine di ottenere un prodotto usabile, utilizzando il modello User Centered, una serie di attività si rendono necessarie (Rubin, 1994; Lu, Kang, Hsieh, Shiu, 2009; Kahraman, 2010; Bullinger, Bauer, Wenzel, Blach, 2010).

Innanzitutto, dal momento che l'utente è incentrato sull'utente, è necessario conoscere le sue caratteristiche.

Gli utenti possono essere differenziati secondo tre dimensioni principali: esperienza con il sistema creato, che determina la differenziazione tra utenti esperti e utenti nuovi, con i computer, determinando un impatto sul design dell'interfaccia, e con i compiti proposti.

La differenziazione tra utenti è anche determinata semplicemente da fattori quali, sesso, età, professione o da fattori di più difficile osservazione come la capacità di ragionamento, di memorizzazione o di apprendimento, e dalla differente attitudine e motivazione (Sentinelli, 2003).

La tipologia di utente è anche individuata dagli obiettivi del sistema, i quali creano il profilo dell'utente principale che userà il prodotto finale.

Nel caso in cui ci si trovi nella circostanza di voler realizzare un prodotto per il quale esistono diversi prodotti competitori, è necessario individuare e fornire degli indici di riferimento. Il nuovo prodotto dovrà essere caratterizzato, rispetto ai suoi competitori, da un maggior livello di prestazioni.

Una volta individuate le diverse tipologie di utenti e i relativi compiti che questi andranno a svolgere utilizzando il sistema, e gli eventuali prodotti competitori, è possibile progettare e prototipare il sistema.

La valutazione del prototipo, precede il rilascio del prodotto finale, il quale avrà già un buon livello di usabilità.

3.4 I metodi di valutazione dell'usabilità

Esistono diversi metodi di valutazione dell'usabilità e ciascuno di essi presenta caratteristiche che lo rendono adeguato a particolari prodotti. I metodi più diffusi sono:

- **Heuristic Evaluation**: basate sulle teorie euristiche di Nielsen, è il metodo più informale e prevede il coinvolgimento di soli esperti di usabilità, senza implicare

gli utenti finali (Delice, Güngör, 2009). Ciò che gli esperti devono valutare è che il prodotto testato sia fedele ai principi fondamentali dell'usabilità. Gli esperti coinvolti, completate una serie di navigazioni individuali, valutano sia gli aspetti dell'interfaccia che quelli di interazione (Nielsen, 1994). Al termine delle singole sessioni gli esperti discutono congiuntamente i risultati raggiunti al fine di evidenziare i problemi di usabilità riscontrati.

- **Cognitive walkthroughs**: questa tecnica (Liu, Osvalder, Dahlman, 2005; Vinson, Savard, Lapointe, 2011), basata sulla teoria dell'apprendimento di Polson e Lewis (Polson e Lewis, 1990), valuta gli errori di progettazione nell'interfaccia che potrebbero poi rendere difficile l'utilizzo per gli utenti. Si assume che caratteristiche del prodotto, quali funzionalità e facilità d'uso siano strettamente correlate alla facilità di apprendimento: se il modello del sistema è difficile da apprendere e comprendere, sarà, allora, anche difficile da imparare e ricordare. La sessione di testing prevede che un gruppo di valutatori (progettisti, esperti, ecc.), eseguendo diversi compiti, valuti le caratteristiche delle schermate e le azioni che si presenteranno agli utenti finali (Nielsen, 1994).

- **Pluralistic walkthroughs**: si tratta di incontri dove utenti finali, sviluppatori e esperti di usabilità discutono per il miglioramento dell'usabilità (Nielsen, 1994).

- **Thinking aloud**: questo metodo proviene da strumenti propri della psicologia e il suo obiettivo è quello di far emergere le logiche di interazione e il modello dell'utente. È stato preposto per raccogliere informazioni sul comportamento degli utenti durante l'esecuzione dei compiti. Esso consiste di due fasi: una prima in cui vengono raccolti sistematicamente i, chiedendo ai soggetti di “pensare ad alta voce” mentre risolvono un problema. La fase successiva prevede l'elaborazione dei dati raccolti al fine di ottenere un modello del processo cognitivo che ha luogo mentre una persona affronta un problema (Jaspers, 2009).

- **Task analysis**: si tratta del processo di identificazione di descrizioni complete di compiti e metodi richiesti per utilizzare il prodotto realizzato, così come tutte le

funzioni necessarie per l'ottimale funzionamento e utilizzo del sistema. Questo metodo prevede il coinvolgimento diretto degli utenti finali che sono invitati a usare il sistema all'interno di laboratori di usabilità (Yusoff, Salim, 2012). Tali laboratori sono organizzati prevedendo una postazione per l'utente, una per il ricercatore e uno spazio destinato agli osservatori.

Il primo passo è quello di identificare gli obiettivi principali del sistema, sulla cui base costruire dei compiti tipici (tasks) da far eseguire agli utenti durante la sperimentazione. Ciascun utente, singolarmente, esegue i compiti mentre il ricercatore e gli osservatori esaminano cosa fa l'utente, dove incontra difficoltà usando l'interfaccia, misurano e rilevano gli errori di utilizzo.

Al fine di identificare i problemi di usabilità più importanti, testare il sistema su 5 utenti potrebbe essere sufficiente (Nielsen, 1993).

Nielsen & Landauer (1993) hanno dimostrato che il numero di problemi di usabilità riscontrati in un test di usabilità con n utenti è pari a:

$$N(1 - (1-L)^n)$$

con N : numero totale di problemi di usabilità; L : proporzione dei problemi di usabilità riscontrati durante l'esecuzione del test di un singolo utente.

Secondo i loro studi, il valore medio assunto da L in altri studi di usabilità è $L=31\%$. Plottando la curva per $L=31\%$ (Fig. 25) è possibile affermare che i dati raccolti dalla valutazione di un singolo utente spiegano già un terzo dei problemi di usabilità. Il secondo e il terzo utente ripeteranno qualcosa che ha già dato il primo, ma aggiungeranno sicuramente qualcosa in più.

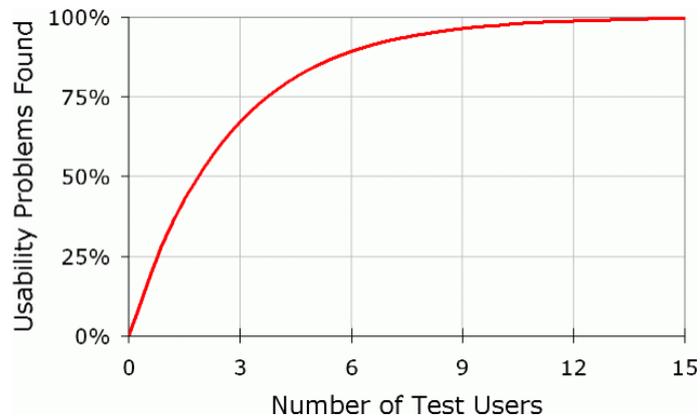


Figura 24: Percentuale problemi di usabilità riscontrati al variare del numero di utenti coinvolti nella valutazione. Fonte: www.useit.com/alertbox/20000319.html

Aggiungendo altri utenti, diminuirà il numero di problemi riscontrati in quanto saranno riproposti sempre gli stessi, già segnalati dai primi utenti. Dopo il quinto utente si ripeteranno sempre gli stessi risultati.

I risultati raccolti potranno essere confrontati sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Le misure tipiche relative all'interazione utente-prodotto sono (Sentinelli, 2003):

- o tempo necessario per l'esecuzione dei compiti;
- o numero di compiti eseguiti correttamente;
- o numero di compiti eseguiti completamente entro un tempo prestabilito;
- o numero di errori commessi nell'esecuzione dei compiti;
- o gravità e ricorrenza degli errori commessi;
- o tempo speso per l'esplorazione del prodotto;
- o volte di utilizzo dell'help;
- o tipo di comandi usati dall'utente per l'esecuzione dei compiti;
- o numero e tipo di comandi ignorati dall'utente;
- o reazioni dell'utente.

- **Questionario:** questo strumento è particolarmente indicato per la valutazione dell'usabilità di prodotti già rilasciati. Rappresenta, insieme alle interviste, la tecnica principale di raccolta dati in merito alle preferenze degli utenti. Esistono

diversi tipi di questionari noti in letteratura:

o **SUMI** (*Software Usability Measurement Inventory*): sviluppato dall'Università di Cork (Irlanda), è un questionario commerciale per analizzare il responso di utenti in relazione a software e applicazioni in rete. Si tratta di metodo rigoroso che permette di misurare la qualità d'uso del software dal punto di vista dell'utente. È un metodo riconosciuto per testare la soddisfazione dell'utente (sumi.ucc.ie/whatis.html).

o **WAMMI** (*Website Analysis and measureMent Inventory*): è un servizio commerciale, sviluppato sfruttando tecniche psicometriche. Il questionario WAMMI misura la soddisfazione dell'utente chiedendo ad essi di comparare le proprie aspettative con la reale esperienza del sito web. La peculiarità di questo sistema consiste nel fatto che la soddisfazione rilevata dagli utenti per il sito web in esame viene confrontata con valutazioni, presenti in un database, provenienti di oltre 300 interviste. Il profilo del sito web testato è misurato in termini di cinque fattori chiave: attrattività, controllabilità, efficienza, disponibilità e apprendibilità (www.wammi.com).

o **QUIS** (*Questionnaire for User Interaction Satisfaction*): sviluppato da un team multidisciplinare di ricerca nello Human-Computer Interaction Lab dell'Università del Maryland, ha lo scopo di valutare la soddisfazione soggettiva degli utenti in merito ai seguenti aspetti del prodotto: screen, terminology e system feedback, learning, system capabilities, technical manuals, on-line tutorials, multimedia, voice recognition, virtual environments, Internet access, software installation. I seguenti parametri vengono misurati in base a una scala a 9 punti.

o **USE** (*Usefulness, Satisfaction and Ease of use*): costruito e proposto nel 2001 da A. Lund per misurare le caratteristiche fondamentali dell'usabilità per gli utenti. Idealmente, questo strumento è adatto a software, hardware, servizi e materiale di supporto per gli utenti. Il questionario è costruito su una scala di

valutazione di Likert a sette punti. Gli utenti sono invitati a valutare il sito con dichiarazioni che vanno da “fortemente in disaccordo” a “fortemente d’accordo”.

Capitolo quarto

Il sito web di “Grotta della Monaca”: progettazione e realizzazione del sistema di comunicazione

4.1 Grotta della Monaca: la necessità di una nuova comunicazione

La straordinaria importanza del sito archeologico di Grotta della Monaca è dovuta alla duplice funzione da essa svolta in età pre-protostorica.

La stessa, infatti, rappresenta tanto la sede di un esteso sepolcreto ipogeo, quanto il luogo di un'intensa attività mineraria, diretta allo sfruttamento di minerali di ferro e rame.

Grotta della Monaca costituisce uno dei pochi esemplari di miniere preistoriche presenti nell'area del bacino Mediterraneo. La sua straordinaria importanza è dovuta, principalmente, al fatto che essa fu una miniera naturale, non creata dall'opera estrattiva dell'uomo, bensì da questo sfruttata proprio per la sua naturale morfologia e per l'abbondanza di minerali affioranti.

Le campagne esplorative condotte hanno manifestato un approccio fortemente multidisciplinare, caratterizzato dalla partecipazione attiva di figure quali: speleologi, mineralisti, archeologi, geologi, antropologi e zoologi.

La natura di questo metodo di ricerca e le diverse attività svolte all'interno della grotta nel corso dei secoli determinano una abbondante produzione di dati e informazioni, tra esse complementari.

Durante il Convegno “La miniera preistorica di Grotta della Monaca a Sant'Agata di Esaro”, tenutosi nel marzo 2010 presso l'Università della Calabria, sono stati presentati i risultati dei primi dieci anni di indagini e scavi condotti.

Dagli interventi degli studiosi del settore, nonché delle figure istituzionali coinvolte, è emersa la necessità di una migliore gestione e comunicazione dei risultati ottenuti. Si rende, difatti, necessaria una trasmissione delle informazioni scoperte e una diffusione a largo raggio delle stesse.

Una soluzione alle problematiche emerse è offerta dall'archeologia virtuale, intesa come percorso di ricerca, simulazione e comunicazione, di cui il feedback informativo-comunicativo costituisce l'asse portante (Forte, 2007).

Le soluzioni tipiche di questo settore offrono la possibilità di rivisitare il caso di Grotta della Monaca alla luce di un approccio innovativo, prevedendo l'utilizzo di tecnologie digitali e web.

Il sistema realizzato, un sito web, diviene un cantiere di ricerca scientifica, uno spazio attivo di simulazione dove misurare e confrontare dati, ipotesi e archivi. Esso propone un ampio spettro qualitativo e quantitativo di dati: immagini ad alta risoluzione, sistemi multilivello (più informazioni comparabili nello stesso spazio) e ricostruzioni tridimensionali.

Il sito web realizzato si prepone tre obiettivi principali:

- supportare i ricercatori e gli studiosi di Grotta della Monaca nella fase di studio, interpretazione e comunicazione dei risultati al vasto pubblico;
- avvicinare un numero più vasto di studiosi (archeologi, conservatori, geologi, mineralogisti ecc.) al settore, non molto diffuso, dell'archeologia mineraria;
- attrarre l'interesse di un numero maggiore di potenziali visitatori, aumentando la visibilità del sito a livello mondiale.

L'architettura dei contenuti e del design dell'interfaccia sono stati valutati mediante un'analisi di usabilità.

4.2 *La progettazione del sito web*

Al fine di poter gestire un consistente numero di informazioni e contemporaneamente renderle facilmente fruibili in rete per differenti tipologie di utenti, si è scelto di adottare l'utilizzo di un Web Content Management System (CMS), uno strumento software, installato su un server web, che permette la completa gestione di contenuti destinati al web, tramite un'interfaccia costituita dal browser.

