

Un nuovo approccio per la trasformazione digitale delle collezioni naturalistiche: il progetto MUSE-coMwork

Maria Chiara Deflorian

MUSE - Museo delle Scienze, Corso del Lavoro e della Scienza, 3. I-38122 Trento. E-mail: mariachiara.deflorian@muse.it

Valeria Losito

Stefania Vecchio

coMwork s.r.l., Via Fabio Filzi, 27. I-20124 Milano. E-mail: vlostito@comwork.eu; svecchio@comwork.eu

RIASSUNTO

L'adozione di uno strumento performante e al contempo accessibile, che combini le esigenze di documentazione dei beni culturali più classici alle specificità della ricerca scientifica, è un aspetto cruciale nella gestione delle collezioni naturalistiche. Raccogliendo questa sfida, MUSE e coMwork hanno deciso di intraprendere una collaborazione per la realizzazione di un innovativo software gestionale (Museum coMwork) partendo dal punto di vista dei potenziali utenti dell'applicazione. Grazie al progetto in corso dal 2019, il sistema Museum è stato implementato con la scheda di catalogo per i beni naturalistici, aderente agli standard nazionali e integrata con numerose soluzioni tecniche che rendono la documentazione dei reperti più semplice e corretta. Le funzioni in corso di sviluppo nel 2021 (ricerca avanzata, georeferenziazione, portale online, esportazione dati in diversi formati) renderanno Museum un ricco ecosistema che consente all'utente di catalogare, gestire, promuovere e condividere il proprio patrimonio in modo ampio, completo e innovativo.

Parole chiave:

catalogazione, digitalizzazione, Collections Management System, accessibilità, mobilitazione dei dati.

ABSTRACT

A new approach for the digital transformation of natural history collections: the MUSE-coMwork project

The implementation of a high-performance but nevertheless accessible instrumentable to combine the necessity of cataloguing the most classical cultural heritage with the specificity of scientific research is a crucial aspect of Natural History Collections management. Accepting this challenge, MUSE and coMwork have decided to undertake a collaboration in order to create an innovative management software which takes inspiration from the point of view of its potential users. Thanks to the project on going since 2019, the "Museum" system has been implemented with the data sheet model used for cataloguing natural heritage, in compliance with national standards and integrated with numerous technical solutions that make objects documentation more accurate and simpler. The functions that are being developed in 2021 (advanced search, georeferencing, web portal, data download in various formats) will make "Museum" a rich eco system that enables the user to organize, manage, promote and share his heritage in a broad, comprehensive and innovative way.

Key words:

cataloguing, digitization, Collections Management System, accessibility, data mobilization.

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni la consapevolezza dell'importanza delle collezioni di storia naturale è enormemente cresciuta a livello mondiale. La ricchezza di informazioni associata ai campioni naturalistici li ha resi fondamentali nell'interpretazione dei processi naturali e umani e nella comprensione delle trasformazioni ambientali nel tempo (Suarez & Tsutsui, 2004; Pyke & Ehrlich, 2010; Beaman & Cellinese, 2012; Meineke et al., 2019; Hedrick et al., 2020). Parallelamente, la disponibilità di dati derivanti dalle collezioni sta aumentando in modo esponenziale, grazie agli ingenti sforzi di digitalizzazione compiuti soprattutto dai grandi musei,

sostenuti dai propri governi nazionali, così come da specifici progetti e consorzi. Tra tutti si possono citare il programma statunitense ADBC (Advancing Digitization of Biodiversity Collections) della National Science Foundation con la sua infrastruttura iDigBio (Nelson et al., 2012; v. sito web 1; v. sito web 2) e l'australiano Atlas of Living Australia ALA (v. sito web 3), ispiratore di numerosi altri progetti analoghi. A livello europeo sono numerose le iniziative nazionali intraprese, tra cui si possono ricordare quella francese e-ReColNat (v. sito web 4), che riunisce più di 10 milioni di esemplari digitalizzati, e l'imponente progetto del Naturalis Biodiversity Center, che ha visto il trasferimento di tutto il patrimonio naturalistico olandese a Leiden unito a

un ingentissimo sforzo di digitalizzazione (v. sito web 5; van den Oever & Gofferjé, 2012).

