

# La documentazione digitale della Nave Scuola Amerigo Vespucci della Marina Militare Italiana

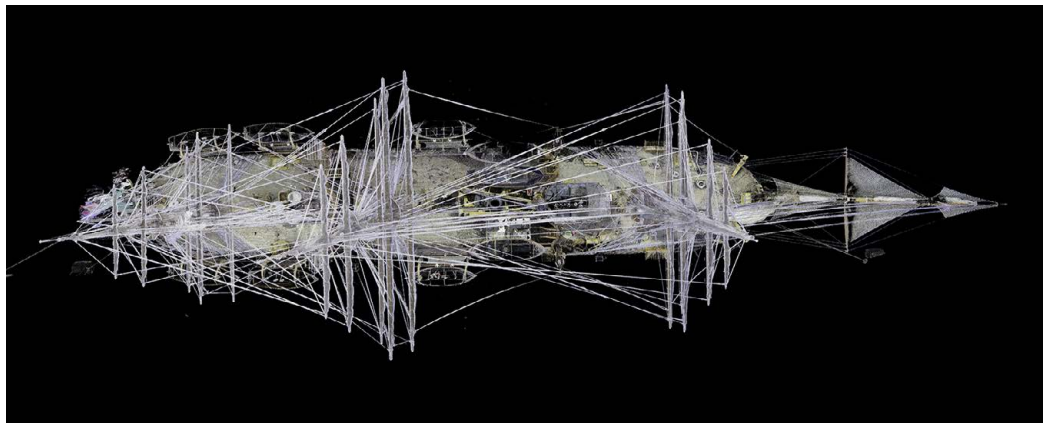
Stefano Bertocci  
Matteo Bigongiari  
Marco Ricciarini

## Abstract

Il progetto di documentazione della Nave Amerigo Vespucci mira alla creazione di un database digitale *reality based* del veliero. Utilizzando tecnologie avanzate quali scansioni laser 3D e fotogrammetria, sono state rilevate dettagliatamente le superfici della nave, consentendo la realizzazione di modelli digitali texurizzati e l'esplorazione degli ambienti tramite realtà aumentata e virtuale. Il progetto di digitalizzazione si è concentrato sull'accurata acquisizione dei dati delle strutture della nave, sia interne sia esterne. Le scansioni hanno ripreso tutti i volumi accessibili, utilizzando strumenti ad alta precisione per gli ambienti più complessi. La documentazione ha previsto la creazione di una nuvola di punti dettagliata, utilizzando diversi livelli di dettaglio a seconda della complessità e del valore patrimoniale degli spazi analizzati. L'elaborazione dei dati ha garantito una rappresentazione fedele e multi-scalare, adatta sia alla conservazione sia alla divulgazione. La ricerca ha anche implicato una significativa innovazione nel campo del rilievo digitale nautico, adattando metodi e strumentazioni a un oggetto di grande complessità storica e architettonica come la Vespucci. Il progetto non solo preserva digitalmente un importante patrimonio culturale, ma apre anche nuove metodologie per la comprensione e l'interazione con il patrimonio storico navale.

## Parole chiave

Rilievo digitale, Marina Militare, Nave Amerigo Vespucci, TLS



Vista superiore della nuvola di punti della nave. Elaborazione degli autori.

## Introduzione

Il progetto di documentazione della Nave Amerigo Vespucci riporta i risultati relativi a rinnovate prospettive di ricerca, ottenuti attraverso una proficua collaborazione che vede coinvolti il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze (DiDA) e la Marina Militare Italiana, in particolare con il 7° *Reparto Navi dello Stato Maggiore* [1].

L'obiettivo del progetto di ricerca è la realizzazione di un database digitale *reality based* della Nave Vespucci, attraverso la sperimentazione dei metodi del rilievo integrato odierni. L'approccio metodologico prevede l'utilizzo di strumentazioni *range based* per la realizzazione di scansioni laser 3D ad alta risoluzione, integrando dati *image based* per descrivere forma e matericità di tutti gli oggetti di cui è composta la Nave quali arredi, armamenti e attrezzature di particolare complessità. Il progetto si propone inoltre di realizzare modelli digitali texturizzati che permettano differenti *output*, tra cui le riproduzioni di ambienti digitali in scala per lo sviluppo di sperimentazioni in realtà mista, AR e VR.

Lo scopo del contributo è di descrivere le attività di documentazione e di rilevamento tridimensionale della Nave Vespucci, esempio virtuoso di testimonianza storica di evidente valore patrimoniale, la cui eccellenza è riconosciuta a livello mondiale. Tali indagini sono state condotte attraverso l'utilizzo di tecnologie digitali integrate. La ricerca si sviluppa con l'intento di fornire alla Marina Militare Italiana uno strumento utile alla gestione dei costanti interventi di manutenzione della Nave e alla fruizione digitale di alcuni dei suoi ambienti più rappresentativi. Il gruppo di lavoro ha pertanto elaborato una proposta la cui finalità consiste nella realizzazione di una nuvola di punti completa di tutte le aree accessibili della Nave, in modo tale da rispettare i canoni della grafica nautica attraverso il disegno sia in pianta, sia in sezione dei livelli dei ponti, interni e di coperta. Al tempo stesso sono stati realizzati dei modelli digitali tridimensionali, mappati con *texture* e *tour* virtuali, per permettere la fruizione al pubblico degli ambienti più significativi dell'imbarcazione.

La peculiarità della ricerca consiste proprio nel promuovere una specifica e innovativa tematica relativa alla rappresentazione nautica, utilizzando metodologie di rilievo digitale *reality based*. Il criterio lavorativo e le procedure operative di tali metodi, già consolidati all'interno del gruppo di ricerca e nel panorama delle discipline del disegno, hanno tuttavia dovuto essere riconsiderati data l'applicazione su un oggetto che non si può propriamente architettonico, al fine di documentare e descrivere con elevata affidabilità le caratteristiche materiche e i dettagli decorativi alla scala architettonica.

## La Nave più bella del mondo

L'Amerigo Vespucci è la più antica e ammirata imbarcazione della Marina Militare Italiana attualmente in attività. Nel 1962, durante un periodo di navigazione nel Mediterraneo, la portaerei americana USS Independence incontrò la Nave e chiese: "Chi siete?" e ricevuta come risposta: "Nave scuola Amerigo Vespucci, Marina Militare Italiana", la portaerei spense i motori e suonò tre colpi di sirena in segno di saluto, replicando: "Siete la più bella Nave del mondo".