Il CMS ha il principale vantaggio di consentire e facilitare la creazione collaborativa di siti internet in tempi estremamente brevi, anche da parte di coloro che non possiedono avanzate competenze tecniche.

I CMS risiedono su di un web server e utilizzano un database per la memorizzazione dei contenuti e delle informazioni strutturali del sistema. I CMS più comuni presentano due interfacce ben distinte: back end e front end.

La prima consente all'operatore l'utilizzo di una serie di strumenti necessari per la gestione e lo sviluppo dei contenuti, della struttura del sito, dell'aspetto grafico, dei servizi interattivi, delle statistiche di accesso e dei permessi.

Il front end, invece, è l'interfaccia che si presenta all'utente finale con la quale interagisce durante la navigazione.

Il CMS utilizzato è il software Joomla!, una dei migliori gestori di contenuti open source che, grazie alla sua stabilità e funzionalità, ha conquistato un elevato numero di utenti che lo utilizzano per scopi amatoriali e imprenditoriali.

L'attività propedeutica all'installazione di Joomla! è stata la predisposizione di un ambiente web, ovvero un dominio associato ad uno spazio server, dotato delle caratteristiche necessarie al corretto funzionamento del software (<http://museomg.unical.it>). LAMP è l'acronimo dell'ambiente web utilizzato e prende il nome dalle iniziali delle componenti software con cui è realizzato:

Linux: il sistema operativo

Apache: il Web server

MySQL: il database management system (o database server)

PHP: il linguaggio di programmazione.

Il sito prevede tre tipologie di utente: amministratore, utente e visitatore. Il primo accede a tutte le funzionalità previste dal sistema, comprese quelle che fanno parte del back-end per la gestione del CMS.

L'utente accede a tutte le funzionalità previste dal front-end e contribuisce alla produzione di contenuti, mentre il visitatore può accedere alle diverse pagine web.

4.3 *L'interfaccia del sito web*

Le pagine del sito web "Grotta della Monaca" sono dominate da contenuti e immagini relative all'antica miniera, frutto di diversi anni di ricerca e campagne di scavo.

L'interfaccia scelta per il sito prevede in alto il logo della grotta e una galleria di miniature scattate durante le ricerche (Fig. 26).



Figura 245: Logo, galleria di miniature di immagini e banner del sito museomg.unical.it/gmonaca

Subito sotto all'intestazione della pagina è stato collocato il menu principale che consente di accedere alle diverse pagine web, ciascuna delle quali corredata di un breve testo e di una serie di immagini, di alta qualità, atte a meglio esplicitare il contenuto della pagina.

Un banner, all'interno del quale scorrono delle immagini rappresentative e

significative per la grotta, cattura l'attenzione dell'utente prima che esso acceda ai contenuti testuali della pagina.

La pagina presenta una colonna, a sinistra, all'interno della quale sono visualizzati i menu delle differenti categorie. Nella stessa colonna sono stati predisposti due icone "Visita la Grotta" e "Visita il Museo", di cui saranno date maggiori spiegazioni in seguito.

Il menu è composto dalle seguenti categorie, menu e sub-menu:

- Home
- Contesto
- Geografico
 - o Geologico
 - o Archeologico
 - o La Grotta
- Grotta
 - o La Pregrotta
 - o La Sala dei pipistrelli
 - o I Cunicoli Terminali
 - o L'importanza del sito
- Evidenze archeologiche
 - o L'antica miniera
 - I minerali
 - Le antiche tecniche estrattive e gli strumenti
 - o Il sepolcreto ipogeo
 - o I reperti Ceramiche
 - o Il museo virtuale
- Credits
- Contributi
- Login

Nella “Home” (Fig. 26) l’utente viene introdotto al sito di Grotta della Monaca con informazioni riguardanti la sua ubicazione, le ragioni della sua denominazione e le peculiarità che la rendono unica al mondo.



Figura 26: Home del sito museomg.unical.it/gmonaca

La seconda voce di menu principale, “Contesto”, fornisce all’utente un quadro di informazioni tese a dare un inquadramento del sito da tre punti di vista differenti.

Accedendo alla voce “Contesto Geografico”, l’utente ha la possibilità di visualizzare la geo-localizzazione della grotta sulla mappa Google, collegata all’interno della pagina web. Inoltre, inserendo il punto di partenza, viene fornito, automaticamente, il percorso stradale da seguire per raggiungere la grotta.

Nella pagina “Contesto Geologico” vengono fornite delle indicazioni su quella che è la natura geologica del luogo. L’importanza di questo tipo di informazioni è da ricondurre alla natura della cavità stessa: trattandosi di una cavità carsica si fa riferimento ai lunghissimi processi naturali che ne hanno determinato la conformazione.

La pagina “Contesto Archeologico”, invece, mira ad introdurre l’utente al settore

della metallurgia archeologica all'interno del quale si colloca Grotta della Monaca.

Infine, nella voce di menu "La Grotta" viene fornita una brevissima introduzione al sistema grotta, corredata di un insieme delle immagini più significative.

Dalla voce di menu principale "Grotta" si accede a una serie di informazioni descrittive dell'aspetto morfologico della cavità. Le tre voci di menù sotto questa categoria corrispondono ai tre settori principali in cui viene suddivisa, convenzionalmente la grotta: "La Pregrotta", "La sala dei Pipistrelli" e "I Cunicoli Terminali".

Oltre alle tre sezioni riguardanti la morfologia della cavità, l'ultima voce di menu, "L'Importanza del sito" focalizza l'attenzione dell'utente su quelle che sono le ragioni che rendono il sito importante e peculiare nel genere.

Una categoria a sé stante è stata dedicata alle "Evidenze Archeologiche": qui l'utente trova una serie di informazioni relative alle principali tipologie di reperti rinvenuti nella grotta e tutte le informazioni ad essi connesse.

Le voci di menu designate a rappresentare le tre tipologie sono denominate "L'antica Miniera", "Il Sepolcreto Ipogeo" e "I Reperti Ceramici".

Nella voce di menu "L'antica Miniera" vi sono notizie destinate a far comprendere quali furono le caratteristiche di una delle principali attività svolte nella grotta, quella di miniera. Al di sotto di questa voce si apre un ulteriore sub-menu con le seguenti voci:

- "*I Minerali*", dedicata a presentare le principali forme minerali affioranti a Grotta della Monaca, responsabili della remota frequentazione;
- "*Le Antiche Tecniche Estrattive e gli Strumenti*", finalizzata a dare all'utente una serie di notizie legate alle tecniche e agli strumenti realizzati dagli antichi minatori per l'estrazione dei minerali. L'importanza della presenza di queste informazioni risiede in due aspetti: gli strumenti usati sono stati riscontrati in altri bacini estrattivi, dislocati in Italia, Europa ma

anche nelle Americhe e la diffusione sul web consente di confrontare questi saperi con altri, producendo nuove conoscenze; per quel che concerne le tecniche estrattive, invece, quella dello “smantellamento” non è, almeno al momento, paragonabile ad altre, probabilmente a causa della peculiarità di questo bacino estrattivo, ospitato all’interno di un sistema ipogeo naturale.

- “*Gli Strumenti Litici*”: sebbene tutte le testimonianze riportate alla luce siano importanti, particolare interesse è destato, nella comunità scientifica, dai ritrovamenti connessi all’attività di miniera e per tale ragione, all’interno del sito, maggiore attenzione è rivolta ai cosiddetti strumenti litici. L’ampia varietà di strumenti ritrovati permette di avanzare ipotesi in merito all’esistenza di diversi momenti durante la fase estrattiva (mazzuoli più possenti per l’escavazione, strumenti più fini per i lavori di dettaglio).

La seconda voce di menu “Il Sepolcreto Ipogeo” informa l’utente delle principali tracce atte a testimoniare l’attività sepolcrale che in un determinato periodo ha interessato la grotta.

La terza voce di menu riguarda “I Reperti Ceramici” riportati alla luce. L’importanza di questa sezione è legata al fatto che questi ritrovamenti rafforzano l’idea di sepolcreto ipogeo in quanto l’abbondanza dei frammenti in prossimità delle sepolture, permette di riconoscere l’antico svolgimento di cerimonie, volte ad onorare antenati qui seppelliti, che prevedevano l’abbandono di contenitori. L’altro aspetto fondamentale di questa tipologia di reperti risiede nel fatto che il loro studio tipologico ne consente di stabilire un range temporale di appartenenza, quindi di datare gli stessi e le attività ad essi connesse.

Infine, nella stessa categoria “Evidenze Archeologiche” è presente la voce di menu “Il Museo Virtuale”: questa pagina è preparatoria e propedeutica alla visita del Museo Virtuale realizzato. In questa pagina vengono presentati i sette reperti litici, dei quarantacinque rinvenuti, ricostruiti digitalmente: per ognuno di essi è

stata fornita una descrizione testuale e le relative immagini in quadruplice norma. Procedendo nel menu principale si accede alla categoria “Contributi”. Questa categoria è stata realizzata con lo scopo di rendere attiva la partecipazione degli utenti che visitano il sito.

Un form è stato preposto al fine di permettere agli utenti di lasciare un proprio contributo relativo ad altri contesti estrattivi simili a Grotta della Monaca. Il form è destinato a raccogliere informazioni sull’attività estrattiva ed è accessibile solo ad utenti registrati; i contenuti inseriti, prima di essere pubblicati, sono vagliati dall’amministratore del sistema e da studiosi esperti del settore.

Il form proposto (Fig. 27) è stato ideato e progettato al fine di costruire un rete di informazioni su questo aspetto dell’archeologia. L’idea di fondo è quella di realizzare, man mano, un censimento di antiche miniere e antiche tecniche e/o strumenti da scavo.

Il form da compilare è composto da i seguenti campi:

- Tipologia Reperto
 - o Strumenti litici scanalati
 - o Altri strumenti da scavo
 - o Impronte di scavo
 - o Mortai in pietra
 - o Antiche miniere
- Descrizione reperto
- Collocazione Reperto
- Indirizzo luogo di collocazione
- Immagine reperto
- Datazione
- Caratteristiche dimensionali
- Materiali
- Bibliografia consigliata

- Nome utente
- Istituto di appartenenza

All'interno del form l'utente, mediante un sistema di risposta multipla, indica il tipo di evidenza archeologica che vuole segnalare e rendere nota alla comunità scientifica. Subito dopo, viene data la possibilità di descrivere il reperto e di segnalarne la collocazione. Ad esempio nel caso di un reperto, considerato particolarmente interessante dall'utente, conservato presso la sala museale di un qualsivoglia museo, sarà indicata la denominazione del museo e la collocazione geografica (indirizzo). Nel caso in cui un utente voglia, invece, rendere partecipe la comunità di un sito minerario, ne fornirà la località.

COMPILA IL FORM PER INVIARE IL TUO CONTRIBUTO.

Tipologia Reperto

Strumenti Litici Scanalati

Altri Strumenti da Scavo

Impronte da Scavo

Mortai in Pietra

Antiche Miniere

Selezionare la tipologia di evidenza archeologica che si vuole segnalare.

Descrizione Reperto

Descrivi l'oggetto segnalato.

Collocazione Reperto

Indica il luogo di ritrovamento/conservazione del reperto.

Indirizzo Luogo di Collocazione

Immagine Reperto Nessun file selezionato

Figura 27: Screenshot del form proposto per lasciare contributi.

In merito allo stesso reperto l'utente può caricare sul server anche delle immagini, rendendole pubbliche.

Viene poi richiesto l'inserimento di una fascia cronologica di appartenenza dello stesso o, nel caso in cui sia disponibile, l'esatta datazione dello stesso. È poi possibile pubblicare informazioni dimensionali dello stesso oggetto, importanti nella conduzione di confronti con altri strumenti, e la natura dei materiali che lo costituiscono.

L'utente può, inoltre, indicare della bibliografia che reputa importante o fondamentale per coloro che studiano questi argomenti.

Infine sono richieste nome e Istituto di appartenenza dell'utente che lascia il contributo.

Nel menu di navigazione principale sono, poi, presenti le voci "Credits", all'interno del quale trovare il team multidisciplinare di ricerca, e "Login", area dal quale l'utente ha la possibilità di registrarsi o accedere al sito.

Nella colonna sinistra della pagina sono collocati due tasti "Visita la Grotta" e "Visita il Museo" per i quali segue una dettagliata descrizione.

4.4 *La visita alla Grotta della Monaca*

La conformazione di Grotta della Monaca ne consente la semplice esplorazione nel settore adiacente l'ingresso, la cosiddetta Pregrotta. Addentrandosi verso l'interno, attrezzature specifiche e equipaggiamenti da speleologia sono richiesti per poter attraversare i bui e angusti passaggi sotterranei, caratterizzandosi dunque come un sito difficilmente accessibile.

Una pratica oggi molto diffusa nel settore dell'archeologia è quella di realizzare ricostruzioni tridimensionali di antichi ambienti non più esistenti, che si presentano in uno stato frammentario o in condizioni che ne precludono la visita (es. strutture labili).

L'utilizzo di queste tecniche di ricostruzione renderebbe, certamente, il sito di Grotta della Monaca maggiormente accessibile e fruibile, ma la realizzazione richiederebbe un certo dispendio economico e l'utilizzo di strumentazioni di rilievo ben precise.

Infatti, dallo stato dell'arte in tale settore emerge la necessità di dati sempre più precisi e fedeli alla realtà e la volontà di non realizzare modelli che non siano fondati su dati scientifici.

Le attuali condizioni finanziarie e strumentali non hanno permesso la realizzazione di un simile progetto e per tale ragione si è fatto ricorso all'utilizzo di tecniche alternative per la rappresentazione della grotta capaci di rendere, il più possibile, l'idea di quello che è il sistema Grotta della Monaca.

A tal fine è stata progettata una mappa interattiva a multi-livelli. Cliccando sul pulsante "VISITA LA GROTTA" l'utente visualizza l'interfaccia in Fig. 28.



Figura 28: Mappa interattiva a più livelli.

In alto a sinistra si trova il logo di Grotta della Monaca mentre a destra, le icone dei cinque livelli visualizzabili. Il resto della pagina è occupato dalla pianta della grotta.

