

# Reagire all'emergenza: progettualità e risultati delle attività del Sistema Museale d'Ateneo dell'Università di Camerino a un anno dall'inizio della crisi sismica

**Graziella Roselli**

Scuola di Scienze e Tecnologie, Università di Camerino, Via Emidio Pacifici Mazzoni, 2. I-63100 Ascoli Piceno.  
 E-mail: graziella.roselli@unicam.it

**Alessandro Blasetti**

**Giuseppe Crocetti**

**Maria Chiara Invernizzi**

**Maria Luisa Magnoni**

Museo delle Scienze dell'Università di Camerino, Sistema Museale, Via Gioco del Pallone, 5. I-62032 Camerino (MC).  
 E-mail: musnat@unicam.it; alessandro.blasetti@unicam.it; giuseppe.crocetti@unicam.it; chiara.invernizzi@unicam.it; marialuisa.magnoni@unicam.it

**Marco Minicucci**

Scuola di Scienze e Tecnologie, Divisione di Fisica. Università di Camerino, Via Madonna delle Carceri, 9. I-62032 Camerino (MC).  
 E-mail: marco.minicucci@unicam.it

**Giuseppe Di Girolami**

**Paolo Cinaglia**

A. R. T. & Co. Srl, Spin-off Università di Camerino, Via Emidio Pacifici Mazzoni, 2. I-63100 Ascoli Piceno.  
 E-mail: giuseppe.digirolami@unicam.it; paolo.cinaglia@unicam.it

## RIASSUNTO

Il Sistema Museale d'Ateneo dell'Università di Camerino è stato pesantemente investito dalla recente crisi sismica che ha colpito l'Italia centrale. Mentre l'Orto Botanico è stato riaperto nel giro di alcuni mesi, per il Museo delle Scienze l'inagibilità durerà probabilmente a lungo, costringendo la struttura a riconsiderare le proprie attività e le proprie modalità espositive: esposizioni temporanee, attività educative e didattiche sono state infatti trasferite all'esterno, in attesa di soluzioni alternative. Alcuni oggetti delle collezioni del Museo delle Scienze, non danneggiati dal terremoto, sono stati studiati in una ricerca potenzialmente utile anche ad altri musei che si trovano in zone sismiche. La procedura di valutazione adottata ha lo scopo di fornire rapidamente e facilmente le informazioni per valutare la vulnerabilità dell'oggetto d'arte, permettendo così di intervenire successivamente per la sua tutela. Si tratta di un metodo speditivo che si prefigge di offrire uno screening su larga scala, di veloce realizzazione e di semplice applicazione per i conservatori museali.

Parole chiave:

ripristino attività museali, inagibilità musei, valutazione vulnerabilità esposizioni, metodo speditivo.

## ABSTRACT

*Reacting to the emergency: planning processes and results of the activities organised by the Museum University System of Camerino University, one year after the seismic crisis*

*The Science Museum of Camerino University has been heavily invested by the recent seismic crisis of central Italy. While the Botanical Garden has been reopened in a few months, the Sciences Museum is still closed to the public, forcing us to reconsider its activity and its museum set up: temporary exhibitions and educational activities have been transferred outside, waiting for alternative solutions. Science Museum collections, undamaged by the earthquake, were subject to useful research for other museums in seismic areas. The evaluation procedure adopted aims to provide information quickly and easily to assess the vulnerability of the art object and to intervene for its protection. It is a quick method that aims to offer a large-scale screening, quick implementation and simple application for museum conservatories.*

Key words:

*reactivation of museum activities, museums inability, assessment of vulnerability exposures, quick and easy method.*

## INTRODUZIONE

Il Sistema Museale dell'Università di Camerino ha fronteggiato nel 2017 la grave emergenza legata alla crisi sismica dell'agosto-ottobre 2016. Mentre l'Orto Botanico "Carmela Cortini" ha potuto riaprire al pubblico pochi mesi dopo le scosse, il Museo delle Scienze si è trovato nell'impossibilità di occupare la propria sede espositiva, il trecentesco convento di San Domenico, gravemente ferito dal terremoto.