La storia dell'Amerigo Vespucci prende avvio nella seconda metà degli anni Venti, quando la Marina Italiana affrontò il rinnovo delle unità per l'addestramento degli allievi dell'Accademia: nonostante l'avanzamento del progresso tecnologico nel settore, la Marina ritenne che il miglior modo per insegnare i segreti della navigazione fosse a bordo di un veliero, dove le manovre erano eseguite rigorosamente a mano, unendo il contributo di personale esperto con quello degli allievi.

Il progetto fu affidato all'ingegnere e tenente colonnello del Genio Navale, Francesco Rotundi, dal 1925 direttore dei Regi cantieri navali di Castellammare di Stabia (NA). Tra il 1930 ed il 1931, sulla spinta dello spirito nazionalista promosso dal regime fascista, vennero costruite due navi gemelle intitolate ai grandi navigatori italiani, l'Amerigo Vespucci e la Cristoforo Colombo, e inquadrare nella Divisione Navi Scuola. L'ingegner Rotundi nel progettare le due imbarcazioni si ispirò ai vascelli degli inizi dell'Ottocento e in particolare volle

richiamare i lavori eseguiti dall'ingegnere navale napoletano Sabatelli per l'ammiraglia della Real Marina del Regno delle Due Sicilie, il Monarca. Le bande di cromatura bianca lungo i fianchi della Vespucci rimandano infatti alle due linee di cannoni presenti in quest'ultima. La Vespucci venne varata il 22 febbraio 1931 a Castellammare di Stabia. Definitivamente allestita, partì il 2 luglio alla volta di Genova dove, il 15 ottobre 1931, ricevette la bandiera di combattimento nelle mani del suo primo comandante, Augusto Radicati di Marmorito. Da allora il suo compito, insieme alla gemella Colombo, è sempre stato l'attività di addestramento rivolta ai cadetti.

Le due navi sorelle ebbero tuttavia diversa sorte: mentre la Vespucci è ancora oggi testimonianza dell'eccellenza architettonica navale di inizio secolo, la Cristoforo Colombo venne ceduta nel Dopoguerra all'Unione Sovietica in ottemperanza al trattato di pace firmato a Parigi, e fu distrutta in un incendio nel 1963.

### Metodologie per la digitalizzazione

Per la realizzazione di un modello digitale della Nave è stato necessario progettare accuratamente l'acquisizione dei dati sul campo, considerando sia le caratteristiche del veliero, sia le condizioni del contesto. La Nave Vespucci ha uno scafo in acciaio lungo 82 metri, con tre ponti di coperta, suddivisi in batteria, corridoio con castello e cassero rispettivamente di prua e di poppa, mentre l'interno è suddiviso in 6 ponti (o livelli). La lunghezza dalla poppa alla cima dell'albero di bompresso raggiunge 101 metri, lo scafo è largo 15,56 metri e ha una velatura di 2.650 metri quadrati distribuiti su 24 vele quadre e di straglio in tela olona. L'alberatura è composta da ulteriori 3 alberi e un bompresso: albero di maestra (54 metri), trinchetto (50 metri) e mezzana (43 metri), con la parte inferiore degli alberi ed i pennoni bassi in acciaio. La sintetica descrizione delle caratteristiche tecniche del veliero mette in evidenza la complessità relativa allo sviluppo di un progetto di documentazione scientifica dell'imbarcazione.



Fig. 1. La Nave Vespucci ormeggiata nel porto di Livorno.

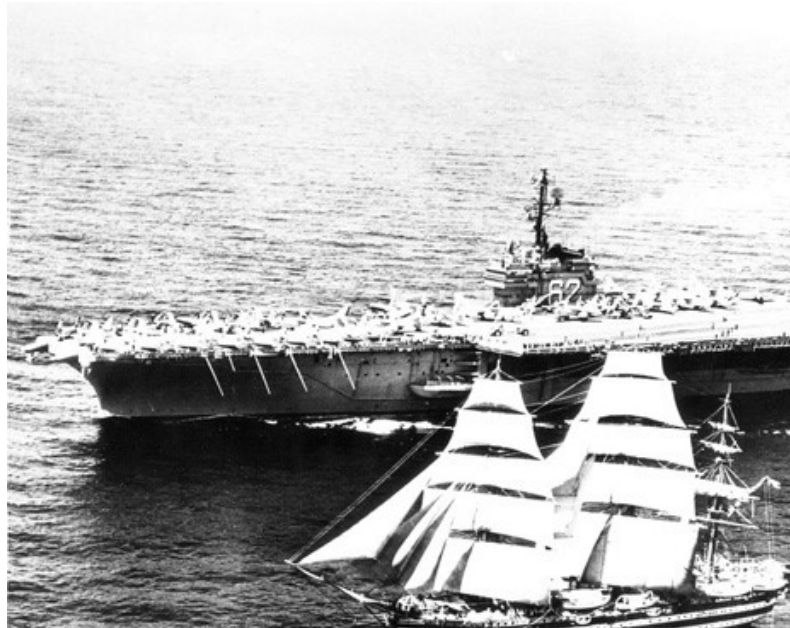


Fig. 2. Lo storico incontro tra la portaerei statunitense USS Independence e la nave Vespucci, Mar Mediterraneo, 1962.