Selezionando i diversi livelli disponibili, viene modificata l'interfaccia in quanto, per ciascun pulsante, cambia la rappresentazione degli oggetti sulla mappa. Gli oggetti collocati sulla mappa sono cliccabili a ciascuno di essi sono collegate delle schede descrittive composte da testo e immagini (Fig. 29).



Concrezioni mammellonari di malachite su roccia calcarea.
La malachite, un carbonato di rame, è abbondante nei settori terminali della grotta.

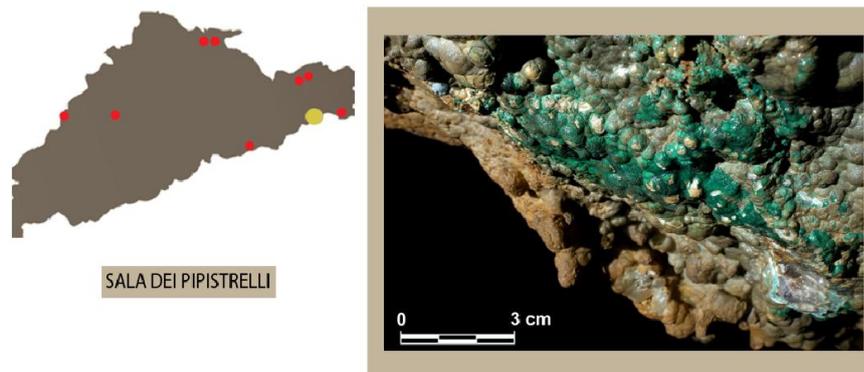


Figura 29: Scheda descrittiva di un punto d'interesse presente sulla mappa interattiva.

In particolare, i pulsanti sono cinque e di questi i primi due sono “PUNTI D’INTERESSE” e “SEZIONI GROTTA” mentre i restanti tre sono dedicati alle tipologie di reperti e sono: “REPERTI LITICI”, “RESTI SEPOLCRALI” e “REPERTI CERAMICI”.

L’idea di questa mappa interattiva è quella di fornire all’utente la possibilità di vedere dislocati spazialmente sulla pianta della grotta diversi oggetti. Ad esempio, il primo livello, “PUNTI D’INTERESSE” è finalizzato a dare una panoramica generale della grotta. In questo caso i punti scelti riproducono le caratteristiche rappresentative della grotta (affioramenti di minerali, la “Monaca”, i ritrovamenti, ecc.).

La pianta della grotta è stata ricoperta da venti punti cliccabili e ciascuno di essi rimanda ad una scheda composta da testo, un immagine e lo la selezione della zona della grotta in cui l’oggetto è visualizzabile o in cui è stato ritrovato.

Il livello “SEZIONI GROTTA” è, invece, finalizzato a dare l’idea di quello che è l’andamento della grotta secondo una prospettiva trasversale. La grotta si apre con

un ingresso molto ampio e man mano tende a restringersi, raggiungendo dei punti impraticabili dall'uomo. Passando il mouse sui diversi punti della mappa, vengono evidenziate le diverse sezioni ad essi associate.

Selezionando, invece, i livelli relativi alle tre tipologie di reperti, vengono visualizzate sulla mappa le icone ad essi relative. Anche in questo caso, cliccando sulle singole icone, una scheda informativa si presenta al visitatore.

La scelta dei contenuti rappresentati sulla mappa è ricaduta sugli aspetti maggiormente rappresentativi della grotta: i reperti litici per la rappresentazione dell'attività mineraria, i resti sepolcrali e i reperti ceramici per la rappresentazione della funzione svolta come ipogeo, i molteplici punti d'interesse per rendere visibile un pò tutto ciò che rende importante il sistema grotta.

4.5 Il Museo Virtuale di Grotta della Monaca

Il fulcro di Grotta della Monaca è stato costituito dalle antichissime e intense attività minerarie. L'importanza rivestita da questa attività è testimoniata dal ritrovamento dei numerosi strumenti di escavazione, attestazione dell'ingegno, dell'inventiva e dell'esperienza degli antichi minatori.

Particolare importanza rivestono dunque gli strumenti litici scanalati ritrovati dispersi al suolo e tra i materiali di risulta delle attività di miniera. Tutti gli utensili ritrovati sono caratterizzati da solchi, scanalature presenti sui fianchi, destinati ad alloggiare originariamente l'immanicatura in legno, come mostrato da alcuni ritrovamenti avvenuti in Cile.

Questa forma di strumenti trova confronti in numerosi altri siti estrattivi dell'area circummediterranea e dell'Europa settentrionale (De Pascale, 2003).

Al fine di rendere più chiara la lettura degli strumenti ritrovati, di esaltarne la funzione e diffonderne la visibilità, è stata progettata e allestita una mostra virtuale di tali oggetti.

Il modello virtuale è inteso come la rappresentazione digitale dell'oggetto in esame, ottenuta mediante la rappresentazione esplicita delle caratteristiche di forma e colore dell'oggetto.

Viste le molteplici modalità di applicazione (studi archeologici, salvaguardia e promozione del patrimonio, reverse engineering, ecc), i modelli 3D rappresentano uno strumento e un veicolo di conoscenza.

A Grotta della Monaca sono stati rinvenuti quarantacinque strumenti litici da miniera. Tra questi, sono stati scelti sette campioni rappresentativi delle quattro tipologie di manufatto principali, di seguito elencati:

- Ascia-martello d'uso minerario;
- Mazzuolo d'uso minerario;
- Piccone d'uso minerario;
- Piccone-martello d'uso minerario.

La tecnica utilizzata per la realizzazione dei modelli tridimensionali dei sette oggetti di miniera è quella della scansione 3D la quale utilizza, generalmente, dispositivi in grado di analizzare e raccogliere informazioni sulla forma e, in alcuni casi, sul colore dell'oggetto scansionato.

È stata dapprima realizzata la ricostruzione tridimensionale virtuale degli oggetti nella forma di ritrovamento e, successivamente, gli stessi sono stati completati con l'immanicatura che originariamente ne permetteva un corretto utilizzo.

La disposizione degli oggetti ricostruiti nella sala museale è centrata sugli oggetti stessi: essi sono organizzati in maniera tale da sottolineare il valore intrinseco dei manufatti, in maniera molto simile a quanto avviene nei tradizionali musei.



Figura 30: Screenshot del Museo Virtuale.

4.6 Strumentazione utilizzata

Il laser scanner utilizzato per gli strumenti di Grotta della Monaca è il “Next Engine”. I vantaggi d’utilizzo di questo strumento risiedono nel costo limitato della strumentazione, nei tempi relativamente brevi di restituzione dei dati e nella contemporanea acquisizione di geometria e texture dell’oggetto.

L’hardware è costituito dallo scanner e da una base rotante sul quale viene posizionato l’oggetto da rilevare. La distanza che intercorre tra questi due, definita dal cavo di collegamento in dotazione, determina due modalità principali di lavoro, finalizzate all’acquisizione di oggetti piccoli e medi:

- DISTANZA MACRO: per oggetti di dimensioni comprese tra i 13 e i 23, determinando una risoluzione di 0,13 mm;
- DISTANZA WIDE: per oggetti di dimensioni comprese tra i 38 e i 56 cm, determinando una risoluzione di 0,4 mm.

Il software in dotazione, ScanStudio Pro, consente di settare e gestire le diverse fasi della scansione.

Il primo parametro da settare è il tipo di scansione che si vuole eseguire:

- 360° : grazie alla rotazione completa del supporto del campione, la scansione copre tutte le facce dell'oggetto.

- *Scansione Bracket*: questo tipo di scansione cattura i dati relativi al lato dell'oggetto posto di fronte allo scanner. Solitamente è usato per riprendere la testa e la coda di un oggetto.

- *Scansione singola*: riprende una sola faccia dell'oggetto.

Il risultato di una scansione è una famiglia di scansioni che devono essere, successivamente, allineate.

Una volta scelto il tipo di scansione da eseguire, si stabilisce il numero di divisioni, ovvero il numero di viste da catturare. Ad esempio, nel caso di una scansione a 360° , il numero di divisioni pari a 6, determina che l'angolo di ogni spostamento e quindi di ogni scansione è 36° ($360^\circ/6=36^\circ$).

Successivamente, si sceglie la posizione della base rotante rispetto allo scanner, wide o macro. Questa scelta è determinata dalla dimensione dell'oggetto.

A seconda della risoluzione richiesta, bisogna settare la velocità della scansione:

- **Standard**: questo tipo di scansione richiede circa 2 minuti per scansione;

- **Quick**: questo tipo di scansione richiede circa 25 secondi per scansione;

- **Fine**: questo tipo di scansione richiede circa 3 minuti per scansione.

È poi possibile scegliere che tipo di superficie si stà per rilevare, in relazione al colore dell'oggetto. Il software permette di scegliere tra: *chiaro*, *neutro* e *scuro*. La scelta di questo parametro è fondamentale in quanto oggetti scuri assorbono la radiazione inviata, mentre oggetti chiari la riflettono completamente. Settando questo parametro lo strumento effettua delle autoregolazioni che permettono una corretta rilevazione.

Vengono poi settati i parametri che permettono la semplificazione automatica delle mesh e l'eliminazione del rumore.

Una volta settati tutti i parametri, viene avviata la scansione dell'oggetto. Completato questo processo, viene eseguito l'allineamento delle singole mesh:

questo processo viene solitamente effettuato in maniera automatica dal software, altrimenti, devono essere riconosciuti almeno tre punti comuni sulle mesh da allineare.

Completato l'allineamento, dal menu Polish, è possibile accedere a una serie di strumenti che consentono di elaborare le scansioni, precedentemente allineate.

Gli strumenti principali sono:

- *Trim*: grazie a questo strumento è possibile tagliare dalla mesh interessata eventuali difetti o elementi superflui non necessari nel modello finale.
- *Fill*: consente di riempire, in maniera automatica e per approssimazione, eventuali zone rimaste scoperte dalla scansione. Anche in questo caso è possibile automatizzare il processo.
- *Buff*: permette di smussare i tratti della mesh laddove sia ritenuto opportuno.
- *Simplify*: esegue una riduzione dei triangoli della mesh, al fine di rendere l'oggetto più leggero, a discapito della risoluzione.
- *Remesh*: esegue automaticamente un affinamento della mesh, creando triangoli nelle aree di transizione.

Una volta ripulito le singole mesh, è possibile unirle in un unico modello grazie alla funzione “*Fuse*”. Questa funzione prevede quattro fasi:

- *Merge*: vengono eliminate le mesh sovrapposte e congiunte a formare un'unica mesh.
- *Remesh*: vengono create delle nuove mesh prossime alle zone di fusione, per evitare eventuali zone scoperte.
- *Simplify*: viene fatta automaticamente una riduzione della mesh, rimuovendo i triangoli inutili.
- *Fuse*: completa tutto il processo restituendo il modello finale.

Completati tutti i processi, è possibile salvare il modello e esportarlo in diversi formati, a seconda delle esigenze.

4.7 Il rilievo tridimensionale dei reperti di Grotta della Monaca

I sette reperti litici selezionati per la digitalizzazione presentano una lunghezza compresa tra 12 e 20 cm e larghezza compresa tra 9 e 15 cm. Per tale ragione l'acquisizione è stata settata alla distanza MACRO, ottenendo una risoluzione di 0,13 mm.

In fase di pianificazione delle scansioni, a causa della geometria dei reperti, è stato deciso di effettuare una scansione a 360° dell'oggetto, posizionato in maniera verticale sulla base rotante, e due scansioni bracket per la parte superiore e per la parte inferiore dell'oggetto (Fig. 31).

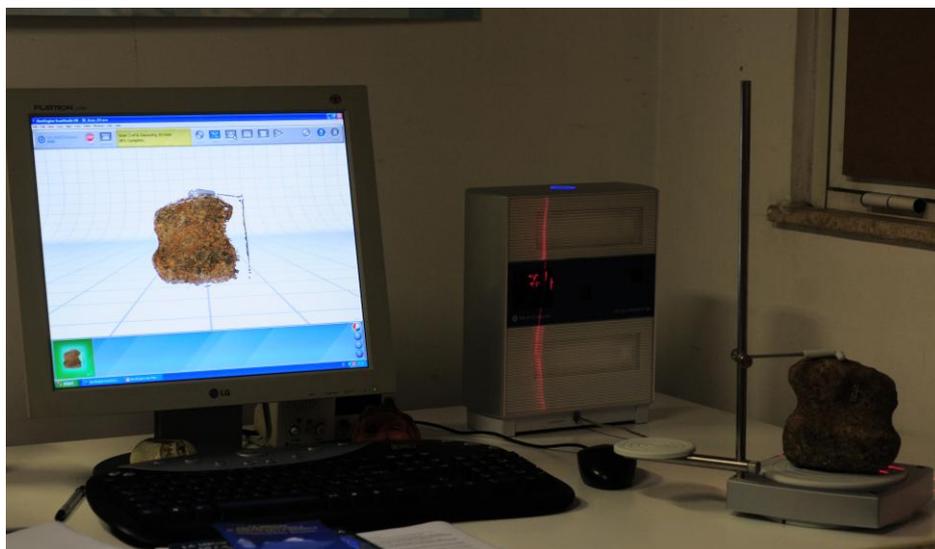


Figura 31: Fase di scansione di uno dei mazzuoli litici scanalati mediante lo scanner NextEngine.

Al fine di ottenere dei modelli facilmente gestibili e idonei alla pubblicazione in rete, è stato scelto di mantenere basso il numero delle divisioni per scansione.

Il colore della superficie dei singoli oggetti ha determinato il parametro superficie nel pannello di controllo del software di gestione. Per i reperti che si presentavano con tonalità del giallo, del marrone e del grigio, il parametro selezione è stato settato su neutro. Per il campione L5, che presentava prevalente il colore nero, lo

stesso parametro è stato settato su scuro.

