

From digital survey to serious game. A process of knowledge for the Ark of Mastino II

The Complex of the Scaliger Arks comprises several Gothic-style funerary monuments built by the Della Scala family, lords of Verona, to keep the memory of the illustrious dynasty. Among the tombs of the open-air funerary complex, located in the very historic core of the city, the arks of Cangrande I, Mastino II and Cansignorio stand out for their magnificence. Mastino II Della Scala, who ruled from 1329 to 1351, chose the current area as the family's graveyard and its Ark is arguably the most important of the complex. It constitutes a singularity not only for its remarkable decorative apparatus, but also for its role of powerful communication tool in the urban context. Structural criticalities and material issues prompted the start of a knowledge process that aims at supporting restoration practices on the monument, but goes beyond that by proposing an innovative strategy for its valorisation based on a serious game.

The research established a digital documentation protocol for the monument, achieving a high level of completeness without harming its precarious state of conservation. Then, from the results achieved, the activities pursued a virtuous process of dissemination in order to valorise one of the most important witnesses of the history of Verona.



Sandro Parrinello
Associate professor, PhD in Representation and Survey Sciences with the title of European Research Doctor. He is director of Laboratory DAda-LAB and of joint laboratory "Landscape Survey & Design" of University of Pavia. He is responsible for several national and international research projects, member of editorial committees of international scientific series and journals, and he has organized several international conferences on the subject of heritage documentation.



Alessia Miceli
After graduating in Building and Architectural Engineering at the University of Catania and working with the Lincolnshire County Council (UK), she is a fellow of DAda Lab since January 2020. Her core research is the diagnosis of surface alterations through digital survey and the construction of informative systems out of survey data to support the monitoring and management of the built heritage.



Francesca Galasso
PhD student in Design, Modeling and Simulation in Engineering, cycle XXXV, at the University of Pavia, she graduated in building engineering and architecture in September 2018 at the same university. Currently she actively collaborates within the research laboratory DAda Lab dealing with research projects on three-dimensional geometric modeling systems for the extensive documentation with the development of compatibility protocols and implementation of these models in immersive virtual scenarios for simulation and serious game purposes.

Keywords:
Digital documentation; 3D Model; Serious game;
Scaliger tombs; Verona

1. THE ARK OF MASTINO II

The canopy gravestone is a type of funerary monument that exceptionally represents the will to celebrate the greatness of the deceased. They reach an intense formal maturity in the Medieval Age, in a season of patronage that involves some of the most powerful Italian lordships, particularly the Visconti in Milan and the Scaligeri in Verona. While committed in a military, as well as a cultural fight, these families foster new artistic productions, permeated by new Gothic influences coming from domestic and transalpine contexts [1]. Despite some peculiarities due to different commissions, periods and places, these funerary monuments have similar typological and formal characteristics, mainly responding to the features of gothic architecture. Nevertheless, they still conserve elements of the Romanesque and Byzantine repertoire, particularly in the decorative apparatus.

The Scaliger Arks are significant examples of this typology, such notable as to inspire other majestic funerary monuments centuries later [2], and to arouse the interest of many intellectuals who admired them. The Ark of Mastino II, for instance, attracted the attention of John Ruskin during his trip through Veneto: he described the monument as "altogether exquisite as a work of art" with a "composition [...] as perfect as its decoration refined" [3] (Fig. 1).

The propension to verticality in funerary architectures has old origins: when considered in a historical continuum, hellenistic, imperial and byzantine tombs well represent the evolution of the typology of the canopy, as a commemoration of the sacred and representation of the otherworldly journey of the deceased. In fact, this architectural typology has sources in elements that are not from a strictly architectural language and affirms a stylistic and formal expression that connects and addresses an audience beyond the urban dimension of the city of Verona. In this sense, the Ark is an optimistic monument that accompanies not only the deceased but also the city that hosts him in a travel through time and a dialogue between the East and the West.

Fig. 1 - A sketch of the tomb of Mastino II by John Ruskin (1852). Graphite and watercolour on wove paper, 45,9 x 36,0 cm. Credits: University of Oxford - Ashmolean Museum.



Although the Ark reaches exquisite formal qualities, its uniqueness lies in the fact that it is part of a particular group of funerary monuments. Being set in an open-air location they are in continuous dialogue with the city, and act as reminders and sources of pride for the citizens. In this case, the lord implemented his will to perpetuate and glorify his memory by moving his mausoleum from the city of the dead to the city of the living. Here it becomes a narrative medium and literally every surface is used to express magnificence, power, virtues and christian lessons, through allegorical and didactic topics, visible and, more importantly, understandable, by everyone. Mastino II Della Scala [4] (Fig. 2) ruled from 1329 to 1351 and led the lordship to its largest expanse [5]. When he passed in 1351, his corpse was buried in the marble ark which he had wanted as his grave. The area where the Ark lies had been a churchyard for centuries when Mastino II elided it as his family's graveyard. It is situated in the very historic core of Verona, adjacent to the Church of Santa Maria Antica, a remarkable Veronese Romanesque example. It currently contains the arks of Cangrande I, Mastino II e Cansignorio, and the tombs of other members of the dynasty. The Ark of Mastino II is arguably one of the masterpieces of 14th-century Gothic art. Built as a finest stone-carved canopy, it develops in two rectangular-shaped floors, (approximately 3.10x3.50m) covered by a pyramidal roof. The ground level has a white Verona marble basement and four red Verona marble columns that sustain a flat, architrave-framed ceiling, painted in blue and gold to resemble a starry sky [6]. The architrave has the epigraph of Mastino sculpted on the four sides. On the first level are four white marble corinthian columns and a magnificent pointed-arch groin vault, featuring a painting similar to that of the lower ceiling. On the same floor lies the sarcophagus of the lord (1.25x2.45m), resting upon a central pedestal and 8 smaller pilasters on the sides. The flanks of the sarcophagus have square frames sculpted with floral and leaves motifs, and thin columns on the sides of religious characters. The sarcophagus lid hosts the statue of the

sleeping lord lying in civil costumes with four angels watching over him. Although barely noticeable due to heavy deterioration, the sarcophagus is made of white and red Verona marble, while traces of blue and gold paintings are still visible on the flanks. The sculptural masterwork continues on the upper level, where trilobed arches and tympanums are all adorned with floral motifs and high-reliefs of key Christian figures [7]. The symbols of the dynasty stand on the top of each tympanum: the crest, a winged dog, and a

ladder sculpted on its heraldic shield. On the summit, over a red marble cornice, is the equestrian statue of Mastino II in full armour [8]. Among the three of the complex, the ark of Mastino II is the only one fully enclosed in a polychrome marble fence, topped with an intricate wrought-iron railing featuring quadri-lobe-framed rung ladders, and four statues of the virtues on the corners (only two of them are still in place). (Fig. 3) The arks have been showing serious signs of decay since the XVI Century [9]. Being set in the

Fig. 2 - The Madonna dell'Umiltà (Mother Mary of the Humility) by Lorenzo Veneziano (1358), kept in the Cappella del Rosario in the Church of Sant'Anastasia, Verona, is supposedly the only portrait of Mastino II and his wife. The couple is kneeling on the sides of the Virgin in the usual position of donors. Fresco transferred to canvas, 145 x 98 cm. Credits: Creative Commons.





Fig. 3 - On the Left: view of the Ark of Mastino II from the side of the Church of Santa Maria Antica. On the right: above, details of the North-East tympanum and below, the Sarcophagus.

core of the city, on the one side, implements the communicative purpose of the monument; however, from the conservation and maintenance point of view, causes issues both in surfaces and structures.

These factors add to another issue: the loss of a communicative power that used to work through allegory and images, and therefore, needs to be decoded in order to be fully appreciated. Nowadays there are few chances for disseminating and raising awareness of the monuments: as a

result, their presence in the historic city of Verona, despite visually impressive, is depleted of the communicative power they originally had.

The development of a knowledge framework and the update of survey documentation match with the aim of transposing the identity of the Arks into a digital database. An integrated three-dimensional survey, a complete photographic dataset documenting the current state of the monument, a database of the decays and conservation criticalities are the objectives of this research.

From a documentation point of view, specific challenges are posed to techniques and technologies of digital survey. In fact, the prevalent vertical development, combined with the fact that they are usually set in particularly dense urban areas, amplifies criticalities that affect all the levels of the conservation process. Their intrinsic characteristics raise concerns about structural instabilities, besides the degradation phenomena see a strong variation according to the height considered.

The same characteristics create difficulties in the operations of investigation, adding to the usual criticalities of developing monitoring and maintenance strategies (De Marco, Miceli, Parrinello, 2020).

Moreover, other questions specific to the case study must be pointed out, mainly due to three factors: the precarious state of conservation of surface materials, that highlight the need to carry out the operations limiting the contact with the object as much as possible; the complexity of structural and decorative apparatus, forcing us to re-define documentation strategies in order to adapt to multiple inclinations and hardly accessible surfaces (the back of tympanums, high vault ceilings, elements particularly close to the fence); evidence of interventions succeeded over time, suggesting critical thinking about the issues detected, the effects of such interventions and how to deal with them in a conservation point of view.

Based on the premises, a documentation project has been set up, in parallel with documentation and diagnostic actions.

The digital transposition of the monument offers further dissemination potential. A cultural interaction with the Ark can find new forms of implementation overcoming the constraints of a fruition in situ, and becoming a new digital and interactive product. Digital platforms can be used with new modes and offer immersive and remote accessibility, enhancing the ability to transfer cultural information, presented according to specific communicative purposes.

As widely discussed, Information and Communication Technologies have been influencing the cultural heritage industry by offering incredible opportunities for valorising our Heritage (Cesaria et al., 2019). Digital tools are increasingly powerful and accurate and establish new paradigms expanding the dissemination of cultural messages. Recent multimedia technologies [10] have been offering visitors new opportunities for interacting and actively engaging with the object, particularly through gamification.

Some studies (Guillén-Nieto, Aleson-Carbonell, 2012) assessed the efficacy of gamification and Serious Games, proving better results in learning. In fact, what characterizes a Serious Game is achieving an objective through an entertaining experience, thus enhancing the process of acquiring given information.

According to this result, the development process of a Serious Game is different to the one of a usual multimedia application, because videogames are constrained in the combination of two essential sets: that of interactivity and that of narrative (Maietti, 2017, p.67). In particular, it is the interaction aspect that allows for a symbolic-deductive acquisition of information, by structuring the educational content and its presentation (Capdevila, Marne, Labat, 2011, p. 82).

These premises inform the documentation action fostered by the Rotary Club of Verona and the Municipality of Verona, with the cooperation of professors, fellows and Ph.D. students of the laboratory DADA-Lab of University of Pavia.