In questo contesto, per ciascun museo di storia naturale diviene fondamentale, oltre che doveroso, partecipare a questo sforzo globale cercando di rendere accessibili i dati associati alle proprie collezioni, perché possano essere impiegati per produrre nuove conoscenze. Per far ciò, e per assolvere anche i compiti istituzionali di tutela, studio e valorizzazione del patrimonio culturale, è necessario disporre di strumenti tecnico-informatici il più possibile adeguati e performanti. Come evidenziato da una ricerca condotta dal progetto ICE-DIG, avviato da DiSSCo nel 2017, la maggior parte dei musei di storia naturale non dispone dei predetti strumenti tecnico-informatici e opta, quindi, per sistemi "fai da te" che soddisfano le loro complesse esigenze interne di catalogazione ma che spesso comportano una chiusura verso l'esterno, poco desiderabile per la mobilitazione dei dati (Dillen et al., 2019).

Da queste premesse nasce il progetto MUSE-coMwork che aspira ad aprire nuove prospettive nella gestione delle collezioni di storia naturale.

VERSO IL PROGETTO MUSE-COMWORK

Nel panorama italiano, il MUSE - Museo delle Scienze di Trento si colloca fra gli istituti che dispongono di collezioni di buon rilievo dal punto di vista della consistenza (v. sito web 6). Fondato quasi un secolo fa, nel 1922, conserva un patrimonio afferente a tutte le discipline naturalistiche, affiancate da un ingente patrimonio archeologico relativo ai siti preistorici rinvenuti in provincia di Trento (Tab. 1). Dal punto di vista temporale, i reperti più antichi risalgono alla fine del 1700, ma per la maggior parte sono relativi al periodo 1920-1940 e alle acquisizioni derivanti dalle ricerche più recenti, dal 1990 a oggi. Le collezioni dimostrano un forte legame con il territorio locale, ma non mancano significative raccolte provenienti da altre regioni italiane ed estere (v. sito web 7).

Allo stato attuale più del 60% del patrimonio del MUSE, composto da 5 milioni di singoli reperti, risulta descritto attraverso 200.000 schede catalografiche informatizzate, redatte attraverso diversi sistemi a partire dagli anni '90 del secolo scorso. Il sistema in uso dal 2006, progettato su base Microsoft Access, risultava ormai non più rispondente alle esigenze di gestione delle collezioni, soprattutto per ciò che concerne la promozione, l'accessibilità e la fruibilità dei dati.

Il MUSE si trovava quindi di fronte a un'istanza fondamentale che accomuna tutti i musei, che è quella di disporre di strumenti ottimali per la gestione e la catalogazione del proprio patrimonio. Già da tempo era alla ricerca di un prodotto, un cosiddetto CMS (Collections Management System), che fosse performante e completo, in grado di combinare le esigenze più tipiche del patrimonio culturale a quelle fondamentali per

la gestione di dati scientifici, soprattutto biologici. Per soddisfare i desiderata dell'ente, a fianco di una solida scheda di catalogo il sistema doveva possedere ulteriori requisiti, tra cui la conformità a standard nazionali e internazionali, funzioni di georeferenziazione, di ricerca avanzata e di esportazione dei dati, procedure gestionali integrate nella piattaforma, possibilità di pubblicare online le schede di catalogo.