Tutta la fase di gestione e elaborazione delle mesh è stata eseguita con il software ScanStudio. Tutti i modelli sono stati poi salvati nel formato .obj ed esportati nel software SoftImage al fine di una fase di ottimizzazione e affinamento per la pubblicazione in rete.

Capitolo quinto

Usabilità della piattaforma

5.1 Obiettivi

La letteratura analizzata e studiata nell'ambito di questo lavoro descrive, ampiamente, come l'utilizzo delle nuove tecnologie, nell'accezione più vasta del termine, possa apportare vantaggio e visibilità a un bene culturale.

L'introduzione delle più svariate tecnologie ha consentito di aprire nuovi campi applicativi nel settore dei Beni Culturali. Questi spaziano da operazioni di archiviazione e di accesso ai dati disponibili, sino ad arrivare ad applicazioni web che permettono all'utente di interagire con il sistema mediante la comparazione tra i dati presentati, producendo, così, nuove informazioni (Calori, et al., 2005) e incrementando le proprie conoscenze (Bateson, 1979).

Al fine di promuovere il sito archeologico di Grotta della Monaca a Sant'Agata di Esaro (CS), si è scelto di realizzare una piattaforma, fruibile in rete, per la presentazione e la diffusione delle conoscenze ad esso relative e per attivare, inoltre, un più intenso senso di interesse nel maggior numero possibile di persone.

L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di testare l'usabilità del sistema realizzato al fine di offrire uno strumento semplice da usare, facilmente navigabile e, soprattutto, capace di comunicare i risultati della ricerca, a esperti del settore e non.

Attraverso una fase di testing, i problemi di usabilità del sito sono stati individuati e le soluzioni più appropriate determinate.

5.2 *Soggetti*

Il campione di ricerca è composto da quindici (15) soggetti, di cui 6 maschi (40%) e 9 femmine (60%). L'età media dei soggetti è di 32,13 anni, con una deviazione standard di 4,21. Tutti i soggetti usano quotidianamente il computer pertanto, hanno una buona conoscenza delle principali funzionalità tipiche di un sito web.

Per quanto riguarda la scolarizzazione, il 13% ha un titolo di Scuola superiore, il 53% è in possesso di Laurea e il 33% ha conseguito un titolo Post-Laurea.

Il 53% del campione conosce Grotta della Monaca a Sant'Agata di Esaro; il 33% l'ha visitata almeno una volta e ha condotto ricerche e studi ad essa relativi.

La scelta del campione è avvenuta seguendo le indicazioni metodologiche descritte da Nielsen (Nielsen, 2001), secondo cui sono sufficienti 5 soggetti per valutare l'usabilità di un sito web. Dal momento che la piattaforma è stata progettata per un target di utenza vario, è stato ritenuto opportuno testarne l'usabilità coinvolgendo 5 soggetti per le seguenti tre categorie:

- cinque “*esperti in archeologia e settori affini*”, ovvero soggetti specializzati in archeologia o conservazione dei beni culturali, al fine di testare il punto di vista di soggetti competenti alla tematica trattata;
- cinque “*studiosi di Grotta della Monaca*”, ovvero soggetti con competenze specifiche nell'argomento specifico della Grotta, in quanto la piattaforma si configura come strumento di supporto ai loro studi;
- cinque “*utenti generici*”, ovvero soggetti completamente estranei all'argomento.

5.3 *Materiali*

Dopo aver vagliato la letteratura esistente in materia di usabilità, è stato scelto di adottare il questionario USE (Usefulness, Satisfaction and Ease of use), realizzato

e validato da Lund (2001) per misurare le caratteristiche fondamentali dell'usabilità per gli utenti.

Questo strumento prevede lo svolgimento di due fasi: nella prima vengono identificati una serie di compiti che l'utente deve eseguire durante la navigazione del sito; la seconda fase consiste nella compilazione del questionario attraverso il quale gli utenti valutano il sito.

Per quanto concerne i compiti, sono stati individuati dieci compiti, uguali per tutti i soggetti (Appendice 1). Al termine di ciascun compito, è stato richiesto al soggetto di indicare il proprio livello di competenza nello svolgimento dello stesso e di annotare eventuali errori o problemi incontrati durante l'esecuzione.

Il questionario somministrato nella fase successiva al completamento dei compiti è stato costruito secondo le necessità specifiche relative alla piattaforma realizzata (Kelly, et al., 2008). Esso era composto da un totale di 48 dichiarazioni per ciascuna delle quali i soggetti hanno indicato il proprio parere d'accordo, mediante l'utilizzo di una scala di valutazione Likert a sette punti, variabili da “*completamente in disaccordo*” a “*completamente d'accordo*”.

Delle 48 dichiarazioni poste ai soggetti, 27 sono state adottate dal questionario USE (Lund, 2001) ed erano raggruppate nelle seguenti quattro sezioni:

- **Utilità**: indaga l'utilità percepita dall'utente in merito ai contenuti del sito web.
- **Facilità di utilizzo**: indaga in che misura è facile da navigare e valuta la capacità degli strumenti di stimolare l'interazione.
- **Facilità di apprendimento**: analizza la facilità e la velocità di apprendimento fornita dal sistema.
- **Soddisfazione**: misura la sensazione di benessere avvertita dagli utenti durante la navigazione.

Le restanti 21 affermazioni, anche queste valutabili su scala Likert a sette punti, sono state costruite per valutare alcuni aspetti specifici della piattaforma: la

navigabilità del sito, la qualità dei contenuti e il layout usato per la presentazione delle informazioni.

5.4 Procedura

I soggetti coinvolti hanno eseguito il test d'usabilità all'interno del *Laboratorio di Psicologia* dell'Università della Calabria e hanno utilizzato una postazione costituita da un PC con un monitor di 17", dotato di sistema operativo Microsoft® Windows XP e con motore di ricerca Mozilla Firefox®.

L'analisi del sito web si è svolta in tre fasi. La prima fase ha previsto la consegna ai soggetti, tramite la quale è stato spiegato loro l'obiettivo della ricerca e le attività da svolgere.

Durante la seconda fase ciascun soggetto ha eseguito i dieci compiti previsti dalla lista mostrata loro nella prima fase. In questa fase, lo sperimentatore che sovrintendeva le attività ha annotato, accanto a ciascun compito, il tempo di inizio e di fine dell'esecuzione del compito. Nessun limite di tempo è stato posto ai soggetti.

Questo approccio, che prende il nome di *task analysis*, è un metodo di valutazione dell'usabilità che permette una rilevazione quantitativa e comparativa delle caratteristiche di usabilità; inoltre è il metodo più indicato per valutare prototipi funzionanti o prodotti finiti prima del loro rilascio definitivo.

Solo dopo aver terminato l'esecuzione di tutti i compiti assegnati, ha avuto inizio la terza fase in cui lo sperimentatore ha consegnato al soggetto il questionario per la valutazione dell'usabilità del sito web.

Nello svolgersi delle tre fasi, alcun aiuto o supporto è stato fornito ai soggetti.

5.5 Analisi dei risultati e discussione

In questa sezione vengono illustrati i risultati ottenuti analizzando le risposte date dai soggetti al questionario proposto.

Le statistiche descrittive sono state elaborate utilizzando il software SPSS; è stato tenuto conto, inoltre, dei commenti forniti dai soggetti durante l'esecuzione dei compiti.

L'affidabilità, ovvero la misura in cui un soggetto risponde allo stesso modo ogni volta che gli viene posta la stessa domanda (Fang & Holsapple, 2007), è stata valutata mediante l'Alpha di Cronbach. In generale, nella valutazione di un questionario, elevati valori di Alpha indicano che i soggetti esaminati esprimono un atteggiamento coerente riguardo a ciascun item, appartenente a ciascuna dimensione. I valori stimati per il questionario utilizzato variano da .68 a .98.

Generalmente, si ritengono accettabili, per coerenza interna e adeguatezza di costruito, valori di Alpha pari o maggiori a .60, mentre valori uguali o superiori a .90 sono da considerarsi ottimi. Di conseguenza, il questionario usato per valutare l'analisi dell'usabilità del sito realizzato ha un ottimo livello di coerenza interna. Ciò dimostra che i risultati ottenuti sono da considerarsi idonei rispetto all'obiettivo dell'analisi.

5.5.1 Analisi dei compiti

Come si evince dalla Tabella 1, quasi tutti i compiti proposti sono stati eseguiti correttamente, presentando un tasso di completamento pari al 100%. Di contro, il tasso di completamento più basso è stato registrato per il compito 7, che richiedeva al soggetto di interagire con la mappa tematica “*Visita la Grotta*”. Un tasso pari all'87% è stato invece calcolato in relazione ai compiti 2, ovvero la ricerca della voce di menu “*Antichi Strumenti di Miniera*”, e 10, che richiedeva all'utente di effettuare il *login* al sito e compilare, anche in maniera fittizia, il form preposto alla raccolta di informazioni.

Infine, un tasso di completamento del 93% è stato determinato per il compito 9, che chiedeva di trovare, all'interno della mappa interattiva “*Visita la Grotta*”, informazioni relative alla “*Monaca*”.

	Compito 1	Compito 2	Compito 3	Compito 4	Compito 5	Compito 6	Compito 7	Compito 8	Compito 9	Compito 10
Soggetto 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 7	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Soggetto 8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Soggetto 9	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
Soggetto 10	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Soggetto 11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 12	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Soggetto 13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soggetto 15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totale	15	13	15	15	15	15	10	15	14	14
% di completamento	100%	87%	100%	100%	100%	100%	67%	100%	93%	93%

Tabella 1: Tassi di completamento dei compiti.

Dal confronto dei dati registrati per le tre tipologie di utenti (Grafico 1), si evince che il tasso di completamento più basso (40%) è stato registrato da parte degli “*utenti generici*” per l’esecuzione del compito 7 (interazione con la mappa tematica “*Visita la Grotta*”), a differenza delle altre due categorie di utenti che hanno registrato, per lo stesso compito, un tasso pari all’80%.

Per quanto riguarda il compito 2 (ricerca della voce di menu “*Antichi Strumenti di Miniera*”), “*studiosi di Grotta della Monaca*” e “*utenti generici*” hanno manifestato lo stesso tasso di completamento (80%), contrariamente agli “*esperti in archeologia e settori affini*” i quali hanno completato tutti e correttamente l’esecuzione del compito (100%).

Il compito 9 (ricerca di informazioni relative alla “*Monaca*” all’interno della mappa interattiva “*Visita la Grotta*”) ha visto il raggiungimento di un tasso dell’80% da parte degli “*studiosi di Grotta della Monaca*” e il 100% da parte delle altre due categorie. Infine, per il compito 10 (*login* al sito e compilazione del il form preposto alla raccolta di informazioni) è stato registrato un tasso inferiore agli altri (80%) da parte degli “*studiosi di Grotta della Monaca*”.

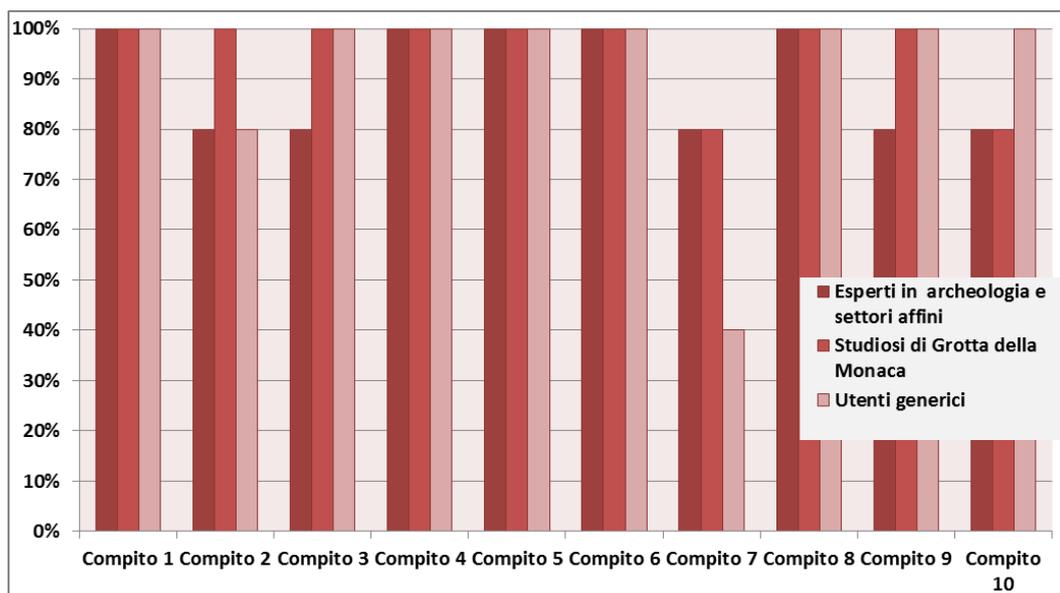


Grafico 1: Confronto tra i tassi di completamento registrati per le tre categorie di utenti.

5.5.2 Analisi dei tempi registrati

I tempi impiegati da ciascun soggetto per il completamento di ciascun compito sono stati registrati e riportati nella Tabella 2. I tempi medi di esecuzione registrati per tutti i compiti variano da un minimo di 00:00:30 secondi, registrato per l'esecuzione del compito 3, ad un massimo di 00:03:08 secondi. La mediana dei valori medi è pari a 00:01:30 secondi.