Il baricentro dell'azione del Museo si è perciò spostato all'esterno sin dai primi momenti, con attività educative legate ai fenomeni sismici negli istituti scolastici di Arquata del Tronto e altri centri marchigiani, su diretta richiesta delle scuole, oltre alla realizzazione di appuntamenti espositivi temporanei nelle maggiori città della regione.

Nei locali che attualmente ospitano il personale del Museo sono stati realizzati alcuni momenti espositivi, ma si è preferito realizzare appuntamenti per scuole e pubblico generico anche al di fuori, in locali pubblici polivalenti attualmente a disposizione della cittadinanza. Mentre la progettualità ci spinge a ricercare soluzioni che ci facilitino nella realizzazione di attività esterne, cerchiamo anche di rispondere a una forte domanda della città e del territorio circostante: organizzare cioè una struttura temporanea, uno spazio sociale e culturale che consenta attività di vario genere, cui abbiano accesso tutti gli attori dei processi culturali del territorio, dalle strutture museali cittadine alle associazioni di volontariato, fino alle imprese e al mondo dell'artigianato, per una piena valorizzazione anche delle risorse produttive. Oggi le collezioni del Museo delle Scienze, non danneg-

giate dal terremoto, sono ancora ospitate nella sede non agibile e vengono da noi costantemente monitorate. Ci poniamo però, con la prospettiva, speriamo non lontana, di una riapertura, il problema di utilizzare soluzioni espositive in grado di prevenire qualsiasi danno possa essere arrecato ai reperti in caso di nuove crisi sismiche. È nata così la necessità di realizzare una ricerca potenzialmente utile ad altri musei che sorgono in zone sismiche. Sono infatti spesso sottovalutati i concetti di protezione e salvaguardia sismica negli allestimenti museali e ciò non è assolutamente accettabile considerato l'alto livello di sismicità del territorio italiano. Soltanto negli ultimi anni ha preso piede tra gli esperti una campagna di sensibilizzazione motivata malauguratamente dai recenti e deleteri terremoti che hanno colpito la penisola. Il grado di vulnerabilità sismica, associato al calcolo matematico dell'indice di rischio previsto dalla più recente normativa italiana, può essere studiato per ogni categoria di bene conservato in un museo e ha come fine la tutela e la prevenzione delle opere.

## VULNERABILITÀ DEI BENI CULTURALI

Nell'ottica dei beni culturali esposti, una valutazione di vulnerabilità può essere eseguita con due distinti livelli di approfondimento: una valutazione precisa che fornisce un indice di rischio reale ( $I_r$ ), effettuando accuratamente un rilievo dimensionale e di massa dell'opera e con una valutazione sperimentale della resistenza degli ancoraggi ai supporti, e una valutazione speditiva che fornisce invece un indice di rischio speditivo ( $I_s$ ), effettuando speditivamente un rilievo dimensionale e di