Alla ricerca di tale strumento è stato esplorato il panorama nazionale e internazionale. In prima battuta sono state reperite le pubblicazioni e le risorse web che esaminano i prodotti disponibili e indicano i criteri utili alla scelta del CMS più adeguato alle proprie esigenze (CHIN, 2003; Poma Swank, 2008; Carpinone, 2010; Tyack, 2013; v. sito web 8; v. sito web 9; v. sito web 10; v. sito web 11). Successivamente sono state reperite ulteriori informazioni sui siti dei prodotti più promettenti e, dove possibile, sono stati testati i software disponibili in forma di demo e quelli open source, disponibili integralmente. In diversi casi sono state contattate ditte italiane ed estere per ottenere informazioni e quotazioni; sono stati visitati inoltre diversi musei, per visionare le soluzioni da loro adottate. Nel corso di questa ricognizione abbiamo appurato che non era facile individuare una soluzione che disponesse di tutti i requisiti richiesti. Infatti, a livello italiano non sono molti i prodotti espressamente dedicati alle collezioni di storia naturale, mentre a livello internazionale ci sono sicuramente prodotti validi, ma nessuno è conforme agli standard nazionali. Inoltre, tra di essi i software proprietari risultano spesso molto onerosi e l'assenza di agenti in Italia ne rende difficile l'adozione, mentre i software open source richiedono competenze tecnico-informatiche interne non sempre disponibili. Nell'estate 2018 sono avvenuti i primi contatti tra MUSE e coMwork, impresa sociale milanese che nasce nel 2016, con alle spalle un'esperienza ventennale nel settore della catalogazione (v. sito web 12). CoMwork ha come mission quella di facilitare la trasformazione digitale nei musei, con strumenti e servizi accessibili e sostenibili.

Sezioni MUSE	Numero collezioni	Singoli esemplari/ pezzi stimati
Biodiversità tropicale	1	4.450
Botanica	72	370.000
Geologia	8	41.000
Limnologia e Algologia	18	14.250
Preistoria	201	3.360.000
Zoologia degli Invertebrati	17	1.800.000
Zoologia dei Vertebrati	19	14.000
Totale	336	5.603.700

Tab. 1. La consistenza delle collezioni naturalistiche e archeologiche del MUSE - Museo delle Scienze di Trento.

Data la coincidenza di intenti e di visione, MUSE e coMwork hanno deciso di intraprendere una collaborazione e di avviare un progetto che ambisce a rendere accessibile anche ai musei naturalistici italiani un prodotto valido e innovativo per la gestione delle proprie collezioni. Il progetto prevede l'integrazione della piattaforma Museum by coMwork, già disponibile per altre tipologie di beni culturali, con la scheda catalografica dedicata ai beni naturalistici e numerose altre funzioni che consentano di gestire con approccio scientifico i beni culturali.

IL SISTEMA MUSEUM BY COMWORK

Museum è un'applicazione in cloud sviluppata per favorire la trasformazione digitale nei musei (coMwork, 2018). Spesso in un museo i dati di catalogo sono gestiti da specifiche applicazioni catalografiche, le immagini digitali sono archiviate in cartelle su intranet o server, le attività – come i prestiti, le movimentazioni, gli interventi conservativi ecc. – sono registrati in file excel e archiviati ancora in maniera cartacea, il sito web e il catalogo online sono gestiti attraverso un Content Management System che comporta una replica dei dati. Con il sistema Museum tutto questo può essere superato. La sezione catalogo, sulla quale ci soffermeremo più avanti, è soltanto una delle componenti del sistema. Museum integra, infatti, in un'unica soluzione tutte quelle componenti software che sono generalmente presenti in molteplici e differenti applicativi (Fig. 1). Iniziato nel 2017, lo sviluppo di Museum è del tipo a "rilascio continuo": nuove funzionalità vengono aggiunte senza che l'utente debba aggiornare, integrare nuove componenti e pagare per esse. Eventuali bugs vengono corretti e rilasciati in tempo reale e la possibilità di utilizzare un unico ambiente di sviluppo e rilascio consente di offrire l'applicazione a costi ridotti. La scalabilità del cloud, inoltre, consente ai musei di iniziare a utilizzare la piattaforma senza aver portato a termine tutte le operazioni di digitalizzazione e senza che la loro realizzazione nel tempo comprometta la scelta iniziale.