	Compito 1	Compito 2	Compito 3	Compito 4	Compito 5	Compito 6	Compito 7	Compito 8	Compito 9	Compito 10
Soggetto 1	00:03:41	00:02:28	00:00:15	00:05:12	00:03:54	00:01:25	00:02:11	00:01:10	00:01:15	00:05:29
Soggetto 2	00:02:30	00:00:40	00:00:10	00:01:13	00:01:30	00:00:20	00:00:20	00:01:21	00:03:41	00:03:28
Soggetto 3	00:03:43	00:01:10	00:00:17	00:02:11	00:02:47	00:00:52	00:00:37	00:00:32	00:01:16	00:02:10
Soggetto 4	00:05:13	00:00:30	00:00:07	00:05:21	00:03:48	00:01:32	00:00:39	00:00:29	00:00:16	00:02:23
Soggetto 5	00:03:18	00:00:35	00:00:41	00:01:26	00:02:10	00:01:20	00:00:39	00:00:33	00:01:39	00:02:26
Soggetto 6	00:05:13	00:00:30	00:00:07	00:05:21	00:03:48	00:01:32	00:00:37	00:00:29	00:00:16	00:02:23
Soggetto 7	00:03:23	00:02:04	00:00:10	00:00:57	00:02:10	00:00:10	00:01:25	00:00:23	00:00:34	00:03:45
Soggetto 8	00:02:15	00:00:40	00:00:15	00:01:10	00:01:20	00:00:15	00:00:40	00:00:45	00:02:37	00:03:41
Soggetto 9	00:02:23	00:00:40	00:02:25	00:03:28	00:05:29	00:00:10	00:00:28	00:00:10	00:02:25	00:05:54
Soggetto 10	00:02:39	00:00:56	00:01:23	00:02:20	00:01:17	00:00:48	00:00:22	00:00:37	00:02:36	00:01:49
Soggetto 11	00:01:30	00:00:59	00:00:12	00:00:40	00:00:25	00:00:19	00:00:15	00:00:25	00:01:15	00:01:59
Soggetto 12	00:01:33	00:02:30	00:00:20	00:00:40	00:00:45	00:01:20	00:01:20	00:00:45	00:01:45	00:01:30
Soggetto 13	00:02:38	00:00:47	00:00:12	00:01:59	00:01:37	00:00:46	00:00:55	00:00:47	00:02:16	00:02:53
Soggetto 14	00:03:16	00:01:06	00:00:33	00:02:13	00:01:32	00:00:23	00:00:25	00:00:34	00:03:11	00:02:50
Soggetto 15	00:03:39	00:02:34	00:00:22	00:04:15	00:03:02	00:01:32	00:02:36	00:01:27	00:01:58	00:03:29
	00:03:08	00:01:13	00:00:30	00:02:34	00:02:22	00:00:51	00:00:54	00:00:42	00:01:48	00:03:05

Tabella 2: Tempi di esecuzioni per ciascun compito e per ogni soggetto. Nell'ultima riga sono evidenziati i tempi medi di esecuzione.

Considerando i tempi medi registrati (Tab. 2) e la mediana degli stessi, è possibile osservare (Grafico 2) che i tempi medi di esecuzione più bassi sono stati registrati, per i compiti 2, 3, 6, 7, 8, mentre quelli più alti per i compiti 1, 4, 5, 9 e 10.

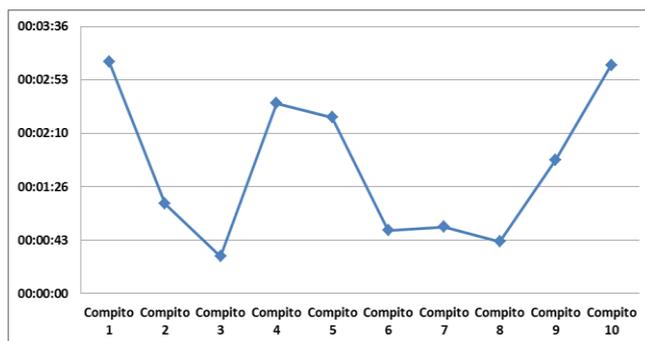


Grafico 2: Tempi medi di esecuzione per ciascun compito (hh:mm:ss)

Osservando, contemporaneamente, i tempi medi registrati per le tre categorie di utenti, emerge che gli “esperti del settore” e gli “utenti generici” hanno impiegato, approssimativamente, tempi uguali nell’esecuzione dei compiti, tranne per il primo, per il quale si verifica una differenza di circa 1 minuto (00:03:41 sec per gli “esperti in Archeologia e settori affini” e 00:02:31 per gli “utenti generici”).

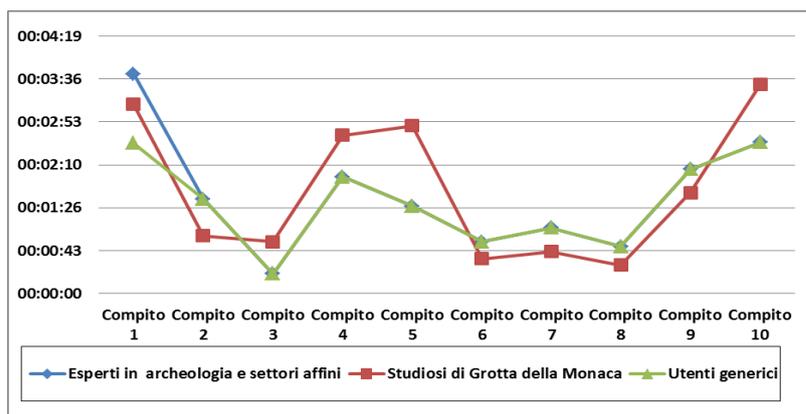


Grafico 3: Tempi medi di esecuzione delle tre tipologie di utente.

	Compito 1	Compito 2	Compito 3	Compito 4	Compito 5	Compito 6	Compito 7	Compito 8	Compito 9	Compito 10
Esperti in archeologia e settori affini	00:03:41	00:01:35	00:00:20	00:01:57	00:01:28	00:00:52	00:01:06	00:00:48	00:02:05	00:02:32
Studiosi di Grotta della Monaca	00:03:11	00:00:58	00:00:52	00:02:39	00:02:49	00:00:35	00:00:42	00:00:29	00:01:42	00:03:30
Utenti generici	00:02:31	00:01:35	00:00:20	00:01:57	00:01:28	00:00:52	00:01:06	00:00:48	00:02:05	00:02:32
Dev. Standard	00:00:35	00:00:21	00:00:19	00:00:24	00:00:47	00:00:10	00:00:14	00:00:11	00:00:14	00:00:34

Tabella 3: Tempi medi di risposta per ciascun compito suddivisi per le tre categorie di utenti; deviazione standard degli stessi.

Infine, la Tabella 5 mostra un riepilogo dei dati registrati nella prima fase del test: numero di compiti eseguiti correttamente, numero di compiti non completati e relativi tempi medi di esecuzione.

	Completamento compiti	Errori	Tempo medio
Compito 1	15	0	00:02:31
Compito 2	13	2	00:01:35
Compito 3	15	0	00:00:20
Compito 4	15	0	00:01:57
Compito 5	15	0	00:01:28
Compito 6	15	0	00:00:52
Compito 7	10	5	00:01:06
Compito 8	15	0	00:00:48
Compito 9	14	1	00:02:05
Compito 10	14	1	00:02:32

Tabella 4: Riepilogo dati registrati nella prima fase dell'analisi di usabilità.

5.5.3 Valutazione complessiva della piattaforma

Una volta completati i dieci compiti proposti dal ricercatore, gli utenti hanno rilasciato una valutazione della piattaforma, mediante la compilazione del questionario.

Tra i quattro parametri (estrapolati dall'USE) misurati (Utilità, Facilità d'uso, Facilità d'apprendimento e Soddisfazione), l'*Utilità* è stato quello che ha ottenuto una percentuale di accordo più bassa rispetto agli altri, anche se il valore è uguale al 75%.

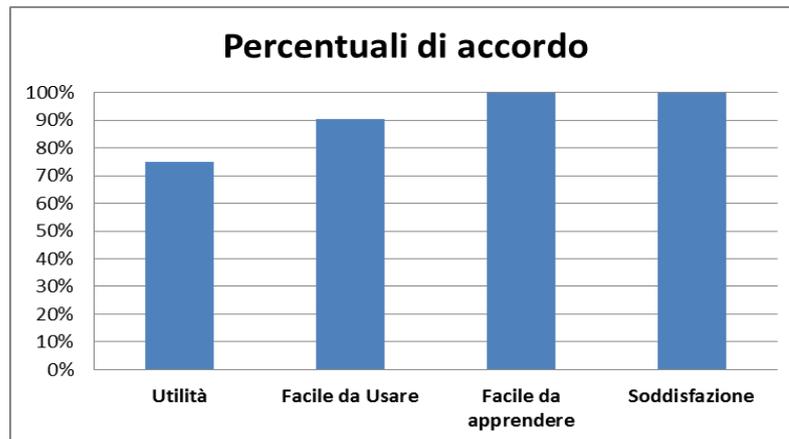


Grafico 4: Percentuale di accordo per i quattro parametri: Utilità, Facilità d’uso, Facilità d’apprendimento e Soddisfazione.

Mettendo a confronto le percentuali completamente registrate dalle tre categorie di utenti (Grafico 5), “*studiosi di Grotta della Monaca*”, “*esperti in archeologia e settori affini*” e “*utenti generici*”, è emerso l’utilità della piattaforma viene maggiormente percepita da “*studiosi di Grotta della Monaca*”, “*esperti in archeologia e settori affini*” rispettivamente con una percentuale di 75% e 93%. L’utilità scende al 55% per gli “*utenti generici*”.

Per quanto riguarda il parametro “Facile da usare” sono gli “Esperti in archeologia e settori affini” ad aver registrato il 100% di accordo, 82% per gli Studiosi di Grotta della Monaca e 93% per gli “*utenti generici*”. Infine, tutte e tre le categorie di utenti hanno registrato un grado di accordo massimo per i parametri “Facile da apprendere” e “Soddisfazione”.

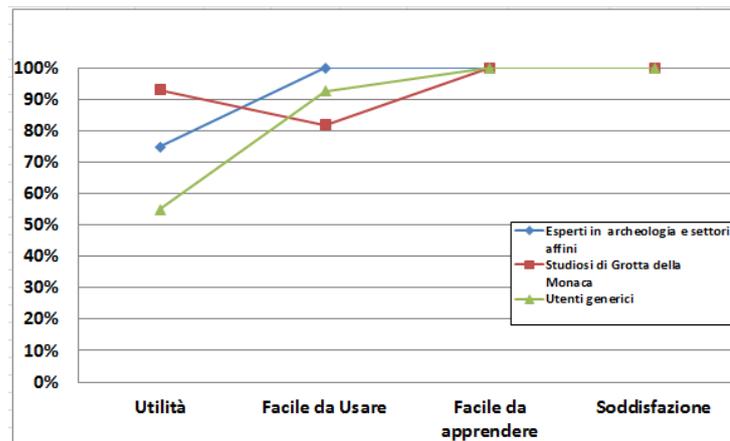


Grafico 5: Confronto fra le percentuali di accordo registrati per le tre categorie di utenti.

È stata inoltre calcolata la Deviazione Standard sugli accordi registrati dalle tre categorie di utenti (Tabella 5) e il valore più alto emerge per il parametro “Utilità” (DS=10.61), segue “Facile da usare” (DS=4.24), scende a zero per “Facile da apprendere” e “Soddisfazione”.

	Utilità	Facile da Usare	Facile da apprendere	Soddisfazione
Studiosi di Grotta della Monaca	22	45	20	20
Utenti generici	37	51	20	20
Esperti in archeologia e affini	30	55	20	20
Dev Standard	10,60660172	4,242640687	0	0

Tabella 5: Deviazione Standard calcolata sugli accordi registrati dalle tre categorie di utenti, per quanto riguarda Utilità, Facilità d’uso, Facilità d’apprendimento e Soddisfazione.

Analizzando i dati ottenuti per le categorie Navigabilità del sito, Contenuti, e Layout dei contenuti (Grafico 6), è emerso che solo per il 90,76% trova che i testi relativi ai reperti archeologici sono soddisfacenti. Il 97,78% trova il sito facilmente navigabile, mentre per il 98,10% i testi sono ben organizzati e trovano utile la presenza di ricostruzioni 3D.

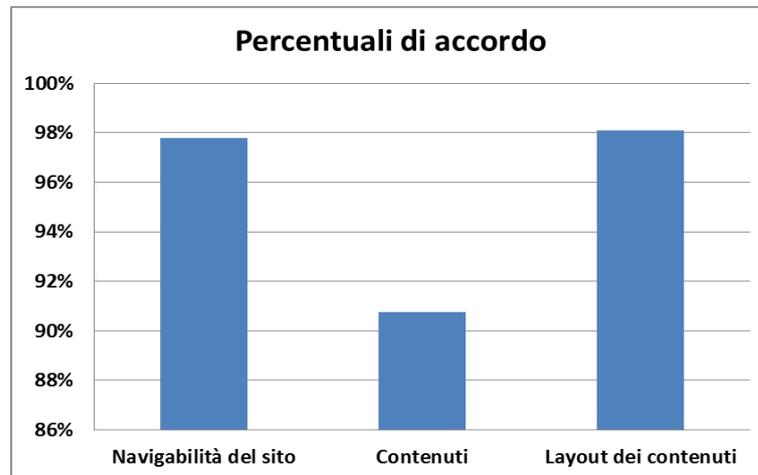


Grafico 6: Percentuale di accordo per le tre sezioni: Navigabilità del sito, Contenuti, e Layout dei contenuti.

Mettendo a confronto le percentuali di accordo registrate dalle tre categorie di utenti (Grafico 7), è emerso che la facilità nella navigazione del sito viene maggiormente percepita da “*studiosi di Grotta della Monaca*” (100%) e dagli “*esperti in archeologia e settori affini*” (97%) seppur anche per gli utenti generici il valore resta piuttosto alto (93%). Anche il Layout dei contenuti registra valori piuttosto alti per tutte e tre le categorie di utenti, mentre per quanto riguarda i contenuti, i valori registrati vanno dall’82% per “*utenti generici*” al 93% per “*studiosi di Grotta della Monaca*”, al 98% per gli “*esperti in archeologia e settori affini*”.