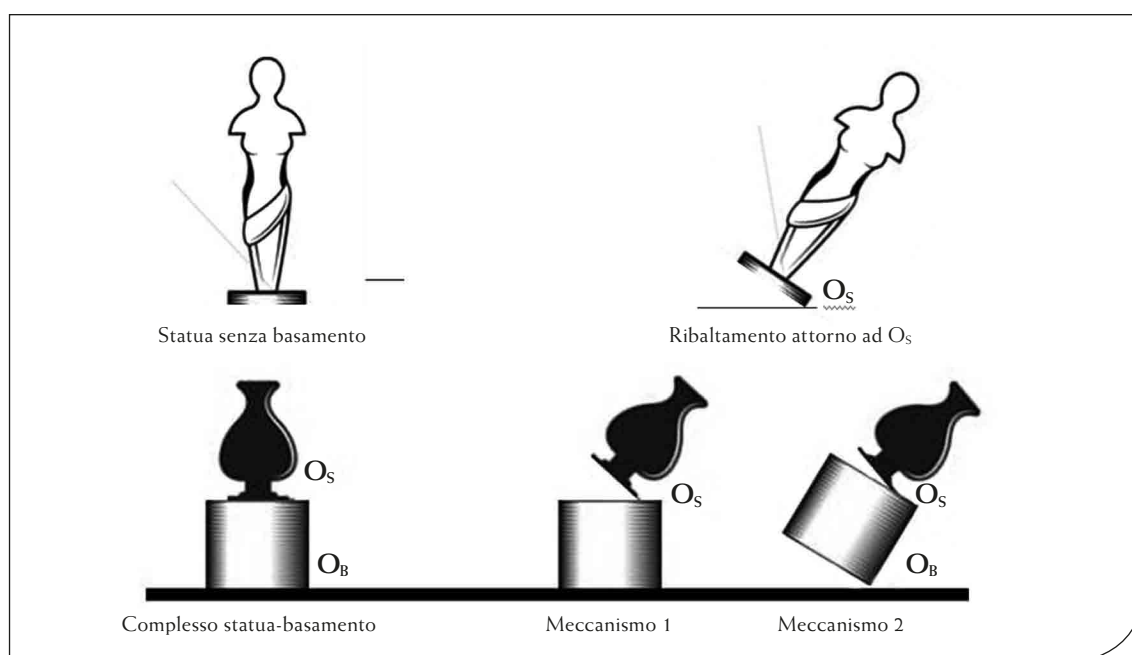


Fig. 1. Meccanismo di ribaltamento di una statua senza basamento (in alto) e meccanismi di ribaltamento per il sistema "statua più basamento" (in basso) ( $O_S$  = cerniera di rotazione della statua;  $O_B$  = cerniera di rotazione del sistema statua-basamento).

massa. Questa seconda procedura di valutazione ha lo scopo di fornire le informazioni per valutare la vulnerabilità del reperto, permettendo poi di intervenire per la sua tutela. Il termine speditivo spiega esattamente l'essenza di questa analisi, infatti essa si prefigge di offrire uno screening, su larga scala, di veloce realizzazione e di semplice applicazione. Ai fini del calcolo degli indici di rischio sismico, è necessario avere i seguenti dati: valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo; valore dello spettro di risposta elastico in accelerazione; misure dell'altezza del baricentro dell'oggetto rispetto all'asse orizzontale di rotazione e della minima distanza orizzontale fra il baricentro dell'oggetto e l'asse orizzontale di rotazione dell'opera in questione. Alcuni di questi dati sono reperibili in letteratura, altri calcolabili con formule, altri misurabili direttamente sulle opere. Se si decidesse di procedere con il calcolo scientifico del baricentro, sarebbe necessario possedere un modello geometrico 3D dell'oggetto in formato .stl e utilizzare un software (Photoscan Pro) in grado di restituire il rilievo fotogrammetrico. Il metodo speditivo permette invece di acquisire i valori degli indici di rischio  $I_s$  anche senza l'ausilio della modellazione 3D, e, dal confronto dei due metodi utilizzati (sperimentale speditivo e fotogrammetrico), si è dimostrato in questa ricerca che l'indice sperimentale speditivo ha la stessa efficacia del metodo calcolato teoricamente mediante software.

La procedura di valutazione proposta ha dunque lo scopo di fornire rapidamente e facilmente le informazioni per valutare la vulnerabilità dell'oggetto, permettendo poi di intervenire per la sua tutela. Un allestimento museale, quindi, per essere considerato ottimale, oltre a garantire un'efficace esposizione, deve al tempo stesso porre in condizioni di sicurezza le opere esposte. Per questo motivo prima di procedere alla pianificazione di un allestimento museale sarebbe sempre opportuno catalogare gli oggetti in base al supporto di cui l'opera è dotata e in base alla loro modalità di risposta al sisma, poiché anche oggetti di forma e natura diversa possono manifestare lo stesso comportamento sismico.