The project has developed a critical-knowledge process, capable of reaching adequate levels of completion without affecting the already precarious conservation status. Then, technical possibilities of digital databases were used for developing a Serious Game for the Ark of Mastino II, in order to stimulate new interest in the heritage of the urban context of Verona and engage a larger community.

Fig. 4 - Clockwise from top left: survey activities conducted by UAV photogrammetry, terrestrial laser scanner, ground photogrammetry and structured-light scanner.

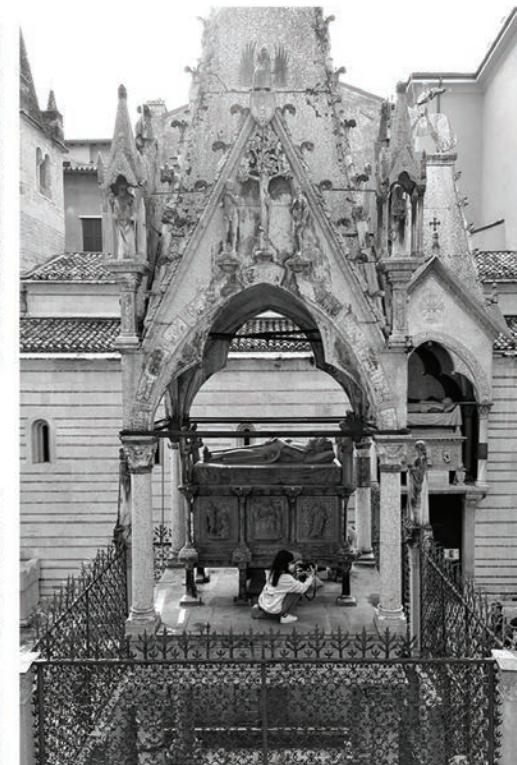




Fig. 5 - Views of the RGB colour point cloud obtained from the TLS survey.

Fig. 6 - Detail of the mesh model elaborated from UAV photogrammetry.



The aim is to exploit the potential of the monument in terms of dissemination of historical and architectural culture while conserving its material and immaterial value.

2. INTEGRATED DOCUMENTATION STRATEGIES TOWARDS THE CONSERVATION OF A PECULIAR URBAN MONUMENT

In response to the needs emerged, the documentation activities have been planned with a first focus on understanding the object's composition, by applying a semantic decomposition according to morphological and constructive components on different layers [11]; secondly, the measured survey operations have been planned using a combination of instruments and technologies (Fig. 4).

The lidar scanner survey, with the Faro Cam 2 Focus S150, produced 34 colour scans, performed from the ground level and from relevant elevated spots previously identified. The result is an accurate point cloud, which proved essential to calibrate outputs from the other instruments (Fig 5).

With the TLS we also obtained the first accurate survey of the underground grave located under the Ark's basement. This space, still barely unknown, contains human remains of uncertain attribution. In order to capture material data a photogrammetric survey has been carried out in two coordinated phases: an acquisition from the ground, and one at high altitude with a DJI Mavic Mini drone. The latter has been used to capture elements at high altitude, obtaining high detail documentation of the decorative apparatus - tympanums, edicula, the equestrian statue - and access elements otherwise inaccessible as the back of tympanums and the covered parts of roof (Fig. 6).

The ground photogrammetry was used with columns, capitals, vaults, and, a particular focus on the architrave sculpted with the epigraph [12], the main element of the commemorative function (Fig. 7).

For the sarcophagus, two solutions have been implemented: SfM photogrammetry and structured-light scanning. Photogrammetry from the ground and from a telescopic pole was used to

Fig. 7 - Photogrammetric 3D model of the architrave sculpted with the epigraph of Mastino II. The planning of the survey activities highlighted the need to use a telescopic system to acquire high-altitude details where the use of UAV proved not feasible.

obtain high-resolution orthogonal views of the surfaces, while structured-light scanner Artec Eva was used to obtain an accurate 3D model of the entire object.

With the tool working best at a limited distance range (50-70 cm), the operator captured 98 scans - with relative overlapping areas. In the post-production phase, the scans have been processed by deleting the unnecessary polygons, aligned and registered, obtaining a high-resolution textured mesh model (Fig. 8) (Parrinello, Dell'Amico, 2019, pp. 418-432).

The alignment of the databases took place on the basis of the laser point cloud, which is more metrically reliable. In particular, in order to obtain a complete and integrated database in all its parts, the resulting outputs have been aligned using printed targets - located in areas strategically identified to obtain the best alignment results, but paying attention to choose among the best conserved surfaces - and natural targets conserved surfaces - and natural targets identified in the details and decorations of the monument - again choosing the best conserved parts to take advantage of the most well defined edges and vertices. In particular, the data deriving from the acquisition from the drone was georeferenced within the Metashape software, obtaining an average alignment error of 2 cm. Given the very high degree of detail on the decorations and the considerable height of the artefact, the alignment by target is appropriate for the subsequent processing phases.

The first result of the research is bidimensional high-reliability drawings (a total of 17) of fronts, sections, horizontal and vaulted ceilings. These outputs aim to depict a photograph of the current state, useful to focus on the critical aspects of the monument in regards to its conservation (Fig. 9).

Fig. 8 - The 3D textured model of the sarcophagus obtained from the structured light scanner after the post-processing phase.



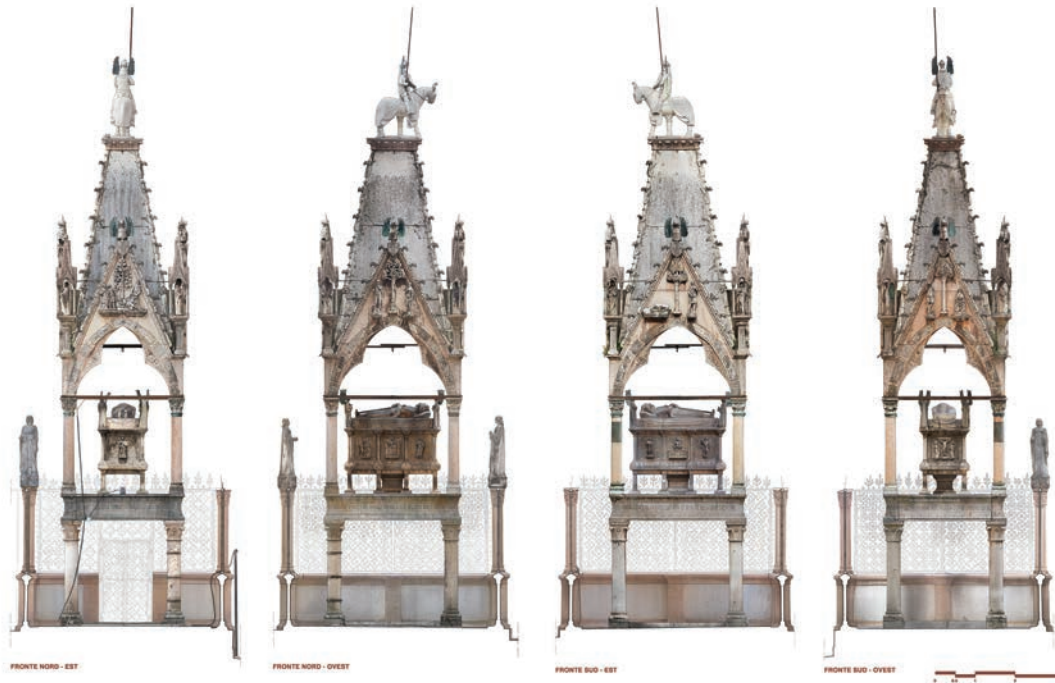


Fig. 9 - The fronts of the Ark of Mastino II with 2D drawings on material photoplanes.

In this direction, visual inspection allowed for detecting the main alterations affecting materials and structures.

After identifying and mapping the decays on the drawings, they have been catalogued by a unique code, corresponding to an atlas of census sheets. The use of an informative census card connected to a digital database is tailored to the case study, in order to collect all the relevant information and organise it according to a logical structure, with a correspondence to the topological composition of the monument.

The process of census is also optimised thanks to a double mode of filling out the census cards: an on-site survey - with a tablet - for elements immediately censible, and a remote one for elements that require the support of the photographic dataset. The layout, developed on the software

Filemaker is divided into 3 sections: location of the decay in the monument and in detail, in the selected view; photographs, general and details; fields describing the decay, such as what elements are affected, what is the extension and whether or not structures are affected.

The Search and Filter tools manipulate the database and extract information to answer questions such as: how alterations distribute according to the height variation or exposition, what material is more affected by a given decay, what decays affect a given element.

The choice and planning of conservative interventions are thus supported by qualitative and quantitative results, obtainable by using effective queries. The database can be managed, updated and enriched as is required for an informed management of the monument in an informative environment.

The graphic synthesis of this census operation are the decay maps of fronts, ceilings and vaults, that simultaneously represent the detected issues (Fig.10).

The decay analysis particularly focuses on the detection and mapping of the cracks: they are concentrated on the columns, which are the ultimate support of the whole structure. The upper section of the Ark, with the tympanums, the pyramidal roof and the decorative apparatus [13] has an impressive volume of 18.3 m³. It appears therefore mandatory to deepen the analysis with non-destructive inspections, to assess the conservation techniques and the materials used to fill the covering, to consequently calculate its weight.

Additionally, all the evidence suggesting interventions of consolidation and conservation - such as encirclements, tie-rods, replaced blocks and tiles, coring, and consolidation injections - have been catalogued and described in the census sheets. Thus the database offers adequate support to deepen the investigation of structural risks.