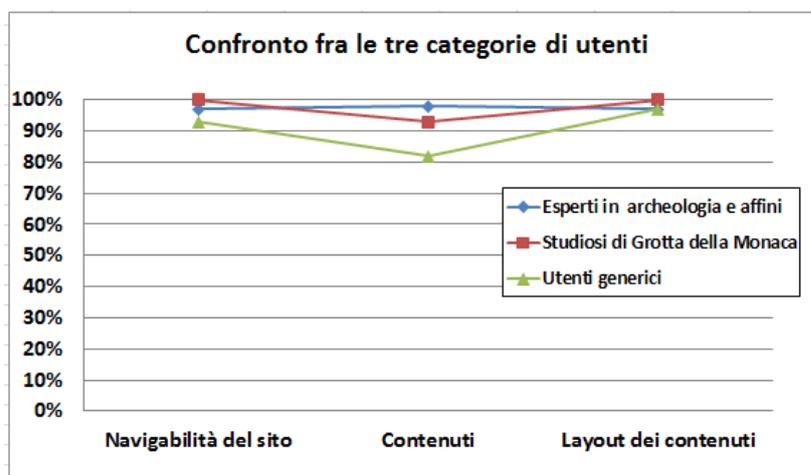


Grafico 7: Confronto fra le percentuali di accordo registrate per le tre categorie di utenti per quanto concerne Navigabilità del sito, Contenuti, e Layout dei contenuti.

È stata inoltre calcolata la Deviazione Standard sugli accordi registrati dalle tre categorie di utenti (Tabella 6), la variabilità più alta emerge per il parametro “Contenuti” (DS=3.60), seguono “Navigabilità del sito” e “Layout dei contenuti” (DS=1).

	Navigabilità del sito	Contenuti	Layout dei contenuti
Esperti in archeologia e affini	28	32	33
Studiosi di Grotta della Monaca	29	39	34
Utenti generici	30	37	35
Dev Standard	1	3,605551275	1

Tabella 6: Deviazione Standard calcolata sugli accordi registrati dalle tre categorie di utenti per quanto riguarda Navigabilità del sito, Contenuti, e Layout dei contenuti.

In conclusione, dall’analisi delle risposte del questionario si evince che la piattaforma realizzata ha, nel complesso, una buona usabilità, come emerso dai risultati ottenuti nei due questionari e nelle alte percentuali registrate nel completamento dei compiti. La sezioni “Facile da apprendere” e “Soddisfazione” del questionario hanno registrato le percentuali di accordo più elevate. L’apprendimento è una delle proprietà fondamentali dell’usabilità. Esso indica la

capacità dell'utente, dopo aver utilizzato la piattaforma per un certo periodo di tempo, di saper operare con competenza e immediatezza con i suoi contenuti.

Infine, la soddisfazione degli utenti è ricavata dalla loro valutazione soggettiva, riguardo all'utilità della piattaforma, alla sua piacevolezza e alla velocità di caricamento delle pagine. Per questa sezione otteniamo due valori molto positivi riferiti alle qualità del sito web e alla sua necessità di usarlo. La soddisfazione è sicuramente un fattore importante, poiché permette di avere un riscontro sull'efficacia del sito web. Valori altrettanto alti sono stati registrati per quanto concerne il parametro "Facile da usare"; tale risultato è ulteriormente confermato dai risultati ottenuti per il parametro "Navigabilità del sito". Infine, è il parametro "Utilità" ad aver registrato il valore più basso, tuttavia, raggruppando i dati per categoria di utente, abbiamo rilevato che l'"Utilità" è direttamente correlata al target di utente finale. Infatti, sono coloro che hanno interessi nel settore o specifici a percepirne la maggiore utilità.

Conclusioni

L'introduzione delle più svariate tecnologie innovative per la visualizzazione e la comunicazione ha consentito di aprire nuovi campi applicativi nel settore dei Beni Culturali, spaziando da semplici operazioni di archiviazione e di accesso a numerosi dati, sino ad arrivare ad applicazioni dotate di un ampio spettro di funzionalità. Tra queste, alcune sono in grado di potenziare le fasi conoscitive ed interpretative per gli utenti (Molledo, et al., 2000; Forte, 2008) come, ad esempio, i sistemi di Realtà Virtuale i quali permettono all'utente di interagire con il sistema, mediante la comparazione e la creazione di connessioni tra i dati, producendo, così, nuove informazioni (Calori, et al., 2005) e incrementando le proprie conoscenze (Bateson, 1979).

La letteratura inerente il settore del Virtual Heritage descrive, ampiamente, come l'utilizzo delle nuove tecnologie, nell'accezione più vasta del termine, possa apportare vantaggio e visibilità a un bene culturale. Le iniziative che utilizzano le tecnologie digitali per preservare e valorizzare il patrimonio culturale sono molto eterogenee e hanno finalità e obiettivi differenti (Li, et al., 2010) e sempre crescente è il numero di ricerche per lo sviluppo e l'applicazione di strumenti di diffusione e promozione del patrimonio (Alfano, et al., 2008; Knipfer K., 2009; Liu, 2006).

In particolare, i principali campi di applicazione del Virtual Heritage riguardano: la comunicazione, la ricerca e la didattica, con evidenti integrazioni e sovrapposizioni fra i vari ambiti (Forte, 2008; De Felice & Sibilano, 2010).

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è stato quello di rivisitare il caso studio di Grotta della Monaca alla luce di un approccio innovativo, mediante l'utilizzo di tecnologie digitali e web.

Si tratta di un sito archeologico per il quale recenti sono le attività e le indagini volte al suo studio e la sua interpretazione. Durante questi primi anni di scavo e di

ricerche numerosi sono stati i dati collezionati e in fase di elaborazione. Raggiunto un livello considerevole di informazioni relative a questo sito, ci si è trovati di fronte alla necessità di una comunicazione efficace dei risultati. A tal fine, una sintesi del primo ciclo di ricerche e scavi, durato tredici anni, è stata presentata per mezzo di nuove forme di comunicazione mediate dall'utilizzo di nuove tecnologie.

Uno spazio web è stato realizzato, inteso come cantiere innovativo di ricerca scientifica, come luogo attivo di simulazione dove misurare e confrontare dati, ipotesi e archivi. Dall'interazione con i materiali qui pubblicati e con gli altri utenti che vorranno partecipare attivamente alle ricerche, ne scaturisce la produzione di nuove informazioni.

La piattaforma progettata e realizzata propone una serie di dati disponibili degli utenti interessati: immagini ad alta risoluzione, sistemi multilivello (più informazioni comparabili nello stesso spazio) e ricostruzioni tridimensionali. Il sistema realizzato si preme tra gli obiettivi principali di:

- supportare i ricercatori e gli studiosi di Grotta della Monaca nella fase di studio, interpretazione e comunicazione dei risultati al vasto pubblico;
- avvicinare un numero più vasto di studiosi (archeologi, conservatori, geologi, mineralogisti ecc.) al settore, non molto diffuso, dell'archeologia mineraria;
- attrarre l'interesse di un numero maggiore di potenziali visitatori, aumentando la visibilità del sito a livello mondiale.

Al fine di creare un prodotto pienamente usabile dalle diverse utenze finali, l'architettura dei contenuti e il design dell'interfaccia sono stati valutati mediante uno studio di usabilità, eseguito grazie alla somministrazione di un test validato per la misura della soddisfazione.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che la piattaforma realizzata è caratterizzata da una buona usabilità e che sono presenti poche aree di criticità. Dall'analisi dei

dati raccolti è emerso che la piattaforma si mostra come facile da apprendere e da usare e aumenta il livello di soddisfazione degli utenti.

Solo i pareri favorevoli relativi all'utilità del sito si sono manifestati con una percentuale lievemente inferiore. Dall'analisi comparata dei risultati, suddivisi per categoria di utente, emerge che questo valore è determinato dai dati rilevati per gli utenti generici: questi evidenziano come l'interesse nell'argomento trattato sia direttamente proporzionale all'utilità percepita.

Le poche aree di criticità rilevate saranno colmate al più presto, in modo da dare alla piattaforma una completa e totale funzionalità.

Bibliografia consultata

Abran, A.; Khelifi, A., & Suryan, W. (2003). Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards, *Software Quality Journal*, 11, 325-328.

ACM SIGCHI (1992). *Curriculum for Human-computer Interaction*. ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction Curriculum Development Group, New York.

Acquafredda, P., & Piccarreta, G. (2005). Caratterizzazione petrografica dei manufatti litici. In *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)* (p. 61-65). Roseto capo Spulico, CS.

Adamo A., Bertacchini P.A., Bilotta E., Pantano P.S., Tavernise A. (2010). Connecting Art and Science for Education: Learning through an Advanced Virtual Theater with “Talking Heads””. *Leonardo*, 43(5), 442-448.

Addison, A. C. (2001). Virtual Heritage: technology in the service of culture. VAST '01 - *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage*. NY: ACM New York.

Alfano, I. (2007). *Speciali divulgativi*. Tratto il giorno Settembre 21, 2011 da www.ricercaitaliana.it/glispeciali.htm

Alfano, I., & Pantano, E. (2010). Advanced Technologies for promotion of cultural heritage: the case of Bronzes of Riace. *Journal of Next Generation Information Technolog* , 1(1), 39-46.

Alfano, I., Bertacchini, P. A., & Pantano, E. (2008). Promotion of Cultural Heritage: Bronzes of Riance in a cross-media approach. In Nesi P.; Ng K.; Delgado J. (Eds.), *Axmedis - 4th International Conference on Automated Solutions for Cross Media Content and Multi-Channel Distribution, Firenze (IT)* 253-256.

Alfano, I., Carini, M., Gabriele, L., & Naccarato, G. (2010). SCIENAR Virtual Community: A Useful Tool to Promote the Synergies Among Artists and Scientists. *International Journal of Online Engineering* , 6(2), 8-13.

- Alfano, I., Carini, M., Gabriele, L., (2011). Building SCIENAR, a Virtual Community of artists and scientists: usability testing for system improvement. In Lazakidou, A. (a cura di) *Virtual Communities, Social Networks and Collaboration*. Springer.
- Antinucci F. (1998). "Musei e nuove tecnologie: dov'è il problema?", *Sistemi Intelligenti*, 2, 281-307.
- Antinucci, F. (2007). THE VIRTUAL MUSEUM. *Archeologia e Calcolatori*,1, 79-86.
- Barak, M., Orit, H., Kaberman, Z., & Dori, Y. (2009). MOSAICA: A web-2.0 based system for the preservation and presentation of cultural heritage. *Computers & Education* , 53(3), 841-852.
- Barcellini, F., Détienne, F., Burkhardt, J. M., & Sack, W. (2008). A socio-cognitive analysis of online design discussions in an Open Source Software Community. *Interacting with Computer* , 20, 141–165.
- Barcelo, J., Forte, M., & Sanders, D. (2000). *Virtual Reality in Archaeology*. Oxford: ArcheoPress.
- Barton, J. (2009). 3D laser scanning and the conservation of earthen architecture: a case study at the UNESCO World Heritage Site Merv, Turkmenistan. *World archaeology*, 41(3), 489-504.
- Bateson, G. (1979). *Mind and Nature. A Necessary Unity*. New York: Dutton.
- Battleson, B., Booth, A., & Weintrop, J. (2001). Usability testing of an academic library Web site: a case study. *The Journal of Academic Librarianship*, 27(3), 188-198.
- Bawaya, M. (2010). Virtual Archaeologists Recreate Parts of Ancient Worlds. *Science*, 327(5962), 140-141.
- Bennardi, D., & Furferi, R. (2007). *Il Restauro Virtuale. Tra Ideologia e Metodologia*. Firenze: Edifir - Edizioni Firenze s.r.l.
- Berger, H., Dittenbach, M. and Merkl, D. (2006). Towards a community-driven

3D eTourism environment. In Proceedings of the IADIS International Conference e-Society, Dublin, Ireland, pp. 168-72.

Bertacchini P.A., Bilotta E., Cronin M. D., Pantano P. S., Tavernise A. (2007). 3D Modelling of Theatrical Greek Masks for an Innovative Promotion of Cultural Heritage. Atti del convegno "CAA2007", Berlino, 2 - 6 Aprile 2007.

Bertacchini P.A., Bilotta E., Gabriele L., Servidio R.C., Tavernise A. (2006). Il riconoscimento delle emozioni in modelli facciali 3D. Atti del convegno "AIP - Associazione Italiana di Psicologia", Rovereto - Trento, 13-15 Settembre, 2006, AIP - Associazione Italiana di Psicologia, pp. 42-42.

Bertacchini, P. A., & Bilotta, E. (1999). *Nuovi saperi*. Roma: BCM.

Bertacchini, P. A., Bilotta, E., Dell'Accio, A., Di Bianco, E., & Pantano, E. (2006). Virtual Museum Net of Calabrian Magna Graecia. *Proceedings of EVA 2006*, Florence (IT), 92-97.

Bertacchini, P. A., Di Bianco, E., Reitano, A., & Pantano, E. (2006). Knowledge Media Design and Museum Communication. *Proceedings of 3rd International Conference of Museology and the ICOM-AVICOM Annual Conference*, University of the Aegean, Mytilene.

Bertacchini, P. A., Feraco, A., Pantano, E., Reitano, A., and A. Tavernise (2008). "Cultural Heritage 2.0 - "Prosumers" and a new collaborative environment related to Cultural Heritage." *International Journal of Management Cases*, 10(3): 543-550.

Bertacchini, P. A., Reitano, A., Di Bianco, E., & Pantano, E. (2006). Knowledge Media Design and Museum Communication. *3rd International Conference of Museology and the ICOM-AVICOM - Annual Conference*, University of the Aegean, Mytilene, 42-43.

Bertacchini, P.A., Bilotta, E., Pantano, P.S. (1998). *Il museo nell'era digitale*, Editore Abramo.