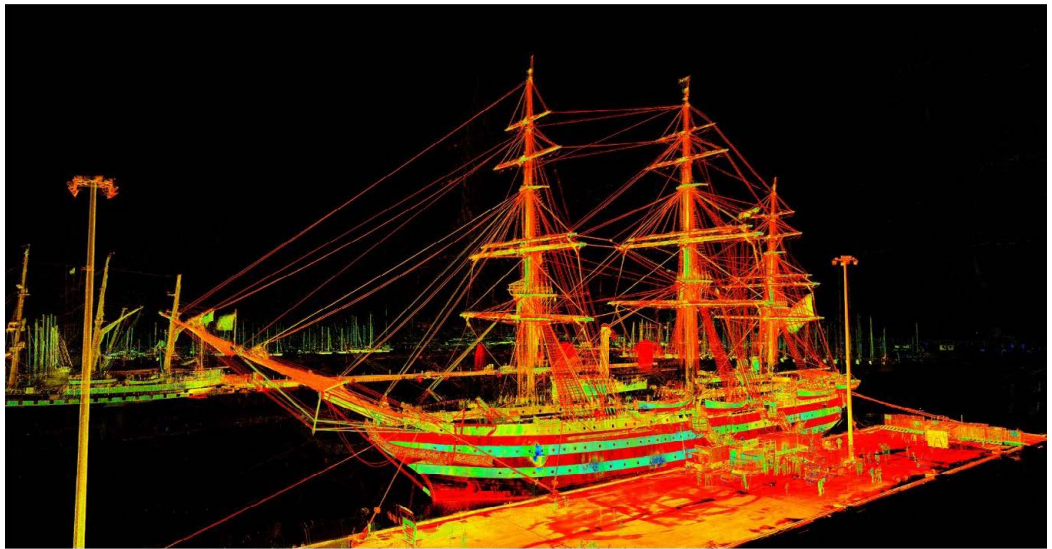


Fig. 3. La nuvola ottenuta nei primi rilievi condotti in porto a Livorno (2019).

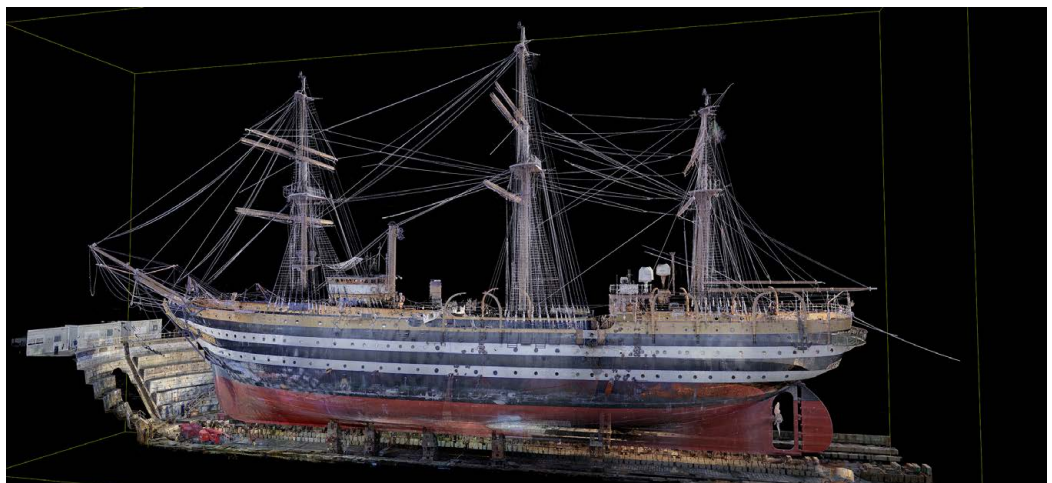


Fig. 4. Vista in prospettiva della nuvola di punti della Nave Vespucci.

Figg. 5, 6. Viste in  
Proiezione ortogonale  
della Nave Vespucci.



Le operazioni di acquisizione dei dati hanno richiesto un'attenta progettazione per consentire di riprendere il maggior numero di informazioni morfologiche. Va considerato che durante il periodo di rilevamento dei dati, la nave è rimasta operativa: nei mesi invernali ospita infatti circa 330 passeggeri oltre al personale di servizio, che collaborano alla manutenzione di tutte le componenti dell'imbarcazione per prepararla per la navigazione estiva. Dato che l'accesso alla Vespucci viene consentito solamente durante i periodi utilizzati per i lavori manutentivi, i rilievi sono stati svolti in più campagne tenutesi tra il 2020 e il 2023. Tale prolungamento è stato causato anche dal periodo pandemico e dalle procedure del periodo post-pandemico.

Sono state acquisite le scansioni laser di tutte le superfici interne ed esterne del veliero: la chiglia è stata rilevata durante i mesi invernali, mentre era soggetta a manutenzione straordinaria nell'Arsenale Militare di La Spezia; in questa occasione è stato possibile riprendere la Nave quando si trovava in bacino, mentre gli altri ambienti sono stati rilevati durante i periodi di ormeggio in banchina nell'Arsenale.

Le acquisizioni sono state effettuate utilizzando due strumentazioni con differenti caratteristiche tecniche: per le misurazioni della chiglia, del ponte esterno, degli ambienti nobili della Vespucci e di tutte le zone necessarie a costruire i collegamenti tra i ponti interni è stato utilizzato uno Z+F 5016, mentre per tutti gli ambienti interni, che non avevano particolari

complessità, è stato utilizzato uno strumento con minore portata e qualità, un Faro M70. La scelta di uno strumento di precisione inferiore deve essere rapportata direttamente alle distanze da acquisire, che nel caso degli ambienti posti nei ponti interni della nave sono minime, rendendo superfluo l'utilizzo di strumentazioni di maggior accuratezza.

Se per le scansioni effettuate in bacino non si è verificato alcun problema nell'impostazione della livella sullo strumento, lo stesso non può essere detto di quelle effettuate a bordo mentre la nave era in galleggiamento in porto: trovandosi lo strumento in un ambiente dove il movimento è coerente rispetto all'oscillazione dovuta al moto di rollio e beccheggio della nave, è stato possibile acquisire correttamente gli spazi pur non ottenendo un insieme di punti livellati. La corretta verticalità della nuvola di punti complessiva della Vespucci è stata impostata in postproduzione, in seguito alla registrazione della nuvola di punti sulla base della linea di galleggiamento dell'imbarcazione, fissando l'origine del sistema di riferimento nel timone della nave e l'asse delle ascisse coincidente con la linea di chiglia.

La nuvola di punti è stata progettata per essere multi-scalare: è stato scelto un dettaglio maggiore, con una spaziatura di 0.2 cm ogni punto, adatta alla rappresentazione in scala 1:20, per la Sala Consiglio, ovvero il luogo di principale rappresentanza ricco di dettagli architettonici e in cui sono esposti gli arredi e le opere d'arte; gli ambienti principali della Nave, ovvero la chiglia, l'opera morta, le murate e i ponti di coperta, gli ambienti interni e i ponti principali sono stati acquisiti in scala 1:50, con una spaziatura massima di 0.6 cm tra i punti acquisiti; gli ambienti di servizio della nave sono stati infine acquisiti in scala 1:100, con una spaziatura massima tra i punti di 1.5 cm.