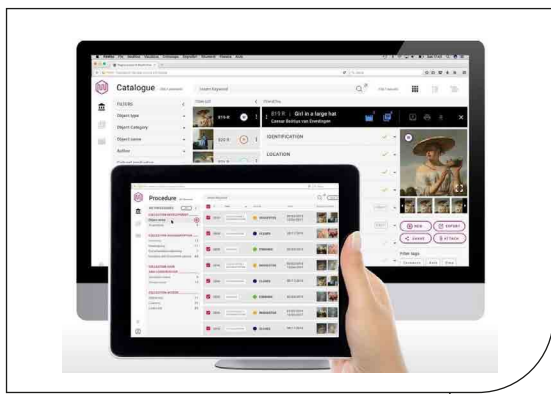


Fig. 1. Museum offre un unico ambiente di lavoro, accessibile sempre e ovunque da qualsiasi device.

Ulteriore tratto distintivo dell'applicazione è la facilità di utilizzo. L'attenzione all'esperienza dell'utente è fondamentale in ogni nuovo processo o funzionalità disegnata e sviluppata, e le interfacce, così lontane dai database anni '90, sono facilmente comprensibili anche a utenti nativamente non digitali.

Grazie all'utilizzo delle API, Museum permette altresì l'integrazione con applicazioni terze (app mobile per i visitatori, digital screen, virtual tour ecc.) senza la necessità di dover replicare o trasferire manualmente dati e oggetti digitali, lasciando fare ai protocolli di scambio quello che fino a poco tempo fa era onere dei conservatori.

MUSEUM PER LE COLLEZIONI DI STORIA NATURALE: L'IMPLEMENTAZIONE DELLA STRUTTURA DESCRITTIVA PER I BENI NATURALISTICI

Il primo step per lo sviluppo di funzionalità e moduli descrittivi per i beni naturalistici è stato la definizione del tracciato catalografico. Per favorire l'interdisciplinarietà del catalogo e uniformare le modalità di compilazione, si è scelto di creare un unico tracciato che comprendesse tutti i campi utili alle discipline di mineralogia, paleontologia, botanica e zoologia. Specifici meccanismi del software generano visualizzazioni differenti in base alla disciplina selezionata all'avvio della compilazione della scheda, escludendo dal tracciato paragrafi specialistici eventualmente non pertinenti per la materia. Le indicazioni delle diverse normative BN-ICCD (v. sito web 13) sono state intersecate tra loro e, ove vi fossero differenze nella modalità di gestione delle stesse tipologie di informazioni, si è compiuto uno sforzo volto a uniformare l'utilizzo dei campi e dei paragrafi, allo scopo di eliminarne i disallineamenti.

Per favorire la condivisione dei dati a livello globale e migliorare le prassi gestionali, le normative nazionali sono state confrontate e integrate con altri standard riconosciuti a livello internazionale: a seguito dell'esame approfondito degli standard Spectrum (Collections Trust, 2017; v. sito web 14) e Darwin Core (v. sito web 15) il tracciato è stato arricchito con ulteriori campi, ove si ritenesse utile per migliorare la performance della scheda nel gestire le molteplici e spesso complesse casistiche che si presentano al catalogatore di collezioni di storia naturale (Fig. 2).

La scheda è stata quindi predisposta con strumenti pensati ad hoc per supportare e facilitare il lavoro che ogni giorno il catalogatore è chiamato a svolgere. Ad esempio, abbiamo integrato per la prima volta un vocabolario gerarchico che utilizza l'indice Lucene, che permette di effettuare ricerche in set di dati ampi e complessi come il Catalogue of Life (v. sito web 16), restituendo una risposta all'utente in soli 8 millisecondi.