Bilotta E., Pantano P.S., Tavernise A. (2010). Using an Edutainment Virtual

- Theatre for a Constructivist Learning. Atti del convegno "18th International Conference on Computers in Education (ICCE 2010) - "New paradigms in learning: Robotics, play, and digital arts"", Putrajaya, Malaysia, 2010.
- Bilotta, E., & Tavernise, A. (2011). Designing educational paths in virtual worlds for a successful hands-on learning: cultural scenarios in NetConnect project. In *Immersive Environments, Augmented Realities and Virtual Worlds: Assessing Future Trends in Education*, D'Augustino, S. (a cura di). Hershey, PA, USA: IGI Global. (in press)
- Bimber, O., & Chang, C. (2011). Computational Archaeology: Reviving the Past with Present-Day Tools. *Computer*, 44(7).
- Bitelli, G. G. (2007). The potential of 3D techniques for Cultural Heritage object documentation. *Proceedings of Videometrics IX - SPIE-IS&T Electronic Imaging*, 6491.
- Bitelli, G., Gatta, G., Alena Girelli, V., Vittuari, L., & Zanutta, A. (2011). Integrated Methodologies for the 3D Survey and the Structural Monitoring of Industrial Archaeology: The Case of the Casalecchio di Reno Sluice, Italy. *International Journal of Geophysics*, ID 874347.
- Bogdanovych, A., Papaleo, L., Ancona, M., Mascardi, V., Quercini, G., Simoff, S., et al. (2009). Integrating Agents and Virtual Institutions for Sharing Cultural Heritage on the Web. *Proceedings of the 2009 Workshop on Intelligent Cultural Heritage*.
- Bornhorst, T., Ritchie, J.R.B. and Sheehan, L. (2010). Determinants of tourism success for DMOs & destinations: an empirical examination of stakeholders' perspectives. *Tourism Management*, 31(5), 572-89.
- Brunetti, G. and Servidio, R. (2010), "Conceptual design scheme for virtual characters", in Lehmann-Grube, F. and Sablatnig, J. (Eds), *Facets of Virtual Environments*. First International Conference, FaVE 2009, Berlin, pp. 135-50.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M.-L., Mancuso, S., & Muzzupappa,

- M. (2009). From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, 11(1), 42-49.
- Buhalis, D. and Law, R. (2008). Progress in tourism management: twenty years on and 10 years after the internet: the state of eTourism research. *Tourism Management*, 29(4), 609-23.
- Buhalis, D. and Molinaroli, E. (2003). Entrepreneurial networks in the Italian eTourism, *Information Technology & Tourism*, 5(3), 175-84.
- Bullinger, H.J., Bauer, W., Wenzel, G., Blach, R. (2010). Towards user centred design (UCD) in architecture based on immersive virtual environments, *Computers in Industry*, 61(4), 372-379 .
- Callieri M., D. M. (2011). Modelli digitali 3D per il supporto al restauro: riassetto digitale e ricostruzione virtuale. In L. Arbace, & E. Sonnino (A cura di), *La madonna di Pietranico - Storia, restauro e ricostruzione di un'opera in terracotta*. Pescara: Edizioni ZIP .
- Callieri, M., Cignoni, P., Ganovelli, F., Impoco, G., Montani, C., Pingi, P., et al. (2004). Visualization and 3D data processing in David's restoration. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 24(2), 16-21.
- Calori, L., Forte, M., & Pescarin, S. (2005). Real-time interactive reconstruction of archaeological landscapes: an opensource approach - From GIS to virtual reality. *Proceedings ISPRS Workshop Italy-Canada 2005 "3D Digital Imaging and Modeling: Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land"*. Padova.
- Cameron, F. &. (2007). *Digital cultural heritage: a critical discourse*. MIT Press.
- Capaldi D., Ilardi E., Ragone G., (2008). *Comunicare la memoria. Le istituzioni culturali europee e la rete*. Liguori: Napoli.
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museum: experiencing immersive virtual reality in real museum. *Journal of Cultural Heritage*, 11, 452-458.
- Carrozzino, M., Scucces, A., Leonardi, R., Evangelista, C., & Bergamasco, M.

(2011). Virtually preserving the intangible heritage of artistic handicraft. *Journal of Cultural Heritage*, 12, 82-87.

Cavada, E., & Rapanà, M. (2010). Ruderii riletti: approccio e problemi di modellazione tridimensionale nel sito archeologico di Monte San Martino (Progetto Small-Trentino Sod-Occidentale). *Archeologia e Calcolatori*, 21, 145-165.

Charitos, D., Lepouras, G., & Vassilakis, C. (2001). Designing a virtual museum within a museum. *Proceedings of Conference on Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage*.

Chu, S.-C., Leung, L.C., Hui, Y.V. and Cheung, W. (2007). Evolution of e-commerce web sites: a conceptual framework and a longitudinal study, *Information & Management*, 44(2), 154-64.

Cignoni, P., & Scopigno, R. (2004). Making profitable use of the digital 3D model in the David's restoration. In S. Bracci, F. Falletti, M. Matteini, & R. Scopigno, *Exploring David - Diagnostic tests and state of conservation*. Firenze: Giunti Editore.

Cockrell, B.J. & Anderson, E.J. (2002). How Do I Find an Article? Insights from a Web Usability Study. *The Journal of Academic Librarianship*, 28(3), 122-132.

Coppola, P., Lomuscio, R., Mizzaro, S., and Nazzi, E. (2008). m-Dvara 2.0: Mobile & Web 2.0 Services Integration for Cultural Heritage. Proceedings of the SWKM' 2008: Workshop on Social Web and Knowledge Management.

Cultraro, M., Gabellone, F., & Scardozzi, G. (2009). The virtual musealization of archaeological sites: between documentation and communication. *Proceedings of the workshop on "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures"*. TRENTO.

Cutri, G., Naccarato, G., & Pantano, E. (2008). Mobile Cultural Heritage: the case study of Locri. *Lecture Notes on Computer Science*, 5093, 410-420.

De Felice, G., & Sibilano, M. G. (2010, maggio). Strategie di documentazione per

- la ricerca e la comunicazione archeologica. Il caso di Faragola (Foggia, Italia). *Virtual Archaeology Review*, 1(2), 83-87.
- De Jong, M.D.T. & Schellens, P.J. (1997). Reader-focused text evaluation. An overview of goals and methods. *Journal of Business and Technical Communication*, 11(4), 402–432.
- De Pascale, A. (2003). "Hammerstones from early copper mines": sintesi dei ritrovamenti nell'Europa e nel Mediterraneo orientale e prime considerazioni sui mazzuoli di Monte Loreto. *Rivista di Studi Liguri*, LXIX , 5-42.
- Dei Medici, E. (2003). Le grotte della provincia di Cosenza. Tipi di cavità e zone speleologiche (genesi e descrizione del fenomeno). (F. Larocca, A cura di) Roseto Capo Spulico, CS: Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici".
- Delice, E.K., Güngör, Z., (2009). The usability analysis with heuristic evaluation and analytic hierarchy process. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(6), 934-939.
- Dimuccio, L. A. (2005). Carsismo e speleogenesi. In F. Larocca (A cura di), *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)*. Roseto Capo Spulico, Cosenza: Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici".
- Dimuccio, L. A., Garavelli, A., Pinto, D., & Vurro, F. (2005). Le risorse minerarie. In F. Larocca (A cura di), *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)*. Roseto Capo Spulico, CS: Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici".
- Dögan, G., Van Assen, M. V., & Buskens, V. (2009). The stability of exchange networks. *Social Networks*, 31.
- Dumas, J.C. & Redish, J. C. (1993). *A Practical Guide to Usability Testing*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Co.
- Dwyer, L., Edwards, D., Mistilis, N., Roman, C. and Scott, N. (2009). Destination and enterprise management for a tourism future. *Tourism Management*, 30(1), 63-

74.

Effken, J. A., Boyle, J. S., & Isenberg, M. A. (2008). Creating a virtual research community: The university of Arizona PhD program. *Journal of Professional Nursing*, 24(4), 246–253.

Fang, X. & Holsapple, C.W (2007). An empirical study of website navigation structures' impact on website usability. *Decision Support Systems*, 43.

Febbraro, A., Naccarato, G., Pantano, E., Tavernise, A., & Vena, S. (2008). The fruition of digital cultural heritage in a web community: the plug-in "Hermes". *IADIS - Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS'08) - WBC 2008*. Amsterdam: Kommers, P.

Fernandez, A., Insfran, E. & Abrahão, S. (2011). Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 53, 789–817 .

Fontana, R., Greco, M., Materazzi, M., Pampaloni, E., Pezzati, L., Rocchini, C., et al. (2002). Three-dimensional modelling of statues: the Minerva of Arezzo. *Journal of Cultural Heritage*, 3(4), 325-331.

Forte, M. (A cura di). (2008). *La Villa di Livia: un percorso di Archeologia Virtuale*. "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER.

Forte, M., & Franzoni, M. (1998). Il museo virtuale: comunicazione e metafore. *Sistemi Intelligenti*, 2, 193-239.

Gabellone, F. (2011). The reconstructive study in archaeology: case histories in the communication issues. *Scientific Research and Information Technology*, 1(1).

Galasso, G. (2009). *L'archeologo, dalla formazione alla professione*. Edizioni Agenzia Magna Grecia.

Gärtner, M., Seidel, I. and Berger, H. (2008). Agent mediated trading in a 3D e-Tourism environment. In Proceedings of the International Conference on Electronic Commerce (ICEC 2008), August 19-22, ACM International Conference Proceeding Series, Innsbruck.

- Geniola, A., & Larocca, F. (2005). Le ricerche archeologiche: l'area dei cunicoli terminali. In F. Larocca (A cura di), *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)*. Roseto Capo Spulico, CS: Centro Regionale Speleologia "Enzo dei Medici".
- Glaserfeld, E. Von (1989). Cognition, construction of knowledge and teaching. *Synthese* 80(1), 121-140.
- Guidazzoli, A. (2002). L'esperienza del CINECA nel campo della Virtual Archaeology . *Ut Natura Ars - Virtual Reality e archeologia*. Imola: Bologna University Press.
- Gutiérrez, A., Mario, A., Vexo, F. and Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality*, Springer, London.
- Hanten, G., Cook, L., Orsten, K., Chapman, S. B., Li, X., Wilde, E. A., et al. (2011). Effects of traumatic brain injury on a virtual reality social problem solving task and relations to cortical thickness in adolescence. *Neuropsychologia*, 49, 486–497.
- Harel, I., & Papert S., (1991). *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Hummel, J., & Lechner, U. (2002). Social Profiles of Virtual Communities. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.
- International Organization for Standardization, ISO/IEC 12207: Standard for Information Technology – Software Lifecycle Processes, 1998
- Iqbal, A., Kankaanranta, M., & Neittaanmaki, P. (2010). Engaging learners through virtual worlds. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 3198-3205.
- Jacobson, J., & Holden, L. (2005). The Virtual Egyptian Temple. *World Conference on Educational Media, Hypermedia & Telecommunications (ED-MEDIA)*. Montreal.
- Jaspers, M.W.M. (2009). A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: Methodological aspects and empirical evidence.

- International Journal of Medical Informatics*, 78, 340–353.
- Jonassen D. H., 1996. *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical thinking*. Englewood Cliffs, HJ: Merrill.
- Jones, J., & Christal, M. (2002). *The Future of Virtual Museums: On-Line, Immersive, 3D Environments*. Created Realities Group.
- Kahraman, Z.E.H., (2010). Using user-centered design approach in course design. *Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2071-2076.
- Kelly, D., Harper, D.J., & Landau, B. (2008). Questionnaire mode effects in interactive information retrieval experiments. *Information Processing Management*, 44.
- Kim, J., Song, J., & Jones, D. (2011). The cognitive selection framework for knowledge acquisition strategies in virtual communities. *International Journal of Information Management*, 31, 111–120.
- Kloos, B. (2005). Community Science: Creating an Alternative Place to Stand? *American Journal of Community Psychology*, 35(3-4), 259-267.
- Knipfer K., M. E. (2009). Computer Support for Knowledge Communication in Science Exhibitions: Novel Perspectives from Research on Collaborative Learning. *Educational Reserach Review*, 4(3), 196-209.
- Kunkel, K., Bannert, M., Fach, W. (1995). *The influence of design decisions on the usability of direct manipulation user interface*. Behaviour and Information Technology, vol 14, no 2, 93-106.
- Lapointe, J.F., Savard, P., Vinson, N.G., (2011). A comparative study of four input devices for desktop virtual walkthroughs. *Computers in Human Behavior*, 27(6), 2186-2191.
- Larocca, F. (in press). Grooved stone tools from Grotta della Monaca and its mining district (Calabria). First International Meeting on Prehispanic Mining in the Americas (Taltal – San pedro de Atacama, Chile, November – December 2010).

- Larocca, F. (2005). Storia delle esplorazioni e delle ricerche. In F. Larocca (A cura di), *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)*. Roseto Capo Spulico, CS: Centro Regionale di Speleologia "Enzo dei Medici".
- Larocca, F. (2008). Grotta della Monaca. Una miniera pre-protostorica di rame e ferro in Calabria. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, XXI.
- Lee, F., D., V., & Limayem, M. (2002). Virtual community informatics: what we know and what we need to know? In I. C. Press (A cura di), *35th Hawaii Int Conf on Sys Sci*. Los Alamitos: Sprague, R. H.
- Levoy, M., Pulli, K., Curless, B., Rusinkiewicz, S., Koller, D., Pereira, L., Ginzton, M., Anderson, S., Davis, J., Ginberg, J., Shade, J., Fulk, D. (2000). The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues. *SIGGRAPH 2000*, (p. 131-144).
- Li, R., Luo, T., & Zha, H. (2010). 3D Digitization and Its Applications in Cultural Heritage. *3rd EuroMediterranean Conference on Digital Heritage (EuroMed 10)*. Springer.
- Lin, F., Lin, S., & Huang, T. (2008). Knowledge sharing and creation in a teachers' professional virtual community. *Computer & Education*, 50, 742–756.
- Lin, H. (2008). Determinants of successful virtual communities: Contributions from system characteristics and social factors. *Information & Management*, 45, 522–527.
- Liu, Y. X. (2006). Semantic modeling for ancient architecture of digital heritage. *Computer & Graphics*, 30(5), 800-814.
- Liu, Y., Osvalder, A.L., Dahlman, S., (2005). Exploring user background settings in cognitive walkthrough evaluation of medical prototype interfaces: a case study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(4), 379-390.
- Lu, C.-C., Kang, S.-C., Hsieh, S.-H., Shiu, R-S. (2009). Improvement of a computer-based surveyor-training tool using a user-centered approach. *Advanced*

Engineering Informatics, 23(1), 81-92.