La registrazione completa di tutti i dati ha unito più di 1.000 scansioni. L'errore è stato controllato puntualmente dopo ogni rototraslazione e, grazie ai dati estratti dalla chiusura di percorsi di scansione chiusi sia all'esterno della nave sia all'interno dei singoli ponti, ottenendo risultati adatti alla scala di rappresentazione prefissata.

### Divulgazione dei contenuti spaziali e culturali

Il progetto segue dunque un percorso strutturato su tre aspetti fondamentali: ricerca, conoscenza e comunicazione del progetto.

La ricerca è finalizzata a sperimentare le metodologie d'indagine digitali tramite l'utilizzo di laser scanner e fotogrammetria S.f.M. (*Strutture from Motion*). La rappresentazione della Nave Vespucci, nei suoi peculiari aspetti dimensionali, costruttivi e funzionali, permette di conoscere e comprendere al meglio le differenti aree di cui si compone il veliero.

La prima fase di ricerca ha permesso l'analisi dettagliata dell'area ufficiali, posta a poppa della nave, effettuando il rilievo di dettaglio della Sala Consiglio e del Corridoio ufficiali. La documentazione dell'area di rappresentanza dell'imbarcazione, è stata realizzata con accuratezza attraverso scansioni ad alta definizione e modelli tridimensionali *image based*, e costituisce

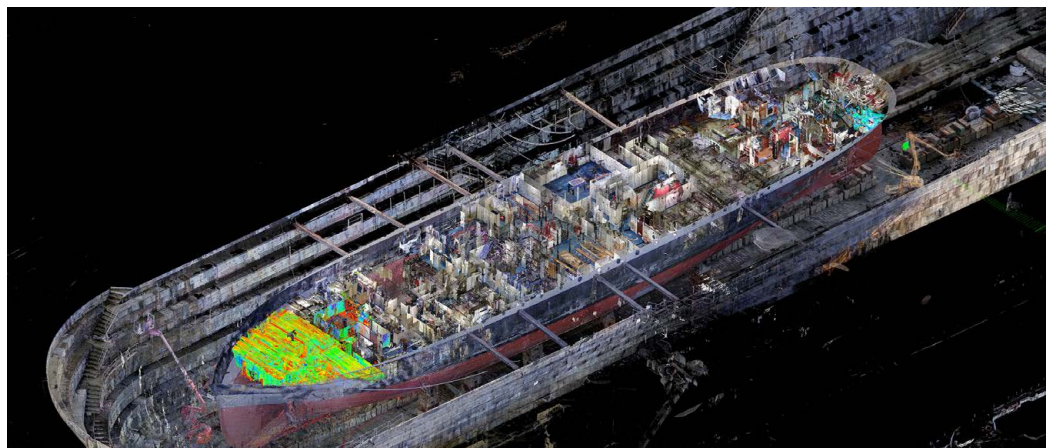


Fig. 7. Vista assonometrica della nuvola di punti.

un'interessante materiale documentario di base in 3D per creare un prodotto finalizzato a definire il terzo ed ultimo aspetto: la comunicazione dei contenuti del progetto.

La restituzione tridimensionale dei dati ha permesso di sviluppare una successiva fase operativa volta alla musealizzazione virtuale dell'Amerigo Vespucci, indirizzando l'attenzione alle moderne metodologie di fruizione virtuale del Patrimonio Culturale. La predisposizione di una esperienza di visita suggestiva e coinvolgente, sostenibile attraverso l'utilizzo della realtà aumentata, apre la possibilità alla creazione di un prodotto informativo sulla storia della Nave, capace di raggiungere un rinnovato e più ampio pubblico e di aumentare le conoscenze tecniche sul Vespucci.

Attraverso ricostruzioni video e proiezioni temporizzate saranno garantite al visitatore esperienze emozionali e immersive in grado di veicolare e comunicare in modo ottimale le molteplici informazioni scientifiche.

## Conclusioni

Il progetto apre nuove sfide di ricerca e sperimenta le contemporanee metodologie di documentazione digitale applicandole al complesso tema della nautica con risvolti legati al carattere fortemente patrimoniale della Nave Vespucci. Per definire correttamente i tre obiettivi prefissati, ricerca, conoscenza e comunicazione, è stato necessario effettuare un'indagine a più livelli, tenendo conto delle diverse condizioni presentatesi in fase di rilevamento sul campo, dei numerosi dati acquisiti in relazione alle funzioni, alle manovre e alle attrezzature presenti sui ponti di coperta e sui ponti interni. Grande complessità è stata rappresentata dalla scelta del dettaglio e della quantità di informazioni da restituire nel disegno, seguendo un percorso condiviso con i referenti della Marina addetti alla collaborazione con il lavoro di ricerca.

La ricostruzione di un modello digitale, prima fase del progetto che prevede un ulteriore sviluppo biennale focalizzato sull'area Ufficiali del Vespucci, riflette le complessità ottenute nei processi di acquisizione sopra descritti e superati con successo nella fase di post-produzione dei dati.

Il progetto sta procedendo al completamento di tutti gli elaborati grafici bidimensionali necessari alla descrizione tecnica di tutti gli spazi che compongono la Nave; parallelamente la ricerca sta sviluppando la ricostruzione virtuale della Sala Consiglio e i tour virtuali dell'intera Nave, che saranno approfonditi per esigenza di spazio in futuri articoli scientifici.



Fig. 8. Nuvola di punti della Sala Consiglio e degli ambienti di comando della Nave.

## Note

[1] Da alcuni anni il Laboratorio di Rilievo del DiDA è impegnato in collaborazioni con Enti del Ministero della Difesa, come Aeronautica e Marina Militare, conducendo specifiche ricerche e sperimentazioni didattiche attraverso l'utilizzo delle tecnologie digitali. Tali progetti sono finalizzati alla realizzazione di modelli digitali di cui si ricorda, oltre a quello proposto nel presente articolo, il progetto relativo al complesso architettonico dell'Istituto di Scienze Militari Aeronautiche di Firenze progettato dall'Architetto Raffaello Fagnoni, meglio conosciuto come Scuola di Guerra Aerea delle Cascine di Firenze. Dal 2022 al progetto partecipa anche l'Università di Pavia, con coordinamento di Marco Ricciarini

## Riferimenti bibliografici

Carpani P. (2008). *La più bella del mondo. Nave scuola Amerigo Vespucci*. Imperia: Centro Stampa Offset.