Il termine speditivo spiega esattamente l'essenza dell'analisi svolta per una migliore resilienza in caso di sisma. Infatti si prefigge di offrire uno screening su larga scala, di veloce realizzazione e di semplice applicazione anche per personale non specializzato, dove per ogni valore numerico assunto dall'indice  $I_s$  corrisponde una tipologia di vulnerabilità. Tale valore aiuterà una progettazione degli allestimenti museali più consapevoli dei rischi e quindi tesi a trovare la soluzione più sicura possibile. Per introdurre il concetto di risposta sismica abbiamo preso come modello una statua, assumendo che si comporti come un corpo rigido a resistenza infinita, soggetta soltanto a ribaltamento per azione sismica. Si possono ipotizzare quindi due possibili situazioni.

Situazione A, in cui la statua non possiede un basamento e poggia direttamente sul terreno/pavimento: essa è soggetta al solo meccanismo di ribaltamento, attorno a una cerniera  $O_s$  posta al suo piede.

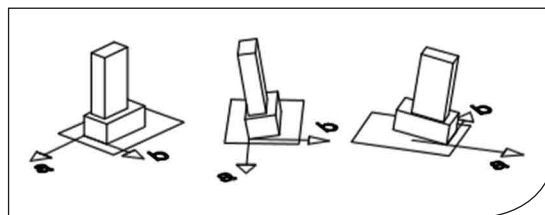


Fig. 2. Direzioni di ribaltamento per il sistema "statua più basamento".

Situazione B, in cui la statua possiede un basamento, che poggia direttamente sul terreno/pavimento: Essa, in questo caso, può essere soggetta a due meccanismi di ribaltamento:

- meccanismo 1, in cui la statua si ribalta attorno a una cerniera  $O_s$  posta al suo piede;
- meccanismo 2, in cui il complesso statua-basamento si ribalta attorno a una cerniera  $O_b$  posta al piede del basamento (fig. 1).

Nella figura 2 sono mostrate le possibili direzioni di ribaltamento di un sistema statua-basamento.

### Calcolo matematico dell'indice di rischio speditivo $I_s$

Per il calcolo dell'indice speditivo  $I_s$ , occorre in primo luogo disporre di tutti i dati necessari indicati (fig. 3). Si è tenuto conto, per il calcolo della vulnerabilità sismica di alcune opere conservate nei siti museali della

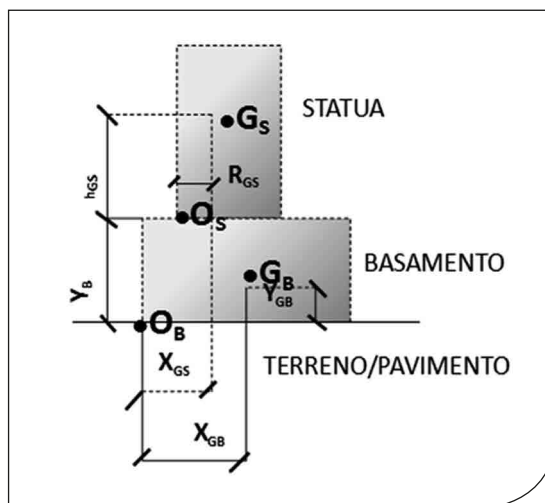


Fig. 3. Schema di riferimento per la

determinazione del moltiplicatore di ribaltamento delle statue ( $G_s$  = baricentro della statua;  $G_b$  = baricentro del basamento;  $O_s$  = cerniera di rotazione della statua;  $O_b$  = cerniera di rotazione del sistema composto statua-basamento;  $Y_b$  = altezza del basamento;  $Y_{GB}$  = altezza rispetto a  $O_b$  del baricentro del basamento  $G_b$ ;  $h_{GS}$  = altezza rispetto a  $O_s$  del baricentro della statua  $G_s$ ;  $X_{GB}$  = minima distanza orizzontale fra il baricentro del basamento  $G_b$  e l'asse orizzontale di rotazione  $O_b$ ;  $X_{GS}$  = minima distanza orizzontale fra il baricentro della statua  $G_s$  e l'asse orizzontale di rotazione  $O_b$ ;  $R_{GS}$  = minima distanza orizzontale fra il baricentro della statua  $G_s$  e l'asse orizzontale di rotazione  $O_s$ ).

città di Camerino, delle procedure matematiche proposte da Borri e De Maria (Borri & De Maria, 2015) come riferimento per il calcolo del valore numerico dell'indice di rischio speditivo  $I_s$ .