In parallel to that, a 3D model has been developed out of drawings and photogrammetric elaborations. The CAD drawings, loaded into the 3D modelling software Rhinoceros were used to create, through NURBS models, all the elements that are approximable to geometric entities, according to discretisation and semanticization by architectural elements, thus obtaining a simplified 3D model to be subsequently enriched. Then, mesh elements have been added for the decorative apparatus and all the elements that due to their geometric complexity, were not approximable to NURBS surfaces. The meshes elaborated from ground-based and aerial photogrammetry were processed with decimation and manual deletion of unwanted polygons in the software Meshmixer, resulting in lighter and more manageable models [14] (Fig. 11). In this sense, a comparison was made between the mesh model resulting from the processing of the point cloud and the reconstructed model, in order

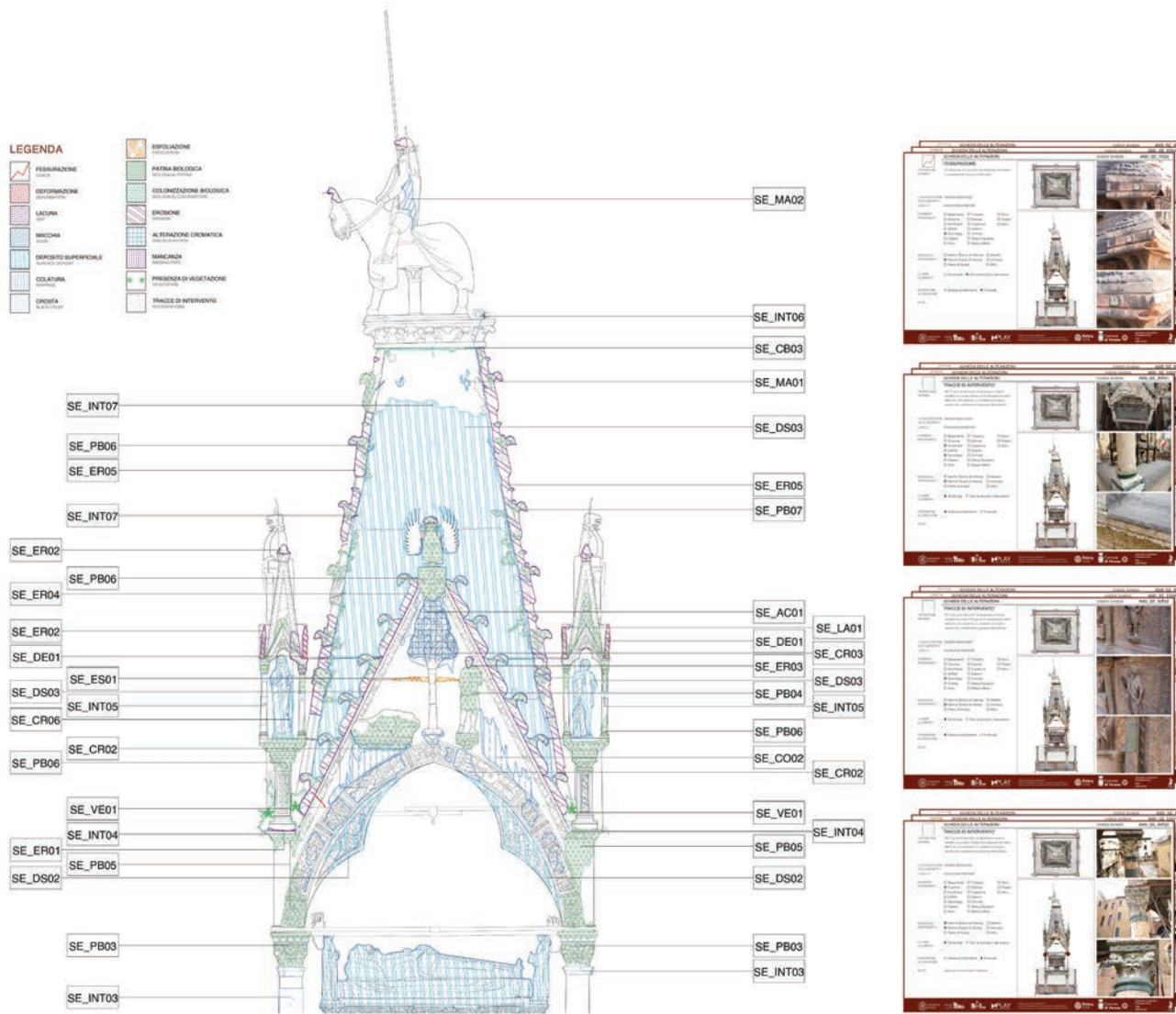
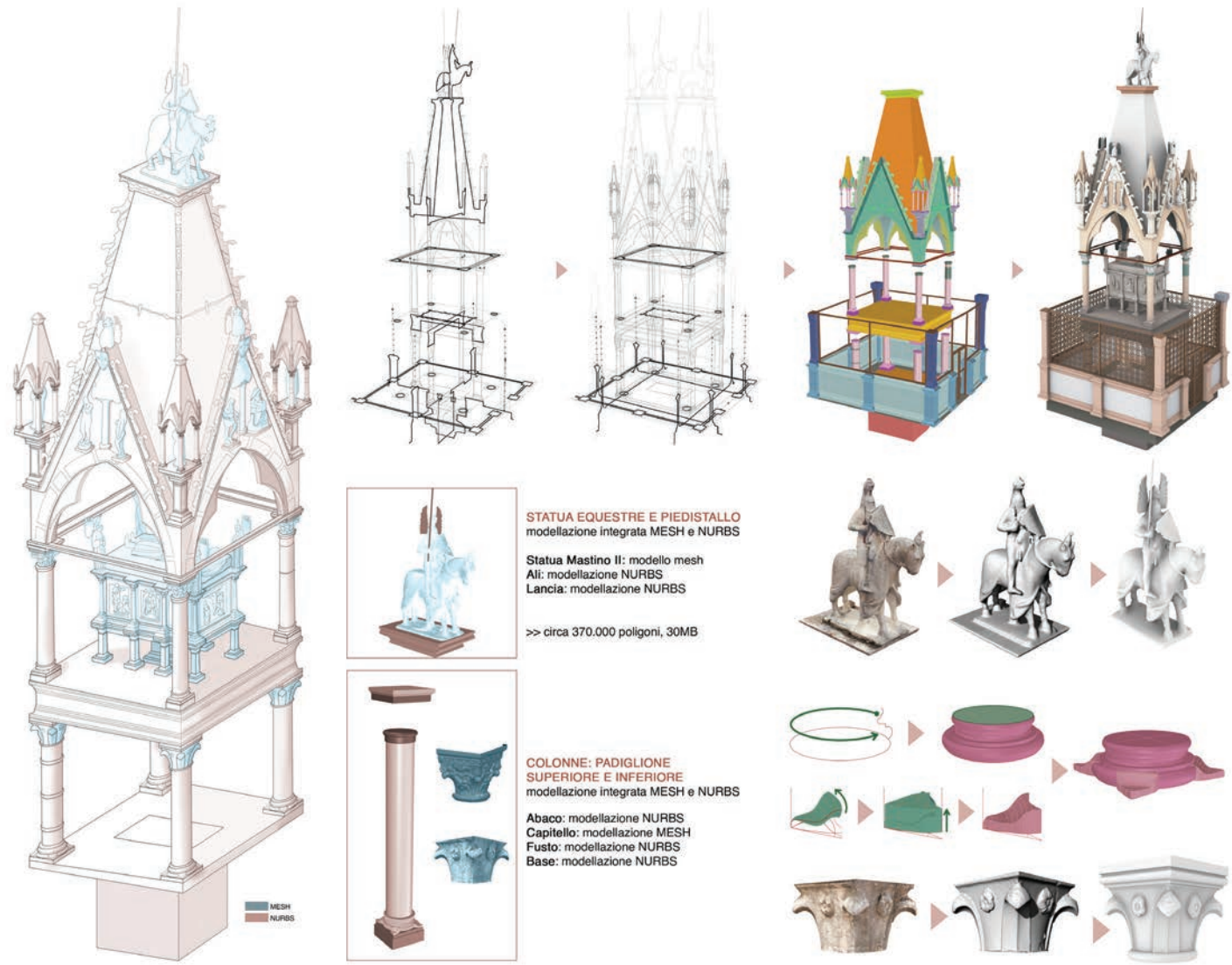


Fig. 10 - Detail of alteration maps elaborated on the architectural drawings of the ark. The alteration codes correspond to a detailed abacus in which every episode is documented with pictures and descriptions according to defined parameters.

Fig. 11 - Phases of construction of the three-dimensional model. The complexity of the monument required that a NURBS-type modelling was used for the structural elements, while the decorative components were later implemented with mesh models.



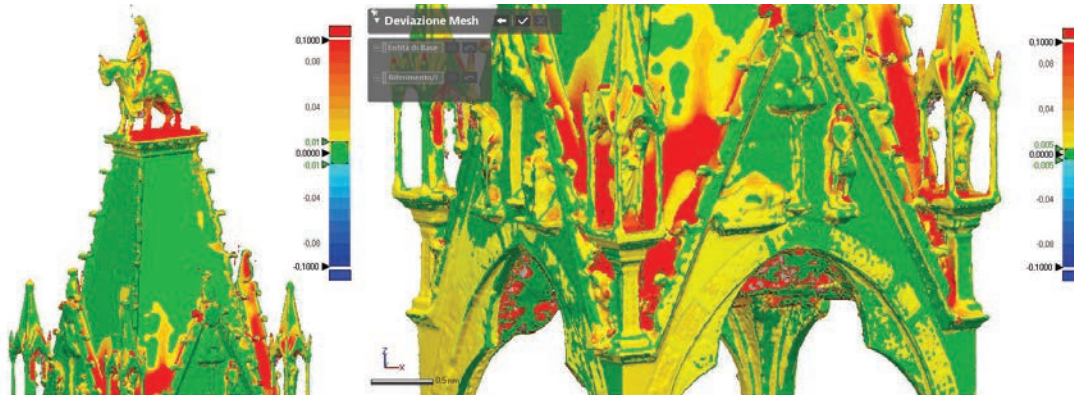
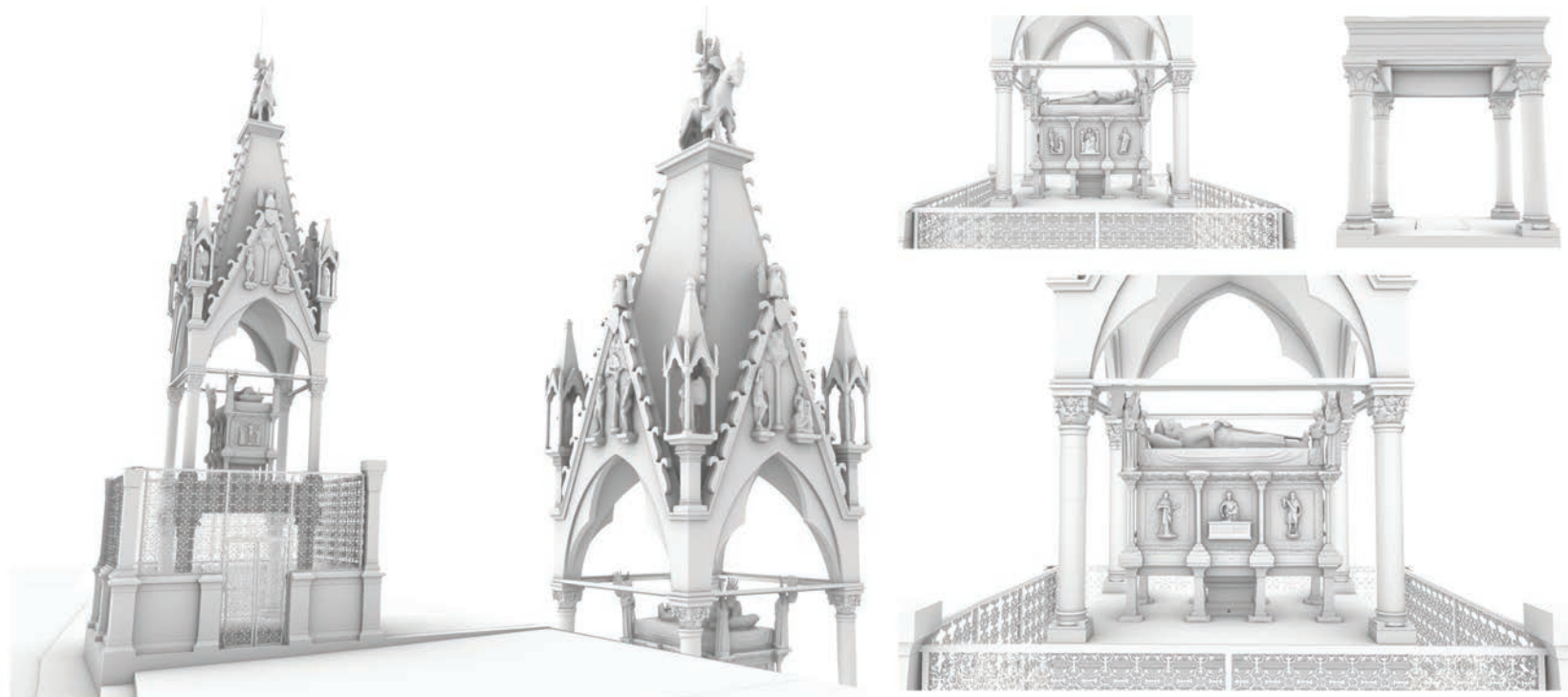