Lorusso E. (2019). *Nave Vespucci. Diario di bordo (radiofonico) dalla signora dei mari*. Milano: Mursia.

Russo Kraus G. (1998). *Geometria dei galleggianti*. Livorno.

Girace C. (2006). *Rilievo di carene navali mediante tecniche di reverse engineering: laserscanner3d - fotogrammetria*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Aerospaziale, Navale e della Qualità XVIII CICLO. Università Degli Studi Di Napoli "Federico II".

Pandolfini, E. (2012). Architettura e spazio urbano. In *Realtà aumentate. Esperienze, strategie e contenuti per l'Augmented Reality*, pp. 65-108. Milano: Apogeo.

Ruggiero M.E. (2007). *Note sull'evoluzione del disegno nel progetto navale*. Rapallo.

Ruggiero M.E. (2017). *Point of view*. Genova.

Brown T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Can Transform Organizations and Inspire Innovation*. Chigago: World Book Company.

Bollini L., Greco M. (2008). *Organizzare presentazioni efficaci*. Milano: Hoepli.

## Autori

Stefano Bertocci, Università degli studi di Firenze, stefano.bertocci@unifi.it

Matteo Bigongiarì, Università degli studi di Firenze, matteo.bigongiarì@unifi.it

Marco Ricciarini, Università di Pavia, matteo.ricciarini@unipv.it

*Per citare questo capitolo:* Stefano Bertocci, Matteo Bigongiarì, Marco Ricciarini, La documentazione digitale della Nave Scuola Amerigo Vespucci della Marina Militare Italiana/ The digital documentation of the Italian Navy's training ship Amerigo Vespucci. In Bergamo F., Calandriello A., Ciamaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2333-2348.



# The digital documentation of the Italian Navy's training ship Amerigo Vespucci

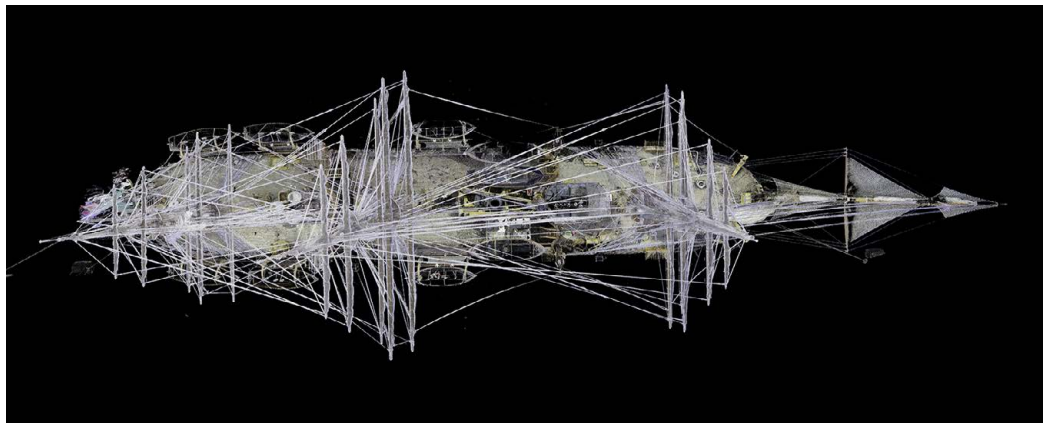
Stefano Bertocci  
Matteo Bigongiari  
Marco Ricciarini

## *Abstract*

The documentation project of the Amerigo Vespucci ship aims to create a reality-based digital database of the vessel. Using advanced technologies such as 3D laser scanning and photogrammetry, the surfaces of the ship have been meticulously captured, allowing for the creation of textured digital models and exploration of the environments through augmented and virtual reality. The digitization project focused on the accurate acquisition of data from both the internal and external structures of the ship. Scans covered all accessible volumes, employing high-precision tools for the more complex environments. Documentation involved the creation of a detailed point cloud, using various levels of detail depending on the complexity and cultural significance of the analysed spaces. Data processing ensured a faithful and multi-scale representation, suitable for both preservation and dissemination. The research also involved significant innovation in the field of digital nautical surveying, adapting methods and instrumentation to an object of great historical and architectural complexity like the Vespucci. The project not only digitally preserves an important cultural heritage but also opens up new methodologies for understanding and interacting with historical naval heritage.

## *Keywords*

Digital Survey, Marina Militare, Nave Amerigo Vespucci, TLS



Top view of the ship's point cloud. Authors' elaboration.

## Introduction

The documentation project of the Amerigo Vespucci ship reports the results related to renewed research perspectives, achieved through a fruitful collaboration involving the Department of Architecture of the University of Florence (DiDA) and the Italian Navy, particularly with the *7° Reparto Navi dello Stato Maggiore* [1].

The objective of the research project is to create a reality-based digital database of the Vespucci Ship through the experimentation with current integrated surveying methods. The methodological approach involves the use of range-based instruments for high-resolution 3D laser scanning, integrating image-based data to describe the shape and materiality of all the objects that make up the ship, such as furnishings, armaments, and particularly complex equipment. The project also aims to create textured digital models that allow for different outputs, including scaled digital reproductions of environments for the development of mixed reality, AR, and VR experiments.

The purpose of this contribution is to describe the documentation and 3D surveying activities of the Vespucci Ship, a virtuous example of historical testimony of evident heritage value, whose excellence is recognized worldwide. These surveys have been conducted using integrated digital technologies. The research is developed with the intention of providing the Italian Navy with a useful tool for both the management of constant maintenance interventions on the ship and the digital enjoyment of some of its most representative environments. The research team has therefore developed a proposal aimed at creating a complete point cloud of all accessible areas of the ship, in order to adhere to nautical graphics standards through drawings in plan and section, of the levels of the decks, interiors, and upper deck. At the same time, 3D digital models, mapped with textures and virtual tours, have been created to allow the public to access the most significant areas of the vessel.

The peculiarity of the research lies precisely in promoting a specific and innovative theme related to nautical representation, using reality-based digital surveying methodologies. The working criteria and operational procedures of these methods, already established within the research group and in the field of drawing disciplines, had to be reconsidered due to their application to an object that cannot be strictly defined as architectural. This was done in order to document and describe with high reliability the material characteristics and decorative details on an architectural scale.