Nella compilazione della tassonomia biologica è quindi possibile avvalersi di questo autorevole database sostenuto dalla comunità scientifica internazionale, ove non si desidera inserire (una tantum) la propria tassonomia di riferimento. Discorso simile può essere fatto per la sistematica mineralogica poiché, grazie alla presenza di liste autorevoli contenenti le relazioni tra specie IMA e le loro specifiche caratteristiche, abbiamo potuto creare anche qui un automatismo che alleggerisce la compilazione da parte dell'utente. Inoltre, come spesso accade, la determinazione può essere rivista: attraverso un semplice pulsante – "AGGIORNA DETERMINAZIONE" – il sistema è in grado di creare una nuova occorrenza vuota per inserire i nuovi dati, trasferendo la precedente identificazione nello storico di quelle succedutesi nel tempo. Infine, il paragrafo "Determinazione" è stato configurato per gestire una tipologia di campioni complessi molto frequenti in paleontologia e mineralogia, ovvero quei reperti che riuniscono in un unico oggetto fisico più specie contemporaneamente: grazie al pulsante "RIPETI" è possibile inserire occorrenze tassonomiche concorrenti all'interno della stessa scheda catalografica.

Un'altra problematica frequente, non del tutto risolta attraverso le normative ICCD, è la corretta catalogazione dei campioni composti da più pezzi. Come noto, in alcuni casi uno stesso esemplare può essere formato da più parti, come uno scheletro, o da più preparati, come una pelle con cranio. In altri casi avviene l'inverso: uno stesso campione, come ad esempio un foglio d'erbario, può essere costituito da più esemplari. Se la corretta registrazione del numero dei singoli oggetti è di fondamentale importanza nella gestione del proprio patrimonio, anche in termini inventariali, il numero di esemplari conservati è di sicuro interesse scientifico. Per arrivare a conteggi corretti di questi due valori, nel paragrafo "Oggetto" si è posta particolare attenzione alla modalità di registrazione delle quantità, consentendo di distinguere il numero di oggetti dal numero di esemplari e di registrare le differenti tipologie di reperti specificandone le quantità (Fig. 3).

Un ulteriore sforzo di chiarezza è stato fatto nel di-

stinguere meglio due aspetti dei beni naturalistici che tendono spesso a sovrapporsi, ovvero la modalità di preparazione e il metodo di conservazione. Anche in questo caso si è cercato di dotare la scheda di campi e vocabolari specifici, che consentano di riordinare meglio le informazioni da registrare.

Il tracciato catalografico infine realizzato comprende 379 campi; per ciascuno di essi sono state definite la tipologia, l'organizzazione all'interno dei paragrafi e la modalità di funzionamento più adeguata; sono stati inoltre implementati i vocabolari e i thesauri necessari. Lo sviluppo applicativo di quanto descritto ha richiesto uno sforzo notevole, soprattutto per l'integrazione di alcune funzionalità avanzate, come la gestione del tesoro del Catalogue of Life con quasi 4 milioni di termini, e la generazione automatica delle formule chimiche sulla base delle specie IMA. Al rilascio della versione Beta nel maggio 2020 è seguita una fase di testing, alla quale hanno aderito alcuni musei dell'ANMS, fornendo considerazioni utili per migliorare il prototipo appena creato. Primo fra tutti il Civico Museo di Scienze Naturali di Voghera che, pur avendo collezioni di limitata consistenza, per un totale di 5916 oggetti museali, ci ha confermato la validità della scheda rilasciata anche per musei di piccole dimensioni, come auspicavamo.

LAVORI IN CORSO NEL 2021: NUOVE FUNZIONALITÀ

Per popolare l'"ecosistema" Museum e renderlo adatto alle specificità e alla grande consistenza delle collezioni di storia naturale, si è deciso, in seno al progetto, di integrare la piattaforma con funzionalità ulteriori che verranno realizzate nel corso del 2021.

Per ottimizzare la consultazione e la gestione del catalogo, verrà introdotta la ricerca avanzata, che consentirà di interrogare tutti i campi della scheda, utilizzare i principali operatori di confronto e combinare tra di loro le queries di ricerca con gli operatori booleani.

La funzionalità relativa alla determinazione tassonomica verrà migliorata con l'implementazione di strumenti

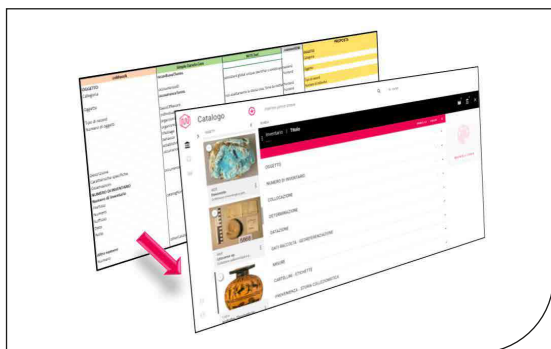


Fig. 2. Standard nazionali e internazionali a supporto della nuova scheda per i beni naturalistici di Museum.