Il metodo è stato applicato su cinque reperti selezionati conservati nell'ex convento di San Domenico: tre reperti fossili, esposti nel seminterrato nel Museo delle Scienze, e due sculture di bronzo della collezione "Bruno Bartoccini", esposte al primo piano nella galleria della Pinacoteca Civica.

Alcuni dati utili ai fini del calcolo sono stati reperiti in letteratura, altri calcolati con formule, altri misurati direttamente sulle opere. Particolare attenzione è stata richiesta per le misurazioni dei due valori  $h_{cs}$  e  $R_{cs}$ , poiché, per rilevarli, è indispensabile individuare la posizione del baricentro dell'opera.

Per restare coerenti con il concetto di metodologia speditiva applicabile anche da personale non specializzato, i baricentri sono stati individuati sollevando l'opera e trovando il suo punto di equilibrio.

Questa metodologia, che potrebbe essere considerata scientificamente "poco credibile", è stata verificata individuando il baricentro mediante un software specifico. Si è proceduto così al calcolo degli indici  $I_s$  e della rispettiva massima accelerazione al suolo (PGA) per ognuna delle cinque opere.

I risultati sono indicati in ordine crescente con i valori numerici degli indici e la rispettiva vulnerabilità associata a ogni opera.

Ai fini del calcolo matematico degli indici di rischio sismico, è stato, dunque, necessario recuperare solo i seguenti dati, disponibili per altro in letteratura:

- valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo  $a_{gT}$
- valore dello spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_c(T_1)$ .

È stato invece necessario in primo luogo individuare il baricentro in ogni reperto analizzato prima di procedere alla determinazione delle distanze in altezza e larghezza da esso.

Con la volontà di restare coerenti a una valutazione speditiva immediata, si è scelto di determinare il baricentro con il metodo più semplice possibile, ovvero sospendendo in aria l'opera per mezzo di un filo, fino al raggiungimento dell'equilibrio. Le strumentazioni utilizzate sono state un filo di kevlar e una sbarra metallica di lunghezza pari a 51,4 cm e diametro di 2 cm. Resi ben saldi il filo alla sbarra e il filo all'oggetto, si è proceduto con una serie di prove, spostando il filo in diversi punti dell'opera, fino al raggiungimento dell'equilibrio in sospensione. Si mostra nella figura 4 l'applicazione del metodo a una delle cinque opere analizzate.

In condizione di equilibrio, il filo mostra la retta su cui cade il centro di massa da cui, con un metro, sono state prese le misure orizzontale e verticale dalla rispettiva cerniera di ribaltamento. Nella tabella 1 sono riportate le misure individuate per ognuna delle cinque opere.

Per dimostrazione che questo metodo di misura, nono-

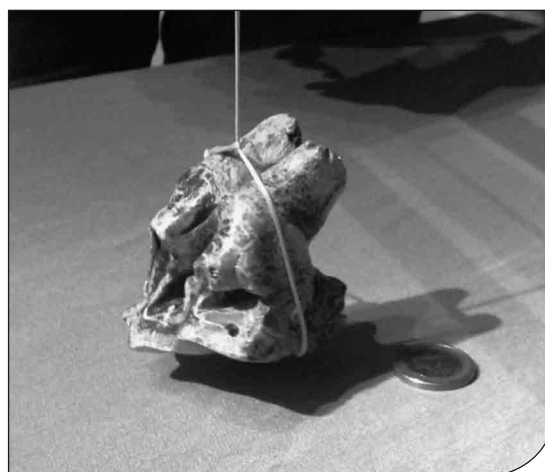


Fig. 4. Individuazione del baricentro ottenuta sospendendo il reperto.

stante sia speditivo e immediato, sia comunque fisicamente corretto, è stata fatta una verifica confrontando il baricentro trovato sperimentalmente con quello individuato con l'ausilio di un software specifico.