## The most beautiful ship in the world

The Amerigo Vespucci is the oldest and most admired vessel of the Italian Navy currently in service. In 1962, during a sailing period in the Mediterranean, the American aircraft carrier USS Independence encountered the ship and asked, "Who are you?" When they received the response, "Training ship Amerigo Vespucci, Italian Navy," the aircraft carrier turned off its engines and sounded three blasts of the siren as a salute, replying, "You are the most beautiful ship in the world."

The history of the Amerigo Vespucci began in the second half of the 1920s when the Italian Navy undertook the renewal of units for training cadets at the Academy. Despite technological progress in the sector, the Navy believed that the best way to teach the secrets of navigation was on board a sailing ship, where maneuvers were carried out strictly by hand, combining the contributions of experienced personnel with those of the cadets.

The project was entrusted to engineer and lieutenant colonel of the Naval Engineering Corps, Francesco Rotundi, who had been the director of the Royal Shipyards of Castellammare di Stabia (NA) since 1925. Between 1930 and 1931, spurred by the nationalist spirit promoted by the fascist regime, two twin ships named after the great Italian navigators, Amerigo Vespucci and Cristoforo Colombo, were built and integrated into the Training Ship Division. In designing the two ships, engineer Rotundi was inspired by the vessels of the early 19th century and particularly wanted to recall the work done by Neapolitan naval engineer Sabatelli for the flagship of the Royal Navy of the Kingdom of the Two Sicilies, the

Monarca. The white chrome bands along the sides of the Vespucci indeed refer to the two lines of cannons present on the latter.

The Vespucci was launched on February 22, 1931, in Castellammare di Stabia. After being fully fitted out, it departed on July 2nd for Genoa where, on October 15, 1931, it received its battle ensign from its first commander, Augusto Radicati di Mamorito. Since then, its task, along with its sister ship Colombo, has always been the training of cadets.

However, the two sister ships had different fates: while the Vespucci still stands today as a testament to the early naval architectural excellence, the Cristoforo Colombo was transferred to the Soviet Union after World War II.

### Digitization methodologies

To create a digital model of the Ship, it was necessary to carefully plan the data acquisition in the field, considering both the characteristics of the vessel and the conditions of the surrounding context. The Vespucci Ship has a steel hull that is 82 meters long, with three deck levels, divided into the battery, the corridor with the forecastle, and the aftcastle and quarterdeck at the bow and stern, respectively, while the interior is divided into six decks (or levels). The length from the stern to the top of the bowsprit reaches 101 meters, the hull is 15.56 meters wide, and it has a sail area of 2,650 square meters distributed across 24 square and stay sails made of olona canvas. The masting consists of three additional masts and a bowsprit: the mainmast (54 meters), the foremast (50 meters), and the mizzenmast (43 meters), with the lower parts of the masts and the lower yards made of steel. The brief description of the technical characteristics of the vessel highlights the complexity involved in developing a scientific documentation project for the ship.

The data acquisition operations required careful planning to capture as much morphological information as possible. It should be noted that during the data collection period, the ship remained operational: during the winter months, it hosts about 330 passengers in addition



Fig. 1. The Vespucci ship moored at the port of Livorno.

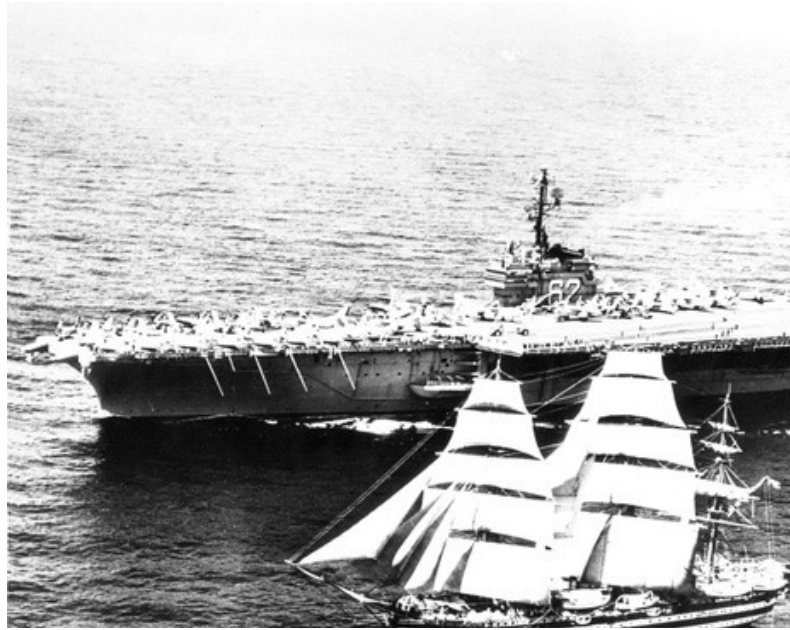


Fig. 2. image of the historic meeting between the US aircraft carrier USS Independence and the Vespucci Ship, Mediterranean Sea, 1962.

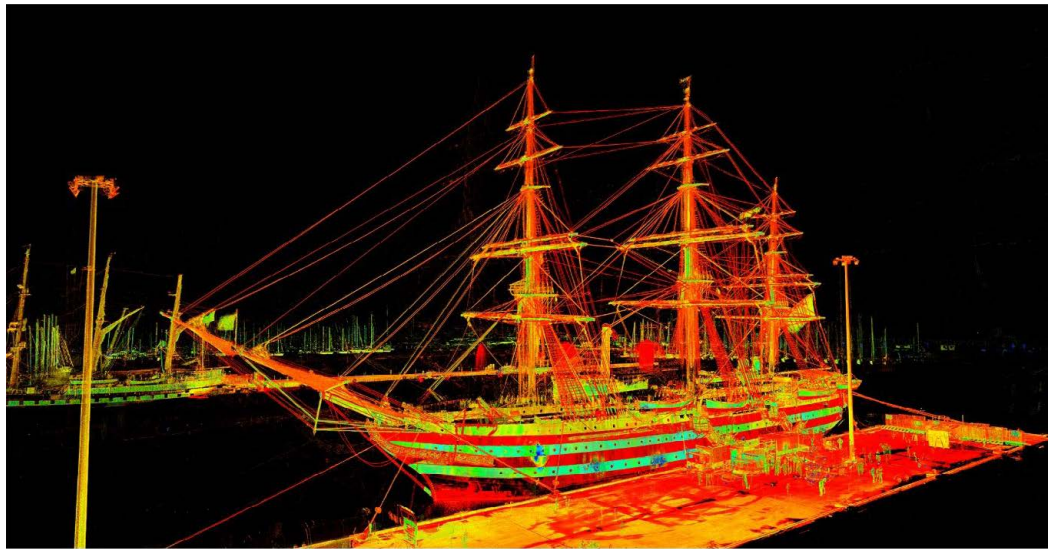


Fig. 3. Point cloud obtained in the first surveys conducted in the port of Livorno, 2019.