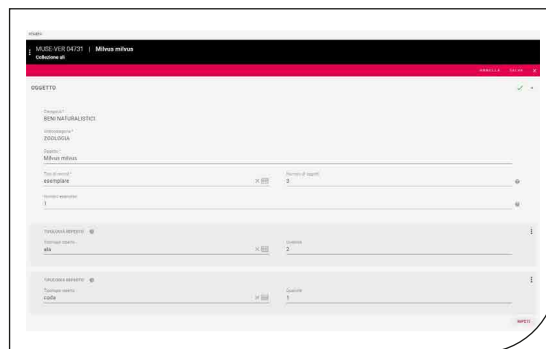


Fig. 3. Esempio di gestione delle quantità di un esemplare di *Milvus milvus* all'interno della scheda per i beni naturalistici di Museum.

di controllo che consentiranno di gestire contemporaneamente più thesauri tassonomici, tra cui l'utente potrà scegliere (in base alla disciplina e alla consuetudine della stessa) nella compilazione del paragrafo "Determinazione" all'interno della scheda di catalogo. Anche la gestione della nomenclatura aperta verrà ulteriormente raffinata.

Parte delle nuove funzionalità saranno dedicate allo sviluppo e alla pubblicazione del portale per la consultazione online delle collezioni, con l'integrazione delle API coMwork e del plug-in per WordPress che consentirà al museo il suo pieno riutilizzo anche in occasione di un eventuale rifacimento del proprio sito web. Il plug-in, a differenza di pagine web configurate ad hoc, permette grazie agli elementi CSS un adeguamento nel caso di aggiornamenti alla veste grafica e non del sito web.

Verrà infine integrata la possibilità di georeferenziare i dati e di visualizzarli su mappa. Questa funzionalità consentirà la gestione e l'analisi dei dati anche su base territoriale.

Per la trasmissione dei dati a terzi, la condivisione degli stessi con altri portali o per la realizzazione di specifiche analisi in ambienti esterni alla piattaforma di catalogazione, verrà sviluppata la funzionalità di esportazione dei dati secondo tre modalità: a) esportazione tabellare in formato .csv; b) esportazione nel formato ICCD; c) esportazione secondo gli standard informatici internazionali per i dati biologici Darwin Core.

L'ADOZIONE DI MUSEUM AL MUSE: I DATI PREGRESSI

Parallelamente allo sviluppo e all'integrazione di Museum con nuove funzionalità, il progetto di collaborazione ha previsto l'adozione della piattaforma da parte del MUSE. Per far ciò andavano recuperati i dati pregressi, presenti nel sistema in uso.

La fase di migrazione, avviata nel maggio 2020, ha preso il via con un accurato lavoro di mapping tra il database MUSE e Museum che ha portato alla pianificazione delle azioni di pulizia e di normalizzazione dei dati necessarie. La successiva fase di data cleaning è stata affiancata da un importante lavoro di revisione delle 200.000 schede di catalogo esistenti: per i lotti trattati sinora, relativi a vertebrati, minerali, fossili, botanica, reperti archeologici, si è assistito a un'importante integrazione e completamento dei dati. Esaminando i 34 campi, trasversali e specialistici, su cui è stato condotto un lavoro più approfondito, per le 167.338 schede già presenti in catalogo a fine 2019 sono state aggiunte 253.827 informazioni, popolando campi che in precedenza risultavano vuoti. I paragrafi maggiormente interessati dalle integrazioni condotte sono quelli relativi alla sistematica e ai dati di raccolta. Ove invece i campi risultavano già compilati ma poco uniformi, si è resa necessaria la normalizzazione dei dati che ha portato a una significativa riduzione

del numero di voci presenti. Complessivamente, per i campi Località di provenienza, Oggetto, Raccoglitore e Determinatore delle schede citate in precedenza, si è passati da 50.529 voci differenti a 40.824 voci, con una riduzione vicina al 20%.