Fig. 12 - Comparison phase between the mesh model deriving from the post-production of the laser scanner data and the hybrid model reconstructed on the basis of CAD drawings and mesh elements.

Fig. 13 - Views of the three-dimensional model.



to study its metric and morphological reliability. The comparison highlighted areas with a high degree of misalignment, which are mainly located in the back-tympanum. This is due to the absence of data in this area, linked to a shadow cone caused by the artifact. In general, there is a good degree of alignment between the two models, making the hybrid model suitable for the subsequent processing steps (Fig. 12). By integrating different types of 3D modelling pipelines, the resulting model is able to accurately represent the geometry and decorative apparatus of the Ark and produce a reliable yet lightweight product that can be used for implementing strategies of analysis and management in an informative environment and, at the same time, of valorisation through the serious game (Fig. 13).

3. SCALIGER'S TALE GAME: THE SECRET OF MASTINO II. A TOOL FOR VALORISATION AND DISSEMINATION

The first phase of the development of the Ark of Mastino II Serious Game was the design of the game concept, during which some of the main aspects, regarding the platform, graphics and interaction system have been established.

The video game has been developed to work on the PC [15], while in the first phase of graphics development, references from cinema and video game culture led the style choices. The main graphics recalls the characteristics of the video games of the '80s with vibrant colours, neon effects and fluorescent outlines, and is accompanied with 8-bit music [16]. The structure of the video game has been developed according to a tree macro-scheme [17] (Maietti, 2017, p.91); the genre is action and adventure, with questions and puzzles to solve through a point-and-click interaction [18]. The navigation is in third person, with an avatar.

Once the main structure was established, the storyboard was developed and the final objective set. The goal is completing the game by solving quests related to the history and architectural composition of the Ark. Each level is characterized by a time limit within which the puzzles must be solved

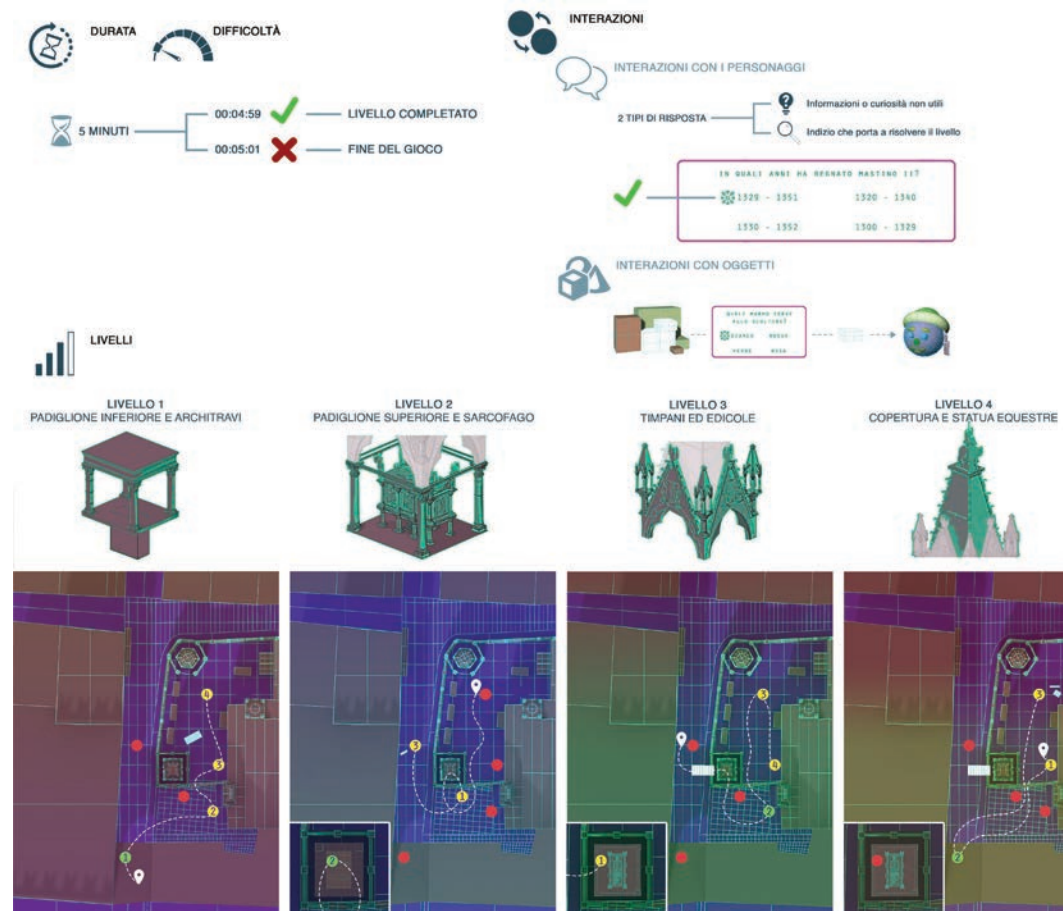


Fig. 14 - During the first phase of game development, the general characteristics and rules of the game were defined.

[19]: this choice aims at stimulating in the user a decision-making process that directly influences his gaming experience, thus enhancing their participative active role [20].

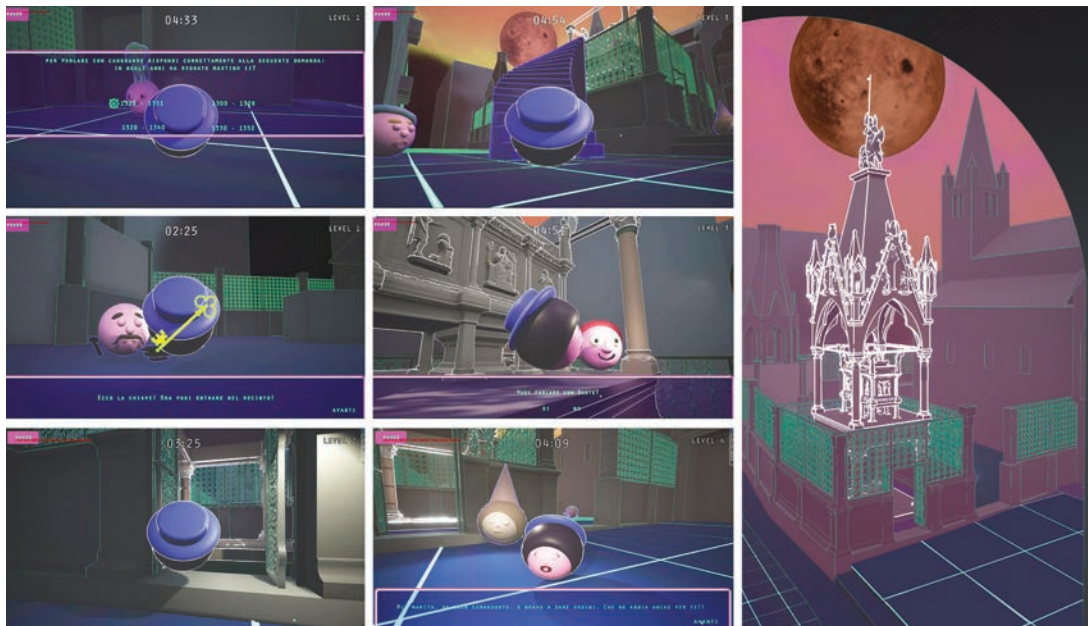
The four levels in the game correspond to the four levels of the monument and when completing one level, the user unlocks the next portion (Fig. 14).

After completing the phase of Visual Design and choice of the engine, the construction and developing phase began (Fig. 15). The three-dimensional model of the Ark, developed during the project's results, has been segmented into four parts according to the four levels of the game, and ultimately loaded into the software Unreal Engine. In



Fig. 15 - View of the main screen of Scaliger's Tale game, with a focus on the options that can be changed in the game.

Fig. 16 - Screenshots of the serious game developed as a tool for the valorisation of the complex of the Arks.



accordance with the chosen graphic style, the 3D model does not have textures but its geometry is highlighted with outline effects.

The programming and managing of the video game through the Unreal Engine tools has been divided into two coding phases: one for the levels and one for the characters. The first is the Level Blueprint and contains the instructions necessary for running the game (navigation system, user interface); the second is the Actor Blueprint and contains instructions on the interaction with all the characters in the game (Fig. 16).

In conclusion, the process of documentation and analysis produced outputs useful for a thorough understanding of material consistency and the state of conservation, but they also have the potential for other experimentations.

One of the future developments is the 3D printing where the final model, particularly accurate as calibrated on data from digital survey, can be used in valorisation strategies on augmented reality and tactile experience for visually impaired and blind users (Fig. 17). Additionally, while the 3D model paves the path for a 3D informative model, where the semantics already implemented is the logical base, and the information about the decays contained in the census sheets, is the first layer; the serious game explores new territories and experiments on alternative processes of knowledge transfer.

The implementation of valorisation strategies based on tactile experiences, augmented reality and digital interaction, makes a greater amount of information accessible, that otherwise users could never experience, and constitutes a virtuous and replicable example.

The conservation process for the Ark looks towards structuring a management-valorisation solution, effective and implementable to the other monuments of the funerary complex, to transmit the memory of a fundamental timeframe in the history of Verona.