È stata utilizzata una statua in legno con densità uniforme, dalle dimensioni di cm 19,5 x 49,5 x 15,5, che rappresenta una scena di lotta fra due uomini, come campione di riferimento (fig. 5).

Per procedere con il calcolo scientifico del baricentro, è stato necessario possedere un modello geometrico 3D della statua in formato .stl. Per ottenerlo è stato utilizzato il software Photoscan Pro, il quale, elaborando le foto del corpo e della base della statua scattate a 360°, prima frontalmente poi dall'alto, non tralasciando nessuna angolazione e nessun dettaglio, ha restituito il rilievo fotogrammetrico dal quale è stato poi ricavato il centro di massa dell'oggetto (fig. 6).

In conclusione si può affermare, confrontando le posizioni dei baricentri ottenuti in entrambi i metodi utilizzati (sperimentale semplificato e fotogrammetrico), che il centro di massa cade sulla stessa retta e quindi si è dimostrata l'efficacia del metodo speditivo.

Sono stati quindi calcolati gli indici speditivi di rischio di ribaltamento in funzione dell'accelerazione al suolo per gli altri oggetti di vario tipo (statue e reperti paleontologici) presenti nei musei di Camerino e sono stati successivamente confrontati.

Opera	$h_{cs}$	$R_{cs}$
Opera 1	22,7 cm	5 cm
Opera 2	8 cm	4 cm
Opera 3	3,5 cm	1,7 cm
Opera 4	17 cm	7,5 cm
Opera 5	22 cm	5,5 cm

Tab. 1. Misure di  $h_{cs}$  e  $R_{cs}$  delle opere analizzate.



Fig. 5. Individuazione del baricentro ottenuta sospendendo la statua.

In tabella 2 sono riportati i valori calcolati, al fine di fornire una classificazione delle opere in ordine crescente di vulnerabilità sismica secondo le linee guida dettate dal prof. Borri e dal prof. De Maria (Borri & De Maria, 2015) e per ogni opera è riportato l'indice  $I_s$  calcolato, il valore di vulnerabilità assegnato e il valore dell'accelerazione massima sostenibile dall'opera.

Si può notare che tutte le opere riportano un indice di rischio  $I_s$  nettamente inferiore allo 0,5 e perciò sono caratterizzate da una vulnerabilità molto bassa. Tra tutte, l'opera "Nudino femminile" risulta comunque la più vulnerabile e il reperto "Molare" il meno vulnerabile.

## CONCLUSIONI

Oggi, oltre a fronteggiare la situazione di emergenza che vede il nostro Museo privo di una sede espositiva, focalizziamo la nostra attività sulla risposta alla domanda proveniente dalla città e dal territorio circostante di costituire nuovi punti di aggregazione. Nel frattempo, continuiamo a controllare e conservare le nostre collezioni ma ci poniamo anche l'obiettivo di costruire un nuovo allestimento con strutture espositive e materiali in grado di rispondere efficacemente a nuove sollecitazioni sismiche.

Per quanto il problema degli allestimenti museali sia legato alla disomogeneità tra museo e museo, che trae certamente origine dalla specificità di ciascun istituto e dal valore delle collezioni, va sempre più tenuta presente la necessità di avvalersi di un responsabile scientifico che fornisca dati e soluzioni orientati alla sicurezza delle persone e degli oggetti presenti all'interno del museo, non solo in condizioni ordinarie, ma soprattutto in condizioni straordinarie e di emergen-