Alla revisione scientifica delle schede è seguita la revisione tecnica da parte del team di coMwork per permettere la loro completa e sicura migrazione all'interno della piattaforma. Questo passaggio ha comportato l'adeguamento dei dati alle regole del tracciato e la loro collocazione nel corrispondente campo di appartenenza nella nuova scheda creata per i beni naturalistici.

La migrazione dei dati, condotta tra l'autunno 2020 e la primavera 2021, ha interessato 220.758 schede e 15.577 risorse digitali, rendendo pienamente operativo l'utilizzo del nuovo strumento da parte del MUSE.

CONCLUSIONI

La forte spinta e i numerosi sforzi internazionali tesi alla mobilitazione dei dati chiusi nei cassetti delle collezioni di storia naturale non possono non essere presi in grande considerazione anche a livello nazionale. Sebbene in passato l'Italia non abbia mai primeggiato nei grandi progetti europei, la sua posizione appare molto migliorata all'interno di DISSCo, il grande progetto – ora nella sua fase preparatoria – volto a creare l'infrastruttura di ricerca per le collezioni naturalistiche d'Europa (v. sito web 17). Tale situazione favorevole, che sarà sicuramente seguita e appoggiata da ANMS, consentirà auspicabilmente anche ai musei italiani di ottenere la rilevanza che il nostro grande patrimonio merita.

Il progetto MUSE-coMwork vuole muoversi in questa direzione, aspirando a incidere positivamente nella trasformazione digitale dei musei.

Aver trovato il connubio tra un software performante e una scheda elaborata e pensata con chi tutti i giorni lavora per salvaguardare il patrimonio naturalistico ci ha permesso di creare un ambiente ideale, autosufficiente e funzionale, che speriamo possa diventare l'"ecosistema" che faciliti il lavoro dei musei di storia naturale e il loro scambio reciproco di informazioni, incentivandone la digitalizzazione e promuovendone la valorizzazione.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti i colleghi del MUSE coinvolti nel progetto, e in particolar modo i tecnici di ricerca Nicola Angeli, Paolo Ferretti, Elisabetta Flor, Alessandra Franceschini, il responsabile del settore Ricerca e Collezioni Massimo Bernardi, il collaboratore Eugen Behrens, le volontarie in Servizio Civile Simona Maria De Rosa e Martina Giagio.

Un grazie anche a tutto il team di coMwork e in particolare agli sviluppatori backend e frontend, Francesco Pagni, Michal Parteka e Paulina Masiak, e alla collaboratrice, Virginia Di Martino.