Fig. 17 - Three-dimensional print of the Ark of Mastino II in Verona in 1:25 scale. The starting mesh model, deriving from the integration of the laser data and the photogrammetric data from the drone, has been further discretized and lightened to allow for easy processing for printing. For the sarcophagus, given its high decorative characterization, it was decided not to simplify it completely, so that most of the decorations were visible.

CREDITS

Although the authors share the same methodological approach, premises and conclusions, Sandro Parrinello wrote paragraph 1, Alessia Miceli wrote paragraph 2 and Francesca Galasso wrote paragraph 3.

<http://disegnarecon.univaq.it>

The research, led by Sandro Parrinello and Francesca Picchio, has been carried out by Francesca Picchio (photogrammetric survey), Hanjun Fu (laser scanning and 3D print), Alessia Miceli (decay and diagnostic analysis) Francesca Galasso (interactive platform). The video game "Scaliger's Tale: the Secret of Mastino II" has been developed in the master's thesis

DOI: <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.27.2021.17>

L'arca di Mastino II a Verona: esperienze di documentazione per la valorizzazione attraverso forme di fruizione digitale dell'opera by Annunziata Pappalà, tutor Prof. Sandro Parrinello, co-tutor Dott. Ettore Napione, University of Pavia, Department of Civil Engineering and Architecture, a.y. 2019/2020.

NOTE

[1] Milan and Verona enjoyed a favoured location near the main passes of the Alps, making them centres of commercial exchanges. Therefore, they were receptors of artistic influences, in literature and figurative arts, coming from the transalpine courts. However, the gothic influences were stronger in Tuscany, where a new season of sculpture flourished in the late XIII Century. Lords and patrons from Northern Italy were more likely to commission works to Tuscan craftsmen than to foreign ones, taking advantage of geographical proximity. See Seiler, P, 1994.

[2] See, for example, Prince Albert's memorial at Kensington Gardens in London, built in resemblance to the Scaliger Arks.

[3] Ruskin repeatedly visited Verona and depicted the Scaliger Arks in sketches and watercolours. He expressed his admiration for Verona in Ruskin J. (1851). *The Stones of Venice*. London: Smith, Elder, and Co. About Ruskin's trips to the Italian city see also Aveta C. (2019). *La Verona di John Ruskin: "Il posto più caro in Italia"*. In *Restauro Archeologico* vol. 1 pp. 134-141.

[4] Some suppose the family had mercantile origins, but according to more recent studies, they were more likely to be judges (judges). At the time bourgeois were rich and therefore particularly influential in the city's government. The dynasty's rise to power is arguably due to Mastino I who, with exceptional political ability, gained popularity and assured himself the support of the popolo more than that of the aristocracy. Nevertheless the family soon began to behave like aristocrats: they hosted artists - Dante Aligh-

ieri dedicated the "Paradise" to his leading patron Cangrande I della Scala in a famous epistula - and combined marriages with other powerful families to secure advantageous alliances and new territories. See Castagnetti A., 1988 and Allen A. M., 1910.

[5] In comparison to his predecessors, Mastino II was more belligerent and not so well regarded by his neighbour rulers. Historians argue that he was more skilled in war than in diplomacy. After conquering Brescia, Parma and Lucca, he raised hostility in Florence, Venice and Milan. These cities joined their forces against Verona and forced the lord to return his newly-conquered territories. Only Verona and Vicenza, still under Scaliger's rule, passed to Mastino's successors, the last of whom eventually declined in 1404.

[6] The representation of the sky enhances the dualism earth-sky and sublimates the verticality as a transposition of the passage from the earthly to the otherworldly, projecting the veronese lord in its journey. The blue tint, obtained from lapislazzuli, deliberately expressed the magnificence of the lord. The sky under which Mastino lies is willingly unreal, perfect and adorned with golden stars, to communicate a sky that is not close to men but remote, of the last spheres of the celestial order, close to God. Gold and blue were the most precious colours, deliberately chosen to express richness and power, traces of them can be also found on the flanks of the sarcophagus and on the tympanum.

[7] The recurrent use of religious figures could be interpreted as Mastino II's desire to redeem

himself from a dissolute and vengeful earthly life.

[8] The statue is a copy and the original one is conserved in the Castelvecchio Museum.

[9] Repeated restoration interventions have been carried out, among the others, in 1767-68 and in 1875. During the works, the tomb of Mastino II was disassembled. Several decorative pieces were replaced, as still visible looking at the tiles around the trilobed arches, that are clearly more recent compared to the close pieces.

[10] Multimediality is "the ability of producing and receiving information and communicate through written text, voice, music, pictures or graphics, using the same physical support or transmission channels" [Bertuglia et al., 1999, p.156]

[11] During the survey each element has been catalogued in drawings and diagrams, with a unique code that refers to its location in the monument and its class. This process enhanced the level of knowledge of the object, and practically facilitated the cataloguing of the collected data.

[12] To read more about the epigraph of Mastino II, see Napione, 2009, pp. 242-243.

[13] The decorative apparatus on the tympanum and the roof is entirely in red and white Verona marble, and white Avesa stone.

[14] A reduction of approximately 30-40% in the number of polygons resulted in the models being almost a third of the original size in MB while conserving a good quality and representation of real geometries, intended

for visualisation purposes in the videogame.

[15] The PC has been chosen because of ease of use in the first phase of the development of the application. Future developments look towards the porting of the application on other platforms, such as smartphones and tablets, in order to make it accessible to a larger target of users.

[16] In particular, the references are from the film "Tron", released in 1982, and its arcade video game, released the same year. Also, the video game "Pacman" released in 1981 has been used as reference, in regards to the music theme and the avatars.

[17] "The characteristics of this hypertext are the ability to locate the starting point, single, of fruition; the ability to locate clearly the final points, single or multiple; the characteristics for which the hypertextual structure, being hierarchical, can be navigated exclusively following a precise direction". See Maietti, 2017, p.91.

[18] In this case, the reference is "The Secret of Monkey Island" the first chapter of the Monkey Island saga, edited in 1990 by LucasArts, where the interaction between the characters and the digital environment takes place through the dialogues.

[19] The total duration of the game is approximately 20 minutes: each level has an up-to-5-minute countdown after which the game ends. There are three difficulty levels: baby, the easiest one with a 5-minute countdown, normal, the medium one with a 3-minute countdown and expert, the hardest one with a 2-minute countdown.

[20] According to this, we can recall Herz, who stated that "The emotion of survival is what constitutes the nature of video games: they are sourced from the most powerful of human instincts: the survival one" See Herz, 1998, p.85.

REFERENCES

- Allen, A. M. (1910). *A History of Verona*. London: Methuen.
- Aveta, C. (2019). La Verona di John Ruskin: "Il posto più caro in Italia". *Restauro Archeologico*, 1, 134-141.
- Capdevila, B., Marne, B. & Labat, J.M. (2011) Conceptual and Technical Frameworks for Serious Games. In *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning* (pp. 81-87) Reading: Academic Conferences Ltd.
- Carrara, M. (1966). *Gli Scaligeri*. Milano: Dall'Oglio
- Castagnetti, A. (1988) Formazione e vicende della signoria scaligera. In Varanini G.M. (ed.) *Gli Scaligeri (1277-1387)*. Milano: Mondadori.
- Cesaria, F., Cucinelli A.M., De Prezo, G. & Spada, I. (2020) Gamification in Cultural Heritage: A Tangible User Interface Game for Learning About Local Heritage. In Kremers H. (ed.) *Digital Cultural Heritage* (pp. 411-422). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15200-0_28
- Messaoudi, T., Véron, P., Halin, G., De Luca, L. (2017) An ontological model for the reality-based 3d annotation of heritage building conservation state. *Journal of cultural heritage*, 29, 100-112. DOI: 10.1016/j.culher.2017.05.017
- De Marco, R., Miceli, A., Parrinello, S. (2020) An assessment on morphological survey calibration and the automation of digital drawing for the reliable documentation and conservation analysis of out-of-scale buildings. In *Metrology for Archaeology and Cultural Heritage. Proceedings of the 2020 IMEKO TC-4 International Conference*. Perugia: International Measurement Confederation (IMEKO).
- Guillén-Nieto, V., & Aleson-Carbonell, M. (2012). Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal!. *Computers & Education*, 58(1), 435-448.
- Herz, J.C. (1998). *Il popolo del joystick. Come i videogiochi hanno mangiato le nostre vite*. Milano: Feltrinelli.
- ICOMOS Charter. Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage, ratified by the ICOMOS 14th General Assembly in Victoria Falls, Zimbabwe, 2003.
- Maietti, M. (2017). *Semiotica dei videogiochi*. Milano: Edizioni Unicopli.
- Miceli, A., Morandotti, M., Parrinello, S. (2020) 3D survey and semantic analysis for the documentation of built heritage. The case study of Palazzo Centrale of Pavia University. *VITRUVIO - Int. J. of Arch. Tech. and Sustain* 5(1):65. DOI: 10.4995/vitruvio-ijats.2020.13634
- Multiyroso, A., Grussenmeyer, P. (2017), Documentation of Heritage Buildings using Close-Range UAV images: dense matching issues, comparison and case studies. *The photogrammetric Record*, 32(159), 206-229.
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F. Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., Petridise, P. (2014) Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15 (3), 318-325.
- Napione, E. (2009). *Le arche scaligere*. Verona: Umberto Allemandi & C.
- Parrinello, S. (2015) Methodologies for the documentation of the image of the architectural structures. In Bertocci S., Parrinello S. (eds.) *Digital Survey and Documentation of the Archaeological and Architectural sites*. Firenze: Edifir.
- Parrinello, S., Dell'Amico, A. (2019) The traditional crafts of the native americans procedures of survey and documentation for the creation of informative systems 3D. In *3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere. Proceedings of the Workshop 3D Modeling & BIM*. Roma: DEI Tipografia Del Genio Civile.
- Parrinello, S., Picchio, F., Bericigli, M. (2016) La 'migrazione' della realtà in scenari virtuali: banche dati e sistemi di documentazione per la musealizzazione di ambienti complessi. *Disegnarecon* 9 (17), 14.1-14.8.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2019) Integration and comparison of close-range sfm methodologies for the analysis and the development of the historical city center of Bethlehem. *Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, 589-595, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-589-2019>, 2019.
- Picchio, F., Galasso, F., La Placa, S. & Miceli, A. (2020). La costruzione di una banca dati tridimensionale per la Certosa di Pavia: Sperimentazioni tecnologiche a confronto. In Bertocci S., Parrinello S. (eds.) *Architettura Eremitica. Sistemi Progettuali e Paesaggi culturali. Atti del quinto Convegno Internazionale di Studi Certosa del Galuzzo 2020*. Firenze: Edifir.
- Seiler, P. (1994). La trasformazione gotica della magnificenza signorile. *Committenza viscontea e scaligera nei monumenti sepolcrali dal tardo Duecento alla metà del Trecento*. In: Pace V., Bagnoli M. (eds.) *Il Gotico europeo in Italia* (pp. 119-140). Napoli: Electa.
- Varanini, G.M. (1988) *Gli Scaligeri, 1277-1387*. Milano: Mondadori.
- Vergès-Belmin, V. (edS.) (2008) *Illustrated glossary on stone deterioration patterns. Monuments and Sites XV*. ICOMOS, Paris.