za, come in caso di calamità naturali. Una gestione oculata e lungimirante che sappia programmare nel tempo una rivisitazione della disposizione degli oggetti e degli allestimenti nell'ottica della sicurezza in condizioni estreme (ma purtroppo non così rare come si vuole credere) permetterebbe di avere un rapporto con il territorio coerente con la missione che i sistemi museali hanno, cioè preservare le testimonianze del passato per le attuali e le future generazioni. La scarsa importanza che spesso viene data alla prevenzione, per privilegiare invece gli aspetti legati alla conservazione, si è dimostrata di fatto estremamente miope, come è stato purtroppo dimostrato dagli innumerevoli danni riscontrati con il recente sisma nelle Marche, molti dei quali evitabili con interventi mirati alla sicurezza, in caso di terremoto. Data la periodicità di questi eventi,

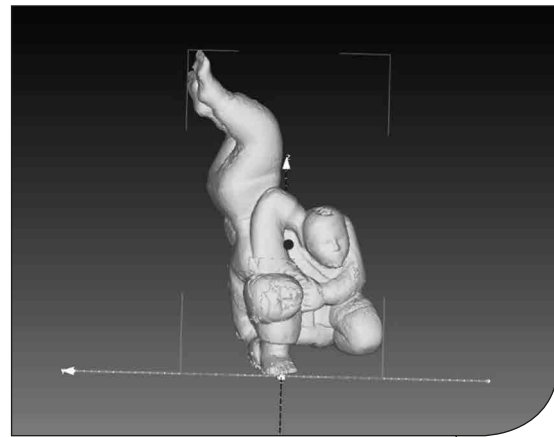







Fig. 6. Individuazione del centro di massa tramite il software MeshLab.



Descrizione	Tipologia	Tipologia del supporto	Mecanismo di risposta dinamica e danno	I <sub>s</sub>	Vulnerabilità	maxPGA
 <p><b>Nudino Femminile</b> Bruno Bartoccini (Citerna 1910 - Firenze 2001) 1950 Bronzo, h cm 36 Inv. 100 Provenienza: Donazione Renata Pasqui Bartoccini</p>	T3 STAT	A2	R4	0,19	Molto bassa	1,3
 <p><b>Anatroccolo</b> Bruno Bartoccini (Citerna 1910 - Firenze 2001) 1962 Bronzo, h cm 22 Inv. 99 Provenienza: Donazione Renata Pasqui Bartoccini</p>	T3 STAT	A2	R4	0,13	Molto bassa	1,87
 <p><b>Tibia di adulto</b> <i>Hippopotamu antiquus</i> h cm 43 Inv. 69 900.000 anni fa, Collecurti</p>	T6 MISC	A4	R4	0,08	Molto bassa	3,05
 <p><b>Ulna</b> <i>Stephanorhinus hundseimensis</i> h cm 17,3 Inv. 52439 900.000 anni fa, Collecurti</p>	T6 MISC	A4	R4	0,03	Molto bassa	8,12
 <p><b>Molare</b> <i>Stephanorhinus hundseimensis</i> h cm 7 Inv. 166/52438 900.000 anni fa, Collecurti</p>	T6 MISC	A4	R4	0,03	Molto bassa	8,12

Tab. 2. Classificazione in ordine crescente delle opere analizzate in base alla vulnerabilità sismica.

si suggerisce e si vuole stimolare con questo studio una maggiore attenzione a questa problematica, anche mediante metodi speditivi ed economici, come il semplice calcolo del baricentro di un corpo per assegnare un indice di vulnerabilità a ogni oggetto presente nelle collezioni museali e per progettare successivamente il migliore allestimento per quell'oggetto. Tale tematica è ancora troppo poco discussa in ambito museale, e con questo studio abbiamo cercato di suggerire un

percorso scientifico che ne garantisca la serietà e che permetta di conservare al meglio possibile le collezioni nei territori ad alta vulnerabilità sismica.

## BIBLIOGRAFIA

BORRI A., DE MARIA A., 2015. *Vulnerabilità sismica di beni museali: aspetti metodologici*. In: Atti del XVI Convegno ANIDIS, 13-17 settembre 2015, L'Aquila.