BIBLIOGRAFIA

- BEAMAN R.S., CELLINESE N., 2012. Mass digitization of scientific collections: New opportunities to transform the use of biological specimens and underwrite biodiversity science. In: Blagoderov V., Smith V.S. (eds.), No specimen left behind: mass digitization of natural history collections. *ZooKeys*, 209: 7-17 (doi: 10.3897/zookeys.209.3313).
- CARPINONE E.C., 2010. *Museum Collections Management Systems: One Size Does Not Fit All*. Seton Hall University Dissertations and Theses (ETDs), 2366 (<https://scholarship.shu.edu/dissertations/2366>).
- CHIN - CANADIAN HERITAGE INFORMATION NETWORK, 2003. *Collections Management Software Review* (http://www.chin.gc.ca/English/Collections_Management/Software_Review/index.html, risorsa non più disponibile)
- COLLECTIONS TRUST, 2017. *Spectrum. The UK Museum Collections Management Standard. Spectrum 5.0 Appendix – Information Requirements*. Collections Trust, London, 209 pp.
- COMWORK, 2018. *La rivoluzione digitale nei musei è integrata* (<https://www.comwork.eu/la-rivoluzione-digitale-nei-musei-e-integrata/>).
- DILLEN M., GROOM Q, HARDISTY A., 2019. *Interoperability of Collection Management Systems*. Zenodo (<http://doi.org/10.5281/zenodo.3361598>).
- HEDRICK B., HEBERLING M., MEINEKE E., TURNER K., GRASSA C., PARK D., KENNEDY J., CLARKE J., COOK J., BLACKBURN D. ET AL., 2020. Digitization and the future of natural history collections. *BioScience*, 70: 243-251.
- MEINEKE E.K., DAVIES T.J., DARU B.H., DAVIS C.C., 2019. Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374: 20170386.
- NELSON G., PAUL D., RICCARDI G., MAST A.R., 2012. Five task clusters that enable efficient and effective digitization of biological collections. In: Blagoderov V., Smith V.S. (eds.). No specimen left behind: mass digitization of natural history collections. *ZooKeys*, 209: 19-45 (doi: 10.3897/zookeys.209.3135).
- POMA SWANK A., 2008. *Collections Management Systems. Report settembre 2008*. Fondazione Rinascimento digitale, 206 pp. (<http://carlibrary.org/Collection-Management-Systems-Swank.pdf>).
- PYKE G.H., EHRLICH P.R., 2010. Biological collections and ecological/environmental research: A review, some observations and a look to the future. *Biological Reviews*, 85: 247-266.
- SUAREZ A.V., TSUTSUI N.D., 2004. The value of museum collections for research and society. *Bioscience*, 54: 66-74.
- TYACK N., 2013. *Collections Management System Project. Results of online survey*. Edinburgh Museums & Galleries, 16 pp. (<https://collectionstrust.org.uk/wp-content/uploads/2016/11/edinburghCMS.pdf>).
- VAN DEN OEVER J.P., GOFFERJÉ M., 2012. 'From Pilot to production': Large Scale Digitisation project at Naturalis Biodiversity Center. In: Blagoderov V., Smith V.S. (eds.). No specimen left behind: mass digitization of natural history collections. *ZooKeys*, 209: 87-92 (doi: 10.3897/zookeys.209.3609).

Siti web (ultimo accesso 15.02.2021)

- 1) U.S. National Science Foundation, Advancing Digitization of Biodiversity Collections Program https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503559
- 2) IDigBio, Integrated Digitized Biocollections <https://www.idigbio.org/>
- 3) Atlas of Living Australia <https://www.ala.org.au/>
- 4) ReColNat Infrastructure <https://www.recolnat.org/en/>
- 5) Naturalis Biodiversity Center, Science <https://www.naturalis.nl/en/science>
- 6) Associazione Nazionale Musei Scientifici, CollMap, Risultati preliminari <http://www.anms.it/collmap/index.php?tipo=report#collezioni>
- 7) MUSE - Museo delle Scienze, Le collezioni scientifiche <https://www.muse.it/it/Esplora/Collezioni/Pagine/Collezioni.aspx>
- 8) Collections Trust, Choose collections software <https://collectionstrust.org.uk/software/>
- 9) Canadian Heritage Information Network, Collections management system criteria checklist <https://www.canada.ca/en/heritage-information-network/services/collections-management-systems/software-criteria-checklist.html>
- 10) Canadian Heritage Information Network, Collections management systems <https://www.canada.ca/en/heritage-information-network/services/collections-management-systems.html>
- 11) IDigBio, Integrated Digitized Biocollections, Biological Collections Databases, Tools, and Data Publication Portals <https://www.idigbio.org/content/biological-collections-databases>
- 12) coMwork <https://www.comwork.eu/>
- 13) Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, Standard catalografici, Normative <http://www.iccd.beniculturali.it/it/normative>
- 14) Collections Trust, Spectrum <https://collectionstrust.org.uk/spectrum/>
- 15) TDWG, Darwin Core quick reference guide <https://dwc.tdwg.org/terms/>
- 16) Catalogue of Life <https://www.catalogueoflife.org/>
- 17) DISSCo, Distributed System of Scientific Collections <https://www.dissco.eu/>