Dal rilievo digitale al *serious game*. Un processo di conoscenza per l'Arca di Mastino II

1. L'ARCA DI MASTINO II

La tipologia dei monumenti funebri a baldacchino, eccezionali celebrazioni della grandezza del defunto che ospitano, raggiunge una particolare maturità formale nel Medioevo. In una nuova stagione di mecenatismo alcune potenti signorie italiane - i Visconti e gli Scaligeri - in lotta tanto militare quanto culturale, promuovono una produzione artistica influenzata dalle nuove correnti gotiche provenienti sia dall'ambito nazionale, nello specifico dalla Toscana, che da oltralpe [1]. Nonostante le peculiarità dovute alle differenti commissioni, momenti storici e localizzazione geografica, questi monumenti funebri presentano caratteri tipologici e formali simili, rispondenti principalmente agli stilemi dell'architettura gotica, ma conservano ancora elementi del repertorio romanico-bizantino, particolarmente negli apparati decorativi. Le Arche Scaligere sono significativi eventi edificatori di questa tipologia,

tanto da ispirare altri maestosi monumenti funebri a distanza di secoli [2], nonché suscitare stupore e interesse negli intellettuali che le hanno ammirate. La stessa Arca di Mastino II attrae l'attenzione di John Ruskin, che durante il suo viaggio in Veneto, descrive il monumento come "un'opera d'arte sovrappiù" con una "composizione [...] tanto perfetta quanto le sue decorazioni raffinate" [3] (Fig. 1). Ponendo le radici nel baldacchino ellenistico e bizantino, l'Arca raggiunge un elevato pregio formale, ma la sua rilevanza risiede soprattutto nell'essere collocata in pieno centro cittadino. La volontà del signore di perpetuare e glorificare la propria memoria, in questo caso, si compie spostandosi dalla città dei morti alla città dei vivi. Qui diventa strumento narrativo e praticamente ogni superficie comunica magnificenza, potere, virtù ed insegnamenti cristiani, con argomenti di impronta allegorico-didattica, visibili e, ancor più importante, comprensibili da tutti.

Inoltre, le arche Scaligere costituiscono un importante esempio di gruppi monumentali di questo tipo all'interno della città, diventando a tutti gli effetti landmark urbani. Mastino II della Scala [4], che regnò dal 1329 al 1351, portò la signoria alla sua massima estensione territoriale [5] (Fig. 2). Morto a Verona nel 1351, il corpo venne inumato nell'arca marmorea che egli stesso si fece costruire a partire dal 1345. Quest'area, in precedenza cimitero della chiesa, viene scelta da Mastino II per custodire le tombe della famiglia, divenendo di fatto il cimitero degli Scaligeri. L'area si trova presso la Chiesa di Santa Maria Antica, essa stessa prezioso esempio di Romanico Veronese, e custodisce le arche di Cangrande I, Mastino II e Cansignorio, oltre alle tombe minori di altri esponenti della famiglia. L'Arca di Mastino II può ragionevolmente considerarsi uno dei capolavori del Gotico del XIV secolo. Realizzata come un baldacchino in marmo scolpito,

si sviluppa su due livelli a pianta rettangolare (circa 3.10x3.50 m) con copertura tronco-piramidale. Il piano terra presenta un basamento in marmo bianco e quattro colonne in marmo rosso che sostengono un soffitto piano, circondato da architravi, e dipinto in blu e oro a raffigurare un cielo stellato. I quattro lati dell'architrave sono scolpiti con l'epigrafe di Mastino. Il primo piano è delimitato da quattro colonne corinzie in marmo bianco, ed una volta a sesto acuto che presenta la medesima decorazione pittorica del piano inferiore. Sullo stesso livello è collocato il sarcofago, notevole opera scultorea (1.25x2.45m) retta da un piedistallo centrale e 8 pilastri ai lati. I fronti del sarcofago, suddivisi in quadranti, sono scolpiti con motivi floreali e sottili colonnine ai lati di altorilievi che rappresentano figure religiose. A chiusura vi è la statua del defunto in abiti civili, protetto da quattro angeli.

Anche se appena visibile, a causa del severo stato di deterioramento, il sarcofago è realizzato in marmo bianco e rosso, mentre tracce di pitture di colore blu e oro sono ancora visibili sui lati [6].

La decorazione scultorea continua alla quota superiore, con archi trilobati e timpani sui quattro lati, tutti ornati da decorazioni vegetali e cicli scultorei che rappresentano scene religiose della tradizione cristiana [7]. Sulla cima di ogni timpano si ritrovano i simboli della dinastia: il cimiero alato, e la scala scolpita sul suo scudo. In copertura, posta su una cornice scolpita in marmo rosso, è posta la statua equestre di Mastino II [8].

Tra le tre arche del complesso, l'Arca di Mastino è l'unica interamente racchiusa da un recinto in marmo policromo, con una intricata ringhiera in ferro battuto, nella quale ricorre la scala a pioli, e quattro statue delle virtù (attualmente se ne conservano solo due) agli angoli (Fig. 3).

Già nel XVI sec. le Arche mostravano seri segni di decadimento ed era chiara l'esigenza di interventi di restauro [9]. Infatti, la collocazione all'esterno in uno dei centri nevralgici della città, se da un lato compie una precisa volontà comunicativa del committente, dal punto di vista di documentatori e conservatori, pone problematiche di conservazione visibili sia a livello superficiale che strutturale. Tali criticità si riflettono inoltre sul valore perce-

pito dalla comunità e dai visitatori: poche sono le occasioni di conoscenza e divulgazione, e la loro presenza, seppur scenografica nel contesto del suggestivo centro storico di Verona, appare oggi impoverita nella potenza comunicativa con cui erano state progettate.

Dal punto di vista della documentazione, vi sono specifiche criticità, con le quali le attuali tecniche e tecnologie del rilievo digitale devono confrontarsi. Le strutture architettoniche snelle, cui il caso studio può ricondursi, offrono certamente uno di questi terreni di prova. La caratteristica di un pronunciato sviluppo verticale, unito all'inserimento, generalmente, in contesti urbani densi, amplifica una condizione di criticità che si riflette su tutti i livelli del processo di conservazione di questi oggetti. Le loro caratteristiche intrinseche, infatti, danno adito a rischi strutturali e vedono i fenomeni di degradazione fortemente influenzati dallo sviluppo verticale; allo stesso tempo le stesse rendono difficoltose le operazioni di indagine, e, di conseguenza, di intervento, sommandosi alle consuete criticità di pianificazione di una manutenzione programmata (De Marco, Miceli, Parrinello, 2020).

A queste considerazioni si sommano, nel caso specifico, ulteriori criticità dovute principalmente a tre fattori: il precario stato di conservazione dei materiali superficiali, per cui è necessario effettuare le operazioni di rilievo limitando il più possibile il contatto con l'oggetto; la complessità degli apparati strutturali e decorativi, che impone di ridefinire le strategie di rilievo per orientarsi su superfici dalle molteplici inclinazioni e spesso difficilmente accessibili (retro dei timpani, intradossi delle volte poste in quota, elementi particolarmente vicini al recinto); la presenza di tracce di interventi di consolidamento e sostituzione, risalenti a momenti storici differenti, suggerisce una riflessione critica sulle problematiche individuate, sugli effetti di tali interventi e sul trattamento degli stessi.

È sulla base di questi presupposti che, parallelamente alle indagini conoscitive e diagnostiche, è importante avviare valutazioni riguardanti lo sviluppo del processo di conoscenza e valorizzazione del monumento funebre di Mastino II. L'impor-

tanza culturale dell'Arca non si limita più alla sua fruizione in situ ma, grazie alla tecnologia digitale, diventa interattiva e consente l'accesso remoto, facilitando la diffusione delle informazioni storiche e del valore architettonico.

Come ormai ampiamente documentato, le Information and Communication Technologies hanno ampiamente influenzato il settore dei beni culturali, offrendo incredibili opportunità per la valorizzazione dei beni del Patrimonio (Cesaria et al., 2019). Gli strumenti digitali, sempre più potenti e altamente affidabili, rappresentano nuovi paradigmi per migliorare la divulgazione del messaggio culturale.

Le tecnologie multimediali [10] più recenti stanno offrendo ai visitatori nuove opportunità di interazione e coinvolgimento attivo, in particolar modo attraverso la gamification. Diversi studi (Guillén-Nieto, Aleson-Carbonell, 2012) hanno dimostrato l'efficacia della ludicizzazione e dei Serious Game, rivelando miglioramenti nei risultati di apprendimento. In effetti, la caratteristica principale di un Serious Game è rappresentata dal raggiungimento di un obiettivo da parte del giocatore attraverso un'esperienza divertente, migliorando l'apprendimento di alcune informazioni specifiche. Sulla base di questo principio, il processo di progettazione di un Serious Game differisce da quello di una comune applicazione multimediale, in quanto i videogame sono delimitati dalla somma di due insiemi: quello dell'interazione e quello della narrazione (Maietti, 2017, p.67). In particolar modo, è l'aspetto interattivo che permette l'apprendimento simbolico-deduttivo delle informazioni, strutturando il contenuto educativo e organizzando la presentazione (Capdevila, Marne, Labat, 2011, p. 82).

Queste considerazioni animano l'azione documentativa promossa dal Rotary Club di Verona e dal Comune di Verona, con la collaborazione di professori, assegnisti e dottorandi del laboratorio DAda Lab dell'Università di Pavia.

Il progetto imposta un percorso critico-conoscitivo, capace di raggiungere un adeguato livello di completezza, in rispondenza alle specifiche esigenze di conoscenza e conservazione, senza tuttavia intaccare la consistenza già precaria del monumento.

Le possibilità tecniche offerte dai database digitali sono poi adoperate per sviluppare un Serious Game per il caso studio, in modo tale da stimolare l'interesse nei confronti del Patrimonio diffuso presente nel tessuto urbano della città di Verona ad un vasto target di utenza.

Si intende così esplicitare le potenzialità del monumento in termini di disseminazione di cultura storico-architettonica e al contempo conservarne il valore sia materiale che immateriale.

