

A digital ecosystem for the knowledge, conservation and valorization of the medieval archaeological site of *Satrianum* (Tito, PZ). FOSS instruments

Giorgia Dato¹, Eugenio Saccà² and Alessandro Spadaro^{3*}

¹ Ricercatrice indipendente.

² Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Università degli Studi della Basilicata, Matera, Italia.

³ Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico di Torino, Torino, Italia.

*Correspondence: giorgia.dato90@gmail.com

Presented at ARCHEO.FOSS XV 2021: Open software, hardware, processes, data, and format in archaeological research; on-line; November 23rd-26th 2021.

Abstract:

The case study concerns the fortified mediaeval site of *Satrianum* in Basilicata. Topographical, archaeological and architectural analysis permitted the creation of a spatial database with QGIS: further developments involve the survey of the site and the elaboration of 3D digital models to be georeferenced in the space. The complete data set obtained for the knowledge of the site allows to design projects for conservation, valorisation and usage of the site itself at several levels.

Keywords: *Satrianum*, medieval archaeology, landscape archaeology, archaeology of architecture, heritage architecture, digital humanities, QGIS, 3D modelling, digital survey, structure-from-motion

FOSS software used and license: WebODM (GNU Affero General Public License v3.0), QGIS, (GNU Public License (GPL) Version 2), Blender (GNU General Public License v3.0)

Open data set and license: Tarquini et al. 2007, *TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 meters cell size (Version 1.0) [Data set]*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). [https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0](https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0;); (CC BY 4.0)

Introduction

The *Satrianum* archaeological project is under the scientific direction of Francesca Sogliani and SABAP-MIC. A particular mention goes to Simona Di Gregorio, who has allowed this work to be carried out.

The study of the archaeological site of *Satrianum*, on concession from SABAP - MIC, began in 2000 under the direction of Massimo Osanna, in collaboration with the Superintendence for Archaeological Heritage of the Basilicata and it is part of a multidisciplinary research project of the Postgraduate School in Archaeology of Matera. Since 2005, the investigation has focused on the mediaeval settlement under the scientific direction of Francesca Sogliani (Osanna 2011; Colangelo 2011; Osanna, Capozzoli 2012).

Satrianum is currently included in an enhancement project aimed at defining the physiognomy of the Open Museum through paths of public archaeology (Format “Festivalia. Archaeology tells itself”), digital storytelling and virtual reconstruction. It is also one of the SmartLabs included in the Basilicata Heritage Smart Lab project coordinated by the Basilicata Creative Cluster.

The area of the archaeological site of *Satrianum*¹ used to be a mediaeval fortified settlement. It is distributed on a hill dominating the surrounding area and is located between the present-day cities of Tito and Satriano di Lucania in Basilicata (fig. 1).

Particularly important for its strategic position along axes of territorial connection that link the Ionian, Adriatic and Tyrrhenian coasts and for the abundance of resources, the site of *Satrianum* has been occupied extensively since the VIII century BC, as indicated by the important results of the archaeological investigations that were carried out. In particular, the data that emerged from archaeological excavations allowed the reconstruction of the settlement dynamics of the site during the Archaic period, from the VIII century BC to the V-IV century BC. The most important phase of growth of the pre-Lucan indigenous settlement started in the VI century BC; then, with the arrival of Lucanian people in the IV-III century BC, great transformations took place in this area (Osanna and Capozzoli 2012).



Figure 1. (a) overview of the tower and the area of the cathedral (2021): the picture was taken during a drone flight for the survey; (b) area of the cathedral during the excavation (SOGLIANI 2011); (c) General view of the hill (2020)

¹ We want to thank the scientific director of the excavation, Francesca Sogliani, and SABAP-MIC, with particular reference to Simona Di Gregorio, who have allowed this work to be carried out.

Traces of transformations during the Roman period (III-II century BC) give back the physiognomy of a much less populated area, at least until the Middle Ages when the town of *Satrianum* was born. Built in the last decades of the XI century, it is a particularly strategic area, also for its topographical characteristics, which constitutes a case study of particular importance: it represents the result of a process of hierarchisation and restructuring of spaces and structures willed by the noble initiative to control territories and the ways of exploiting the countryside (Sogliani 2017).