Lu, Y., Zhao, L., & Wang, B. (2010). From virtual community members to C2C e-commerce buyers: Trust in virtual communities and its effect on consumers' purchase intention. *Electronic Commerce Research and Applications*, 9, 346–360.

Lund A.M. (2001). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *Usability Interface*, 8(2).

Mahdjoub, M., Monticolo, D., Gomes, S., Sagot, J.C. (2010). A collaborative Design for Usability approach supported by Virtual Reality and a Multi-Agent System embedded in a PLM environment. *Computer-Aided Design*, 42, 402-413.

Marrani, A., 1995. *Concetti e metodi per la ricerca sociale*. Firenze: La Giuntina.

Maslow, A. (1982). *Motivazione e personalità*. Roma: Armando.

Memmi, D. (2006). The nature of virtual communities. *AI & Society*, 20(3), 288–300.

Miller, G. H. (1992). The virtual museum: Interactive 3D navigation of a multimedia database. *The Journal of Visualization and Computer Animation*, 3(3), 183–197.

Minucciani, V. (2009). Musei e tecnologie virtuali. *Tafter Journal* (18).

Molledo, L., Picco, R., & Salonia, P. (2000). La presenza delle tecnologie dell'informazione nella ricerca sui Beni Culturali: risultati di una indagine. *Archeologia e Calcolatori*, 11, 301-310.

Monti, M., & Maino, G. (2011). Image Processing and a Virtual Restoration Hypothesis for Mosaics and Their Cartoons. *Lecture Notes in Computer Science*, 6979/2011, 486-495.

Morris, G., & Dillon, A., The importance of usability in the establishment of organizational software standards for end user computing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 243-258.

Moussa, W., & Fritsch, D. (2010). A Simple Approach to Link 3D Photorealistic Models with Content of Bibliographic Repositories. In Ioannides, M. (A cura di):

EuroMed 2010, LNCS 6436, 482-491.

Nielsen, J & Landauer, T.K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factor in Computing Systems.

Nielsen, J. (1993). *Usabilità Engineering*. Boston: Academic Press.

Nielsen, J. (1994). *Usability Inspection Methods*, in Nielsen, J. & Mack, R. (eds.), John Wiley & Sons, Inc., New York.

Niknami, K. A., & Mirashe, Z. (2007). 3D Tools for Scientific Visualization and Documentation of Archaeological Heritage - Case Study: A Sassanid Shrine of Daregaz, Northeastern Iran. *XXI International CIPA Symposium*. Athens.

Novak, J. D., & Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge and NY: Cambridge University Press.

Olimpo, G. (1993). Nascita e sviluppi delle tecnologie didattiche. *Tecnologie Didattiche*, 1, 23-34.

Owston, R., Wideman, H., Ronda, N., Brown, C., (2009). Computer game development as a literacy activity. *Computers & Education*, 53(3), 977-989.

Pantano E., Tavernise A. (2009). *Learning Culture and Language through ICTs: Methods for Enhanced Instruction*. Chang M., Kuo C. (a cura di), Cap. VII, "Learning Cultural Heritage through Information and Communication Technologies: a case study", Hershey, PA, USA: IGI Global.. pp. 103-119.

Pantano, E., & Servidio, R. (2010). An exploratory study of the role of pervasive environments for promotion of tourism destinations. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 2(1), 50-65.

Pantano, E., & Tavernise, A. (2011). Human Development and Global Advancements through Information Communication Technologies: New Initiatives. In Chabra, S., & Rahman, H., (a cura di), *Enhancing the education aexperience of Calabrian Cultural Heritage: a technology-based approach*. Hershey, PA, USA: IGI Global, 225-238.

- Papert, S., (1993). *The Children Machine*. New York: Basic Books.
- Papert, S., 1986. *Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education*. A MIT proposal to the National Science Foundation.
- Patias, P., Chrysanthou, S., Sylaiou, H., Georgiadis, S., & Stylianidis, S. (2008). The development of an e-museum for contemporary arts. *VSMM Conferences on Virtual Systems and Multimedia dedicated to Cultural Heritage*.
- Pescarin, S. (2007). Reconstructing archaeological landscape. Interpretation and integration in spatial and real-time open system. In *Space - Archaeology's Final Frontier? An Intercontinental approach*, Keeler, D., & Salisbury, R. (a cura di). Cambridge Scholars Publishing.
- Piaget J., 1971. *L'epistemologia genetica*, trad. it. Roma-Bari, Laterza.
- Piaget, S. (1975). *La nostra campagna speleologica in Calabria*. Spéléologues du Triangle Rouge.
- Pietroni, E. (2009). Un ambiente di realtà virtuale per l'interpretazione archeologica attraverso sistemi multi-utente on-line. *Archeologia e Calcolatori*, 2, 77-82.
- Pietroni, E. (2011). Ricostruzioni del Patrimonio culturale: il museo virtuale della via Flaminia Antica. In L. Rami Ceci (A cura di), *Luoghi e oggetti della memoria. Valorizzare il Patrimonio culturale. Studio di casi in Italia e Giordania*. Roma: Armando Editore.
- Pietroni, E., Forte, M., Pescarin, S., & Rufa, C. (2006). The virtual Reconstruction of Archaeological Landscape: from the Fieldwork to the communication through real time applications. The Digital Narrative Museum of the Appia Antica Park. *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2005*.
- Pirongelli, E. G. (1879b). La Monaca e Thesauro. Caverne esplorate il 27 ottobre 1878. *Il Calabrese* (20), 153-154.
- Pirongelli, E. G. (1880a). La Monaca e Thesauro. Caverne esplorate il 27 ottobre 1878. *Il Calabrese* (12), 91-92.

- Pirongelli, E. G. (1880b). La Monaca e Thesauro. Caverne esplorate il 27 ottobre 1878. *Il Calabrese* (15).
- Polson, P.G. & Lewis, C.H. (1990). Theory-based design for easily learned interfaces. *Human-Computer Interaction*, 5, 191-220.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., & Carey, T. (1994). *Human-Computer Interaction*. Wokingham, England: Addison-Wesley Publishing Company.
- Prete, C. (2005). *Aperto al pubblico: comunicazione e servizi educativi nei musei*. Firenze: Edifir - Edizioni Firenze.
- Reilly, P. (1991). Towards a Virtual Archaeology. In Lockyear, K, Rahtz, S. (A cura di) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, 133-139. Oxford: BAR International Series 565.
- Remondino, F. (2011). Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. *Remote Sensing*, 3, 1104-1138.
- Rojas-Solaa, J. I., Castro-Garcíaa, M., & Carranza-Cañadas, M. (2011). Content management system incorporated in a virtual museum hosting. *Journal of Cultural Heritage*, 12(1), 74-81.
- Romm, C., Pliskin, N., & Clarke, R. (1997). Virtual Communities and Society: Toward an Integrative Three Phase Model. *International Journal of Information Management*, 17(4), 261-270.
- Rosenfeld, L.B., & Morville, P. (1998). *Information Architecture for the World Wide Web*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Roussou, M. (2002). Virtual Heritage: from the research lab to the broad public. *VAST Euroconference*. Oxford: Franco Nicolucci.
- Rua, H., & Alvito, P. (2011). Living the past: 3D Models, Virtual Reality and Game Engines as tools for supporting Archaeology and the Reconstruction of Cultural Heritage - The Case-study of the Roman villa of Casal de Freiria. *Journal of Archaeological Science*, 38(12), 3296-3308.

- Rubin, J. (1994). *The Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests* New York: John Wiley.
- Ryan, N. (2001). Documenting and Validating Virtual Archaeology, *Archeologia e Calcolatori*, 12, 245-273.
- Schweibenz, W. (1998). The virtual museum: new perspectives for museums to present object and information using the Internet as a knowledge base and communication system. Proceedings of ISI'98, Internationalen Symposium fur Informaztionswissenschaft, Prague.
- Schweibenz, W. (2004). The Development of Virtual Museums. *ICOM news*, 3.
- Scopigno, R., Callieri, M., Cignoni, P., Corsini, M., Dellepiane, M., Ponchio, F., et al. (2011). 3D Models for Cultural Heritage: Beyond Plain Visualization. *IEEE Computer Society*, 44(7), 48-55.
- Sentinelli, M. (2003). *L'usabilità dei nuovi media*. Roma: Carrocci.
- Shneiderman, B. (1992). *Designing the Users Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. London: Addison- Wesley Longman.
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface; Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Skinner B.F., 1954. *The science of learning and the art of teaching*. Harvard Educational Review, 24(2), 86-97.
- Sundstedt, V., Chalmers, A., & Martinez, P., (2004). High fidelity reconstruction of the ancient Egyptian temple of Kalabsha. In Proceedings of the 3rd International Conference On Computer Graphics, Virtual Reality, visualisation and interaction in Africa. New York: ACM Press, 107-113.
- Sylaiou, S., Liarokapis, F., Kostakis, K., & Patias, P. (2009). Virtual Museum, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, 10, 520-528.
- Sylaiou, S., Mania, K., Karoulis, A., & White, M. (2010). Exploring the

relationship between presence and enjoyment in a virtual museum. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(5), 243-253.

Tavernise A., Gabriele L., Bertacchini P.A. (2005). Simulazioni di agenti in un teatro greco. Atti del convegno "2° Workshop Italiano di Vita Artificiale", Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, CNR, Roma, 2-5 marzo, 2005, A cura di Baldassarre G., Marocco D., Mirolli M., CNR: Roma.

Teodor, A., Teodor, E. S., Florea, M. S., & Popescu, M. A. (2011). Noviodunum Roman Fortress. A Survey on a City Wall Section. In F. Remondino, & S. El-Hakim (A cura di), *3D-ARCH- 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures- International Workshop*.

Thinking. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Tickle, M., Adebajo, D., & Michaelides, Z. (2011). Developmental approaches to B2B virtual communities. *Technovation*, 31, 296–308.

Toivonen, R., Kovanen, L., Kivelaa, M., Onnela, J., Saramaki, J., & Kaski, K. (2009). A comparative study of social network models: Network evolution models and nodal attribute models. *Social Networks*, 31(4), 240–254.

Tomai, M., Rosa, V., Mebane, M. E., D'Acunti, A., Benedetti, M., & Francescato, D. (2010). Virtual communities in schools as tools to promote social capital with high schools students. *Computer & Education*, 54, 265–274.

UNESCO (15 ottobre 2003). Charter on the Preservation of Digital Heritage. Tratto il giorno agosto 30, 2011 da: http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

UNESCO (16 novembre 1972). Convention concernine the protection of the world cultural and natural heritage. Tratto il giorno 28 agosto 2011 da: <http://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf>

UNESCO (17 ottobre 2003). Convenzione per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale. Tratto il giorno 29 agosto 2011 da: http://www.unesco.it/_filesDOCUMENTAZIONI/salvaguardia_patrimonio_imma

teriale.pdf

UNWTO (2001). *eBusiness for Tourism: Practical Guidelines for Destinations and Businesses*, World Tourism Organization, Madrid.

Van Velsen, L., Van Der Geest, T., Klassen, R. & Steehouder, M. (2008). User-centered evaluation of adaptive and adaptable systems: a literature review. *The Knowledge Engineering Review*, 23(3), 261–281.

Wachter, R., Gupta, J., & Quaddus, M. (2000). IT takes a village: virtual communities in support of education. *International Journal of Information Management*, 20, 473-489.

Wu, J., Chen, Y., & Chung, Y. (2010). Trust factors influencing virtual community members: A study of transaction communities. *Journal of Business Research*, 63, 1025–1032.

Ye, Q., Law, R., Gu, B. and Chen, W. (2011). The influence of user-generated content on traveler behavior: an empirical investigation on the effects of the e-word-of-mouth to hotel online bookings. *Computers in Human Behavior*, 27(2), 634-9.

Yeoman, I., Brass, D. and McMahon-Beattie, U. (2009). Current issue in tourism: the authentic tourist. *Tourism Management*, 28(4), 1128-38.

Yusoff, N.M., Salim, S.S. (2012). Investigating cognitive task difficulties and expert skills in e-Learning storyboards using a cognitive task analysis technique. *Computers & Education*, 58(1), 652-665.

Zhang, X., Song, H. and Huang, G.Q. (2009). Tourism supply chain management: a new research agenda. *Tourism Management*, 30(3), 345-58.

Bibliografia di rete

<http://portal.unesco.org>

www.ricercaitaliana.it

www.useit.com/alertbox/20000319.html

Appendice

Compito 1

Apri il browser, digita l'indirizzo <http://museomg.unical.it/gmonaca/> nella barra degli URL e naviga il sito.

Compito 2

Accedi al menu “EVIDENZE ARCHEOLOGICHE”, trova e leggi le informazioni relative agli “ANTICHI STRUMENTI DI MINIERA”.

Compito 3

Accedi al menu “EVIDENZE ARCHEOLOGICHE” e visualizza la pagina relativa ai “REPERTI CERAMICI”.

Compito 4

Visita il museo virtuale. Naviga l'ambiente e osserva gli strumenti.

Compito 5

Visita la Grotta.

Compito 6

Durante la visita alla grotta, scegli di visualizzare i “RESTI SEPOLCRALI”.

Compito 7

Durante la visita alla grotta, interagisci con la mappa tematica “SEZIONI”.

Compito 8

Visitando la grotta, scegli la visualizzazione dei reperti litici, osserva la disposizione e accedi alla descrizione dello strumento ritrovato nella Sala dei Pipistrelli.

Compito 9

Cerca nella grotta, tra i vari punti d'interesse, notizie relative alla “Monaca”.

Compito 10

Effettua il “Login” al sito utilizzando come credenziali d'accesso: USERNAME:

questionario e PASSWORD: test_questionario. Accedi poi al menu “CONTRIBUTI” e compila il form, lasciando il tuo contributo (anche se fittizio).