2. STRATEGIE DI DOCUMENTAZIONE INTEGRATE VERSO LA CONSERVAZIONE DI UN MONUMENTO URBANO UNICO

Per rispondere alle esigenze già evidenziate, la strutturazione delle attività di rilievo ha previsto da un lato, un primo momento critico di conoscenza, attraverso la scomposizione dell'oggetto in elementi appartenenti a diversi livelli [11]; dall'altro la pianificazione pratica delle Il rilievo con laser scanner, condotto con Faro Cam 2 Focus S150, ha prodotto un totale di 34 scansioni a colori, effettuate sia dal livello terreno che da postazioni sopraelevate, quando possibile. Il risultato è una nuvola di punti affidabile, fondamentale per la calibrazione degli output derivanti dagli altri strumenti (Fig. 5). La ripresa con TLS ha consentito inoltre l'acquisizione affidabile della camera mortuaria posta al di sotto del basamento dell'Arca, ponendo le basi per uno studio più approfondito di un ambiente ancora poco conosciuto, contenente resti umani di incerta attribuzione.

Le operazioni di rilievo fotogrammetrico, necessarie per la documentazione del dato materico, sono avvenute secondo due modalità: attraverso un'acquisizione da terra, secondo i metodi tradizionali della fotogrammetria SfM, e un'acquisizione in quota con l'utilizzo del drone DJI Mavic Mini (Picchio et. all, 2020, pp. 86-87). Infatti, attraverso le camere aeree si è proceduto all'acquisizione degli elementi in quota, consentendo sia la documentazione dettagliata dell'apparato decorativo - con particolare riferimento ai timpani, le edicole, la statua equestre - ma anche

l'accesso anche a quegli elementi difficilmente indagabili come il retro dei timpani e le porzioni di copertura da questi nascoste (Fig. 6).

L'acquisizione fotogrammetrica da terra è invece stata adoperata per acquisire con elevata precisione elementi come colonne, capitelli e intradossi delle volte. Particolare attenzione è stata posta all'architrave scolpita con l'epigrafe di Mastino II [12], elemento centrale della funzione commemorativa. (Fig. 7)

L'acquisizione del sarcofago ha previsto invece l'integrazione di metodologie fotogrammetriche e di scansione a luce strutturata. Mentre la fotogrammetria terrestre e con asta telescopica è stata adoperata con la finalità di ottenere viste ortogonali ad altissima risoluzione delle superfici, la scansione a luce strutturata, per mezzo dello strumento Artec Eva, è stata utilizzata per ottenere un modello tridimensionale affidabile dell'intero oggetto (Fig. 8).

Il raggio di scansione limitato dello strumento (50-70cm) si è rivelato ottimale per l'esigenza di un rilievo dettagliato, che ha richiesto la pianificazione di 98 scansioni con le relative aree di sovrapposizione. Durante la fase di post-produzione le singole scansioni sono state processate con l'eliminazione delle aree superflue, allineate e registrate, per ottenere come output un modello mesh texturizzato ad altissima risoluzione (Parrinello, Dell'Amico, 2019, pp. 418-432). L'allineamento dei database è avvenuto sulla base della nuvola di punti laser, più affidabile dal punto di vista metrico. In particolare, al fine di ottenere un database completo ed integrato in tutte le sue parti, gli output risultanti sono stati allineati utilizzando target stampati - localizzati in aree strategicamente individuate per ottenere i migliori risultati di allineamento, ma facendo attenzione a scegliere tra le superfici meglio conservate - e bersagli naturali individuati nei dettagli e nelle decorazioni del monumento, scegliendo sempre le parti meglio conservate per sfruttare gli spigoli e i vertici più ben definiti. In particolare, i dati derivanti dall'acquisizione dal drone sono stati georeferenziati all'interno del software Metashape, ottenendo un errore medio di allineamento di circa 2 cm. Dato l'elevato

grado di dettaglio delle decorazioni e l'eccessiva altezza del manufatto, questo risultato ha reso i dati del database integrato adeguato per le successive fasi di lavorazione.

Primi output della fase di conoscenza sono gli elaborati bidimensionali ad alta affidabilità metrica, in totale 17, di fronti, sezioni verticali e superfici orizzontali e voltate, che costituiscono una fotografia dello stato di fatto con il compito di porre l'attenzione sulle criticità di conservazione dell'oggetto (Fig. 9).

In funzione della conoscenza dello stato di conservazione l'indagine visiva delle superfici ha consentito l'individuazione delle principali manifestazioni di alterazione materica e di quadri fessurativi.

Dopo essere stato identificato e mappato sugli elaborati bidimensionali, ogni episodio è stato catalogato con un codice identificativo univoco, che trova corrispondenza in un atlante costituito dalle schede descrittive delle singole alterazioni.

L'utilizzo di un layout elaborato specificamente per il caso studio offre la possibilità di contenere tutte le informazioni rilevanti e consente un'ottimizzazione del processo di compilazione. Infatti la compilazione è possibile sul posto per gli elementi immediatamente censibili - tramite strumentazione tablet - e in remoto per gli elementi in quota, che vengono studiati grazie al supporto del database fotografico. Il layout della scheda descrittiva, elaborato sul software di gestione database Filemaker, è strutturato in tre macro-aree: la localizzazione del fenomeno rispetto al monumento e, nel dettaglio, rispetto alla vista in esame; foto descrittive generali e di dettaglio; campi descrittivi del fenomeno, come l'elemento interessato, l'estensione e il coinvolgimento o meno di apparati strutturali. L'utilizzo sul database delle operazioni di ricerca e filtraggio permette di ottenere informazioni rilevanti, rispondendo a quesiti come, ad esempio, quali sono le alterazioni più diffuse al variare dell'esposizione o della quota, quale materiale è maggiormente intaccato da un dato fenomeno, quali fenomeni interessano un dato elemento.

La scelta e la pianificazione degli interventi conservativi possono dunque essere supportate da informazioni qualitative e quantitative, ottenibili

sulla base delle possibili queries. Inoltre il database ha le caratteristiche di gestibilità, aggiornabilità, ed integrabilità che si presuppongono all'obiettivo di una gestione consapevole del manufatto in un ambiente informativo.

La sintesi grafica delle operazioni di censimento è rappresentata dalle mappe del degrado di fronti e superfici orizzontali e voltate che offrono una visione di insieme delle alterazioni riscontrate (Fig. 10). Nel censimento degli episodi di degrado, particolare attenzione è stata posta agli episodi di fessurazione che, come prevedibile, si concentrano sulle colonne, l'ultimo elemento di sostegno della struttura: infatti, il livello sommitale dell'Arca con i timpani, l'alta copertura tronco-piramidale ed i loro apparati decorativi, ha un volume totale di circa 18.3 mc [13]. Un'indagine sulla tecnologia costruttiva della copertura si ritiene d'obbligo per verificarne il riempimento e di conseguenza il peso.

Sono state inoltre evidenziate e schedate tutte le evidenze riconducibili ad interventi di consolidamento e conservazione, come cerchiature e tiranti metallici, sostituzioni di blocchi e formelle dell'apparato decorativo, tracce di carotaggi o iniezioni di consolidanti. Si predispone così la possibilità di un approfondimento di indagine focalizzato sul quantificare i rischi strutturali.

Parallelamente, sulla base degli elaborati bidimensionali e del modello mesh derivante dall'elaborazione fotogrammetrica, è stata prodotta una rappresentazione tridimensionale integrata. Gli elaborati CAD sono stati inseriti nello spazio di costruzione di Rhinoceros, e utilizzati per la modellazione NURBS di tutti quegli elementi approssimabili ad entità geometriche, secondo una logica di discretizzazione e semantizzazione per elementi architettonici, ottenendo un modello semplificato da dettagliare in seguito. Quindi, gli elementi mesh sono stati aggiunti per rappresentare l'apparato decorativo e tutti quegli elementi che, per la loro complessità geometrica, non risultavano trattabili come superfici NURBS. I modelli mesh elaborati da fotogrammetria terrestre e area sono stati processati con operazioni di decimazione ed eliminazione manuale dei poligoni superflui nel software Meshmixer, risultando in modelli più

leggeri e gestibili [14] (Fig. 11). In tal senso, è stato effettuato un confronto tra il modello mesh risultante dall'elaborazione della nuvola di punti e il modello ricostruito, al fine di studiare l'affidabilità metrica e morfologica. Il confronto ha evidenziato aree con un alto grado di disallineamento, che si trovano principalmente nel retro-timpano. Ciò è dovuto all'assenza di dati in quest'area, legata ad un cono d'ombra causato dal manufatto. In generale, esiste un buon grado di allineamento tra i due modelli, rendendo il modello ibrido adatto alle successive fasi di elaborazione (Fig. 12). Il modello 3D si presta così ad un duplice scopo: l'implementazione di strategie di analisi e gestione in ambiente informativo, e, al contempo, di valorizzazione tramite il *serious game* (Fig. 13).

3. SCALIGER'S TALE GAME: THE SECRET OF MASTINO II. UNO STRUMENTO DI VALORIZZAZIONE E DIVULGAZIONE

Lo sviluppo del *Serious Game* dell'Arca di Mastino II ha previsto una prima fase di progettazione del concept generale di gioco, in cui sono stati definiti alcuni aspetti legati alla piattaforma di fruizione, alla grafica e al sistema di interazione generale. Il game è stato strutturato per essere accessibile da computer [15] e durante la prima fase di sviluppo del comparto grafico sono stati identificati alcuni riferimenti culturali, nell'ambito dei videogame e del cinema, che hanno guidato le scelte stilistiche: per quanto riguarda la grafica generale vengono richiamate le caratteristiche dei videogames degli anni '80 caratterizzati da colori vivaci, effetti neon e bordi fluorescenti, accompagnati da musica [16]. La struttura del videogioco è stata impostata secondo un macro-schema ad albero [17] (Maietti, 2017, p.91), sul genere di azione e avventura con la presenza di enigmi e domande a cui rispondere grazie a un sistema di interazione del tipo "punta e clicca" [18]. Infine, il sistema di navigazione è stato sviluppato in terza persona attraverso l'utilizzo di un avatar. Una volta identificata la struttura di massima, si è passati alla definizione dello storyboard e dell'obiettivo finale, rappresentato dal

completamento del gioco attraverso la risoluzione di alcuni quesiti legati alla storia e all'impianto architettonico dell'Arca. L'aspetto caratterizzante di ogni livello è la presenza di un tempo limite entro il quale risolvere gli enigmi [19]: in questo modo tale da coinvolgere l'utente in un processo decisionale che influirà sulla sua esperienza videoludica, consentendo di accentuare il ruolo partecipativo attivo [20]. Sono presenti quattro livelli che corrispondono alla suddivisione del monumento in quattro parti: il superamento di ogni livello permette all'utente di sbloccare e visualizzare la porzione successiva del monumento (Fig. 14).