The progressive decline of the area led to the abandonment of the settlement in the XV century.

The mediaeval settlement of *Satrianum*, built using local limestone found in situ, represents an exemplary case of an abandoned village that, having not been affected by post-medieval and modern renovations, has maintained its architectural features and original plans sufficiently intact (Sogliani and D'Ulizia 2008).

The internal organisation of the site consists of different architectural complexes, and it is structured in three main areas:

A summit area that was enclosed by a wall with a square tower –the seat of lay power–, and a cathedral with an adjoining episcopate, –the seat of ecclesiastical power–.

a first village along the western slopes.

a second village on the southern side.

The course of the research and study led to the analysis of the state of conservation of the fortified settlement of *Satrianum*, and the design of a feasibility project for its restoration through the programming of a dedicated digital archiving system (a database on QGIS).²

The fact-finding survey was related to an in-depth work of archival research as well as plans for intervention on buildings.

In the case of *Satrianum*, a detailed survey of the site was carried out aiming at assessing all problems rigorously, and at reducing any risks of approximate and/or superficial assessments.

The aim of the database is to obtain a uniform corpus connecting different kinds of information – architectural, technical, typological, etc. – to deduce new data for interpretation.

The hierarchical organisational model of the Reference Units, developed by Gian Pietro Brogiolo, was chosen as a reference for the digital archive system of recording and relating the structural and functional data of the archaeological-architectural components, both with

² The archaeological conservation project for *Satrianum* represented the undersigned's thesis entitled "Archeology and restoration of monuments. Prospects for research in the medieval fortified site of *Satrianum* in Basilicata" (Supervisor: Francesca Sogliani; co-supervisor: Filiberto Lembo). Furthermore, the project was introduced to the Superintendence of Archeology, Fine Arts and Landscape of Basilicata. The project particularly concerned the cathedral and some buildings of the first and second village of the archaeological site.

typological information – building typology, type of materials – the state of conservation and the relative forms of decay (Mangialardi and Sibilano 2011, 77-78).

The database consists of a preliminary section containing the personal data; another one with the archaeological-architectural data; a third part is dedicated to recording the various types of decay and the state of conservation; finally, a fourth part, the last one, proposes the recording of the structural vulnerability: this analysis is based on qualitative methods for the valuation of the masonry.

The collected information represents a solid basis for the elaboration of synthetic visions. Also, the analysis of the architectural artefact as the result of several constructive actions allows to evaluate both the state of conservation and the material characteristics and structural consistency.

Underlining the importance of creating a heterogeneous working group that can generate contributions from various points of view to the conservation project, it would be desirable that this preliminary work could be a starting point for an even more in-depth future work on *Satrianum*.

Working on a complex and structured analysis from an urban, functional and geomorphological point of view, relating to the existing structures and the routes to the level curves (for example, to identify and prevent the behaviour of the site during meteorological events of both moderate intensity and daily frequency as well as particularly violent ones) could increase the knowledge of the site under investigation.

The study of the state of conservation, especially for the possible degradation processes starting from the post-excavation phase, is a mandatory step in thinking and planning the future of archaeological sites.

In conclusion, it is our opinion that only adequate wide-ranging planning can constitute the essential first link of an integrated system. Nonetheless the various issues, the needs and the available technologies may be considered in a multidisciplinary perspective.

(G.D.)

QGIS for the structure and development of spatial databases

To catalogue, organise and manage the data, we used a GIS platform, an essential tool for carrying out these types of operations interconnected with spatial analysis (Forte 2002; Bogdani 2009; Montagnetti and Rosati 2019; Noti 2021).

The focus of the project is the creation of a geographic database that allows documenting and systematising information through geolocation.