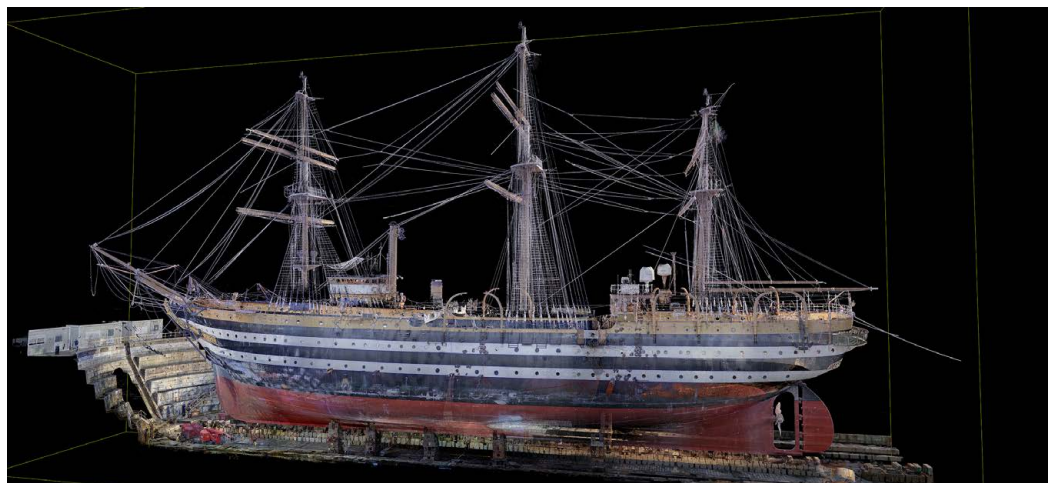
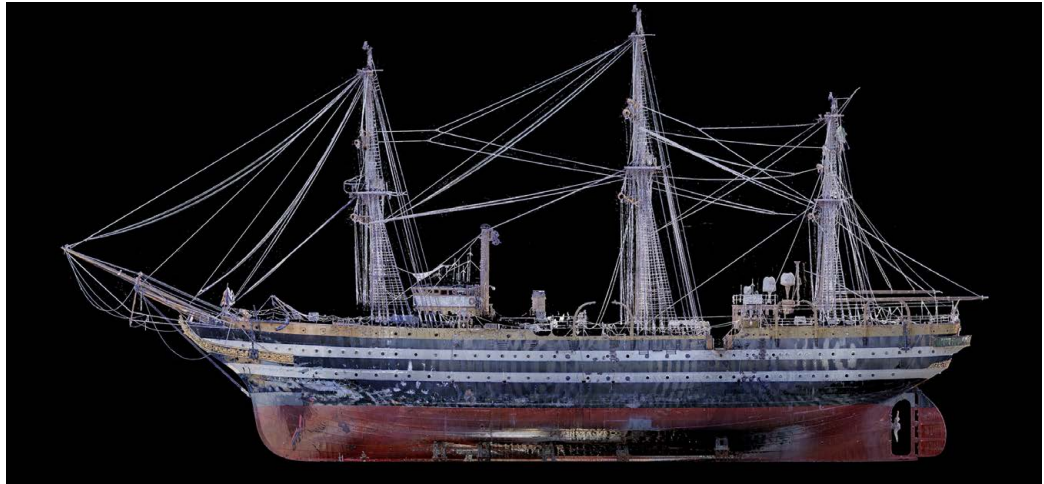


Fig. 4. Perspective view of the point cloud of the Vespucci ship.



Figs. 5, 6. Orthogonal projection views of the Vespucci ship.



to the service staff, who collaborate in the maintenance of all the vessel's components to prepare it for summer navigation. Since access to the Vespucci is only allowed during the maintenance periods, the surveys were conducted in multiple campaigns held between 2020 and 2023. This extension was also due to the pandemic period and the post-pandemic procedures.

Laser scans of all the internal and external surfaces of the vessel were acquired: the keel was surveyed during the winter months while the Vespucci was undergoing extraordinary maintenance at the La Spezia Military Arsenal; on this occasion, it was possible to capture the Ship while it was in dry dock, while the other environments were surveyed during periods when it was moored at the dock in the Arsenal. The acquisitions were carried out using two instruments with different technical characteristics: for the measurements of the keel, the external deck, the noble areas of the Vespucci, and all the zones necessary to build the connections between the internal decks, a Z+F 5016 was used, while for all the internal environments that did not have particular complexities, an instrument with lower range and quality, a Faro M70, was used. The choice of a less precise instrument is directly related to the distances to be acquired, which in the case of the environments located on the internal decks of the ship are minimal, making the use of higher accuracy equipment unnecessary. While there were no issues in setting the level on the instrument for the scans conducted in dry dock, the same cannot be said for those carried out on board while the ship was afloat

in port: since the instrument was in an environment where the movement was consistent with the oscillation due to the ship's rolling and pitching motion, it was possible to correctly acquire the spaces even though the set of points was not leveled. The correct verticality of the overall point cloud of the Vespucci was adjusted in post-production, following the registration of the point cloud based on the ship's waterline, fixing the origin of the reference system at the ship's rudder and the x-axis coinciding with the keel line.

The point cloud was designed to be multi-scale: a higher level of detail, with a spacing of 0.2 cm between points, suitable for 1:20 scale representation, was chosen for the Council Room, the main representative space rich in architectural details and housing furniture and artworks; the main areas of the Ship, namely the keel, the above-water structure, the bulwarks, and the main decks, as well as the internal spaces and principal decks, were acquired at a 1:50 scale, with a maximum spacing of 0.6 cm between points; the service areas of the ship were finally acquired at a 1:100 scale, with a maximum spacing of 1.5 cm between points. The complete registration of all data combined more than 1,000 scans. The error was meticulously controlled after each rotation and translation, and thanks to the data extracted from the closure of closed scanning paths both outside the ship and within the individual decks, results suitable for the predetermined scale of representation were achieved.