Terminata la fase di Visual Design del game, è stata avviata la fase di costruzione e programmazione a seguito della scelta dell'engine (Fig. 15). Il modello tridimensionale dell'Arca, sviluppato durante la fase di definizione degli output di progetto, è stato dapprima suddiviso nelle porzioni che caratterizzano i livelli del gioco e infine importato all'interno di Unreal Engine. Rispetto alle scelte stilistiche del gioco, il modello tridimensionale non è stato mappato ed è stato posto in evidenza attraverso strumenti di outline, ovvero enfatizzandone i contorni. Infine, la programmazione e la gestione generale del videogioco è avvenuta attraverso gli strumenti di Unreal Engine ed è stata suddivisa in due differenti livelli di coding: la programmazione generale dei livelli, definito Level Blueprint, il quale è stato compilato con le istruzioni necessarie al funzionamento del gioco (sistema di navigazione, interfaccia utente) e la programmazione di ogni personaggio all'interno dello spazio, definito Actor Blueprint all'interno del quale è possibile trovare le istruzioni per l'interazione con gli altri personaggi (Fig. 16). In conclusione, il percorso di documentazione e valorizzazione dell'Arca di Mastino II ha prodotto elaborati di analisi immediatamente utilizzabili per una conoscenza approfondita della consistenza materica e dello stato di conservazione, ma includono in sé la potenzialità di un utilizzo per altre applicazioni in corso di sperimentazione. Una di esse è la stampa tridimensionale dell'oggetto, in cui il modello finale, elaborato sulla base dei dati del rilievo e pertanto geometricamente affidabile, può essere utilizzato per strategie di valorizzazione

integrate a realtà aumentata e la lettura tattile a favore degli utenti ipovedenti (Fig.17).

Il modello 3D apre la strada, inoltre, alla creazione di un modello informativo tridimensionale, per il quale la semantica già individuata costituisce una logica base di strutturazione, ed in cui le informazioni relative alle alterazioni riscontrate, contenute nelle schede informative, siano il primo livello consultabile.

Parallelamente, il *serious game* diviene ulteriore territorio di sperimentazione per formulare percorsi alternativi di conoscenza. Infatti, l'implementazione di strategie di valorizzazione supportate da esperienze tattili, realtà aumentata e interazione in ambienti digitali, rende accessibili informazioni che altrimenti non potrebbero essere acquisite dai fruitori e costituisce un esempio virtuoso replicabile per le altre arche del complesso.

Il processo di conservazione dell'Arca muove, in questo caso, verso la strutturazione di un sistema di gestione-valorizzazione efficace e replicabile agli altri monumenti che costituiscono il complesso sepolcrale, con l'obiettivo della trasmissione della memoria di uno dei momenti fondamentali della storia veronese.

CREDITI

Premesso che gli autori condividono l'approccio metodologico, le premesse e le conclusioni, si deve a Sandro Parrinello la stesura del paragrafo 1, ad Alessia Miceli la stesura del paragrafo 2 e a Francesca Galasso la stesura del paragrafo 3.

La ricerca, coordinata da Sandro Parrinello e Francesca Picchio, è stata svolta da Francesca Picchio (rilievo fotogrammetrico), Hanjun Fu (rilievo laser scanner e stampe 3D), Alessia Miceli (analisi delle alterazioni e diagnostica), Francesca Galasso (modellazione 3D e piattaforma interattiva).

Il videogioco "Scaliger's Tale: the Secret of Mastino II" è stato sviluppato nell'ambito della tesi di laurea specialistica L'Arca di Mastino II a Verona: esperienze di documentazione per la valorizzazione attraverso forme di fruizione digitale dell'opera di Annunziata Papalia, relatore Prof. Sandro Parrinello, co-relatore Dott. Ettore Napione, presso l'Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, a.a. 2019/2020.

NOTE

[1] Situate presso gli sbocchi dei principali valichi, Milano e Verona erano centri nevralgici di scambi commerciali tra l'Italia ed Europa, e furono tra le prime a ricevere gli influssi artistici, sia letterari che nel campo delle arti figurative, provenienti dalle corti transalpine. Tuttavia il linguaggio formale di stampo gotico fu recepito in maniera più convinta in Toscana, dove si vide fiorire una nuova stagione scultorea a partire dal tardo Duecento. Era comune pertanto che la committenza dell'Italia settentrionale si rivolgesse, anche per questioni di vicinanza geografica, alle maestranze Toscane. Per approfondimenti cfr. Seiler, P, 1994.

[2] Si veda ad esempio, il Prince Albert's memorial in Kensington Gardens (Londra), chiaramente ispirato alle Arche Scaligere.

[3] Ruskin visitò la città di Verona innumerevoli volte e realizzò numerosi schizzi e acquerelli di studio delle Arche Scaligere. Le sue parole di ammirazione per Verona si possono leggere in Ruskin J. (1851). *The Stones of Venice*. Londra: Smith, Elder, and Co. In merito ai soggiorni di Ruskin a Verona si veda anche Aveta C. (2019). *La Verona di John Ruskin: "Il posto più caro in Italia"*. In *Restauro Archeologico* vol. 1 pp. 134-141.

[4] Storicamente si supponeva che i Della Scala avessero origini mercantili, ma studi più recenti hanno evidenziato la probabilità che si trattasse di giudices. Il primo esponente a salire al potere fu Mastino I, in un ambiente politico in cui i borghesi, grazie alla loro ricchezza, avevano grande potere all'interno del Consiglio Maggiore della città. L'ascesa al potere della dinastia è ragionevolmente attribuibile

all'abilità politica di Mastino I, che assicurò il supporto del popolo, più che della nobiltà. Ciò nonostante, ben presto la famiglia iniziò ad assumere abitudini aristocratiche, ad esempio accogliendo artisti presso la propria corte - Cangrande I della Scala fu mecenate di Dante Alighieri, che in una famosa epistola, dedicò il suo 'Paradiso' al signore di Verona - e combinando matrimoni con famiglie importanti, al fine di assicurarsi preziose alleanze e territori. Cfr. Castagnetti A., 1988 e Allen A. M., 1910.

[5] Mastino II si dedicò ad una politica più belligerante rispetto ai suoi predecessori, che infatti a differenza sua, godevano maggiormente dell'appoggio dei vicini alleati. Gli storici sostengono che fosse abile nella battaglia, ma meno nell'arte della politica: infatti dopo aver conquistato Brescia, Parma e Lucca, finì per attirare l'inimicizia di alcune potenti città (Firenze, Venezia, ma soprattutto, Milano) che, riunitesi in una Lega antiscaligera, assediaron i territori da lui conquistati costringendolo alla loro resa. Il suo potere, ridotto alle sole Verona e Vicenza, passò poi ai figli, per poi dare inizio ad un periodo di declino, che terminò nel 1404 con la caduta della dinastia Scaligera. Cfr. Varanini, 1988.

[6] Come evidenziato da studi storici, l'oro e il blu erano i colori più preziosi, appositamente scelti per ostentare la ricchezza ed il potere del defunto. Cfr. Napione, 2009.

[7] Il ricorso abbondante alle figure religiose si potrebbero quasi interpretare come un desiderio di Mastino II di redenzione da una vita dissoluta e vendicativa. Si macchiò infatti dell'omicidio dello zio Bartolomeo della Scala, Vescovo di Verona, reo, a suo dire, di tramare contro di lui.

[8] L'attuale statua collocata in cima all'Arca è una copia, mentre l'originale è conservata presso il Museo di Castelvecchio.

[9] Importanti interventi di restauro vennero condotti nel 1767-68 e nel 1875. Durante i lavori l'Arca di Mastino II venne interamente smontata e riassemblata, e alcuni elementi dell'apparato decorativo sostituiti, come tutt'oggi visibile.

[10] Per multimedialità si intende "la possibilità di produrre e di ricevere informazione e di comunicare attraverso testi scritti, voci, musica, immagini o grafica, utilizzando lo stesso supporto fisico o gli stessi canali di trasmissione" [Bertuglia et al., 1999, p.156]

[11] Durante il rilievo ogni elemento è stato catalogato, attraverso disegni e schemi, con un codice univoco che fa riferimento alla sua collocazione nel monumento e alla classe cui appartiene. Ciò ha amplificato il livello di conoscenza dell'oggetto, oltre a facilitare le operazioni di catalogazione dei dati acquisiti.

[12] Per un approfondimento cfr. Napione, 2009, pp. 242-243.

[13] L'apparato decorativo presente su timpani e copertura è realizzato interamente in marmo bianco e rosso di Verona e pietra bianca di Avesa.

[14] Una riduzione di circa il 30-40% del numero dei poligoni ha determinato modelli di quasi un terzo più leggeri, in MB, permettendo di conservare una buona qualità e rappresentazione delle geometrie, in relazione alle finalità di visualizzazione nel videogioco.

[15] La scelta della piattaforma PC è stata dettata da fattori legati alla

semplicità di utilizzo nella prima fase di sviluppo dell'applicazione. Al fine di rendere accessibile il game a più utenti possibili, il sistema verrà implementato per essere fruibile attraverso piattaforme portatili, quali smartphone e tablet.

[16] In particolare, sono state riproposte le rappresentazioni del film "Tron", proposto nelle sale cinema nel 1982, e al relativo videogioco arcade, sviluppato nello stesso anno. Inoltre è stato ripreso il videogioco "Pacman", rilasciato nel 1981, per quanto riguarda la tematica sonora.

[17] "Le caratteristiche che definiscono questo tipo di *ipertesto* sono la possibilità di individuare univocamente il punto di partenza, singolo, della fruizione; la possibilità di individuare con chiarezza i punti finali, singolo o molteplici; la caratteristica per cui la struttura ipertestuale essendo gerarchica, può essere navigata esclusivamente seguendo una precisa direzionalità." Per un approfondimento, cfr. Maietti, 2017, p.91.

[18] Per il riferimento utilizzato in questo ambito, è stato scelto il videogioco "The Secret of Monkey Island", prima avventura grafica della saga di Monkey Island, prodotta nel 1990 da LucasArts, in cui l'interazione tra personaggi e con l'ambiente digitale avviene attraverso dialoghi.

[19] La durata complessiva massima del gioco è di circa 20 minuti: ogni livello è scandito da un timer di cinque minuti al termine del quale la partita si concluderà. Il videogioco presenta tre livelli di difficoltà: *baby*, semplice con un timer di 5 minuti, *normal*, difficoltà più avanzata con un timer di 3 minuti e *expert*, con un limite di 2 minuti.

[20] Secondo questo principio, si possono richiamare i concetti di Herz per cui "l'emozione della sopravvivenza è ciò che costituisce la natura dei videogiochi: stai attingendo al più potente degli istinti umani. La sopravvivenza." Cfr. Herz, 1998, p.85.