### Dissemination of Spatial and Cultural Content

The project thus follows a path structured around three fundamental aspects: research, knowledge, and communication of the project. The research aims to experiment with digital investigation methodologies using laser scanners and S.f.M. (Structure from Motion) photogrammetry. The representation of the Vespucci Ship, in its peculiar dimensional, structural, and functional aspects, allows for a better understanding and comprehension of the different areas that make up the vessel. The first phase of research enabled a detailed analysis of the officers' area, located at the stern of the ship, conducting a detailed survey of the Council Room and the Officers' Corridor. The documentation of the ship's representative area was carried out accurately through high-definition scans and image-based 3D models, providing an interesting foundational 3D documentary material to create a product aimed at defining the third and final aspect: the communication of the project's contents. The three-dimensional restitution of the data allowed for the development of a subsequent operational phase aimed at the virtual museumization of the Amerigo Vespucci, focusing attention on modern methodologies of virtual enjoyment of Cultural Heritage. The creation of a suggestive and engaging visit experience, sustainable through the use of augmented reality, opens up the possibility of creating an informative product about the history of the Ship, capable of reaching a renewed and broader audience and increasing technical knowledge about the Vespucci. Through video reconstructions and timed projections, visitors will be

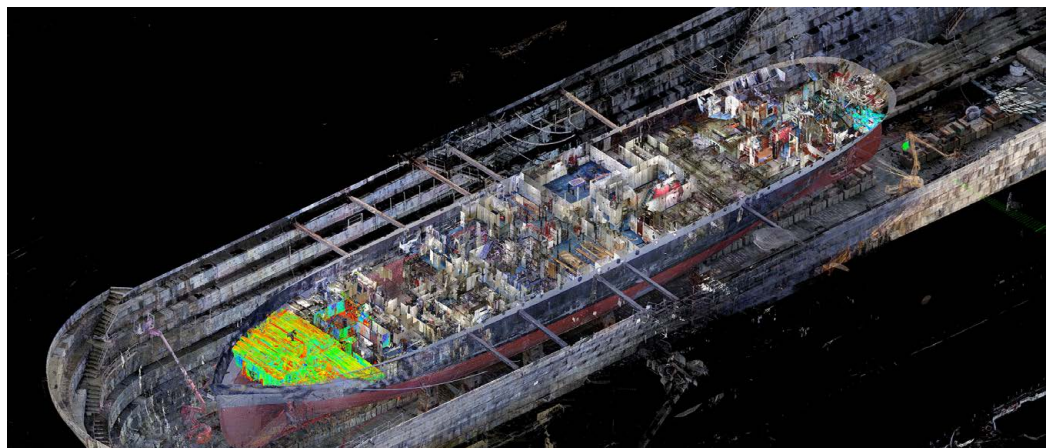


Fig. 7. Axonometric view of the point cloud.

guaranteed emotional and immersive experiences that can optimally convey and communicate the multiple scientific information.

## Conclusions

The project opens new research challenges and experiments with contemporary digital documentation methodologies applied to the complex field of nautical studies, with implications related to the highly heritage-rich character of the Vespucci Ship. To correctly define the three predetermined objectives research, knowledge, and communication—it was necessary to conduct a multi-level investigation, taking into account the various conditions encountered during field surveys, the numerous data acquired in relation to the functions, maneuvers, and equipment present on the main and internal decks. Significant complexity arose from choosing the level of detail and the amount of information to be rendered in the drawings, following a path shared with the Navy representatives collaborating on the research work. The reconstruction of a digital model, the first phase of a project that anticipates further biennial development focused on the Vespucci's Officers' area, reflects the complexities encountered in the acquisition processes described above and successfully overcome in the data post-production phase. The project is progressing towards the completion of all the necessary two-dimensional graphic documents for the technical description of all the spaces that make up the Ship; simultaneously, the research is developing the virtual reconstruction of the Council Room and the virtual tours of the entire Ship, which will be further detailed for space considerations in future scientific articles.

## Notes

[1] For several years, the Survey Laboratory of DiDA has been engaged in collaborations with entities of the Ministry of Defense, such as the Air Force and the Navy, conducting specific research and educational experiments through the use of digital technologies. These projects are aimed at creating digital models, among which, in addition to the one proposed in this article, the project related to the architectural complex of the Institute of Aeronautical Military Sciences in Florence, designed by Architect Raffaello Fagnoni, better known as the Air War School of Cascine in Florence, is noteworthy. Since 2022, the University of Pavia has also been participating in the project, coordinated by Marco Ricciarini.



Fig. 8. Point Cloud of the Sala Consiglio and the ship's command environments.

## References

- Carpani P. (2008). *La più bella del mondo. Nave scuola Amerigo Vespucci*. Imperia: Centro Stampa Offset.
- Lorusso E. (2019). *Nave Vespucci. Diario di bordo (radiofonico) dalla signora dei mari*. Milano: Mursia.
- Russo Kraus G. (1998). *Geometria dei galleggianti*. Livorno.
- Girace C. (2006). *Rilievo di carene navali mediante tecniche di reverse engineering: laserscanner3d - fotogrammetria*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Aerospaziale, Navale e della Qualità XVIII CICLO. Università Degli Studi Di Napoli "Federico II".
- Pandolfini, E. (2012). Architettura e spazio urbano. In *Realtà aumentate. Esperienze, strategie e contenuti per l'Augmented Reality*, pp. 65-108. Milano: Apogeo.
- Ruggiero M.E. (2007). *Note sull'evoluzione del disegno nel progetto navale*. Rapallo.
- Ruggiero M.E. (2017). *Point of view*. Genova.
- Brown T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Can Transform Organizations and Inspire Innovation*. Chigago: World Book Company.
- Bollini L., Greco M. (2008). *Organizzare presentazioni efficaci*. Milano: Hoepli.

## Authors

Stefano Bertocci, University of Florence, stefano.bertocci@unifi.it  
Matteo Bigongiari, University of Florence, matteo.bigongiari@unifi.it  
Marco Ricciarini, University of Pavia, marco.riccianini@unipv.it

To cite this chapter: Stefano Bertocci, Matteo Bigongiari, Marco Ricciarini, La documentazione digitale della Nave Scuola Amerigo Vespucci della Marina Militare Italiana/ The digital documentation of the Italian Navy's training ship Amerigo Vespucci. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2333-2348.