For the development of the project, we used the open-source software QGIS version 3.16 “Hannover” ([http // www.qgis.org](http://www.qgis.org)) with GPL licence (GNU General Public License, commonly referred to by the acronym GNU GPL or simply GPL, is a licence for free software). QGIS, through

various functions and a simple graphical interface, allows managing various input layers such as raster, vectors, and alphanumeric information. Furthermore, it allows expanding the workflow through different plugins.

The reference system used is Monte Mario / Italy Zone 2 (zone E) - Datum: Rome 40 - Projection: Gauss-Boaga the EPSG 3004 (European Petroleum Survey Group <http://www.epsg.org>); a cartographic system which uses the decimal metre to define coordinates, unlike geographic systems which apply coordinate expressions in degrees (https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html)

The construction of the database for the management of the USM of the *Satrianum* (PZ) site consists of two different types of data: rasters and vectors.

For the rasters, we used a cartographic base from the Google Satellite web tiles services, available through the Quickmap Service plugin (Licence CC-BY- SA, Creative Commons Attribution – Share-Alike 3.0). The other rasters were orthophotos taken by drone in jpg format with a 10×10 m pixels resolution, relating to the three main areas of the site: the cathedral (CF1, CF2, and CF3); the area of the first village (CF 23 and CF 104); the area of the second village (CF 59 and CF 75 and CF 79).

For the vectors, we chose a polygonal geometric layer within a geopackage; this format, based on OGC (The Open Geospatial Consortium – OGC) standards, is an information package that can be used as a database, an open compact format.

For this case study, a database was created in a GPKG file, which presents a single table organised to easily interact with the data and make queries using the SQL language (Ferrero 2004).

The first practical operation consisted of autoptic georeferencing the greater detail orthophotos of the three areas, using known points on the background map.

Through the “**Georeferencer**” tool, we used the transformation type “Helmert” (QGIS, like other GIS software, which has algorithms that manage the georeferencing of raster images. The algorithm is chosen based on the number of points we use, the quality of the graphic file, and the distortion or error in the final result. https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/user_manual/working_with_raster/georeferencer.html), which offers the possibility to make roto translations and scale variations on the map with the “nearest neighbour “ resampling method.

After this georeferencing activity, we continued with the GPKG database, creating the polygonal vector layers and attribute tables. To organise the table’s field, we used, as a source, the criteria for the masonry techniques description of the ICCD (Criteria for the description of masonry techniques for the preparation of coded planning forms, ICCD – Central Institute for Catalog and Documentation, 2013 – translation from ICCD “*Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati*” – and we have organised the items into four tabs:

#	Nome	Tipo	Nulla				
0	fid_	INTEGER	N	27	Presenza di intonaco	TEXT	Y
1	geom	POLYGON	Y	28	Elementi di reimpiego	TEXT	Y
2	Località	TEXT	Y	29	Interventi pregressi di consolidamento	TEXT	Y
3	Sito	TEXT	Y	30	Descrizione	TEXT	Y
4	Area	TEXT	Y	31	stato_conservazione_malta	TEXT	Y
5	Funzione	TEXT	Y	32	stato_conservazione_materiali lapidei	TEXT	Y
6	Entità	TEXT	Y	33	stato_conservazione_intonaco	TEXT	Y
7	Foto	TEXT	Y	34	tipologia/e degrado/i	TEXT	Y
8	Rilievo	TEXT	Y	35	Rischio principale	TEXT	Y
9	Esposizione	TEXT	Y	36	Rischio/i secondario/i o derivato/i	TEXT	Y
10	Elemento_architettonico-strutturale	TEXT	Y	37	Motivo della schedatura	TEXT	Y
11	Materiali lapidei_Litotipo	TEXT	Y	38	Elementi sensibili_qualità muraria	TEXT	Y
12	Materiali lapidei_Lavorazione	TEXT	Y	39	Elementi sensibili_presenza diatoni	TEXT	Y
13	Materiali lapidei_Pezzatura	TEXT	Y	40	Elementi sensibili_forma elementi resistenti	TEXT	Y
14	Materiali lapidei_Colore	TEXT	Y	41	Elementi sensibili_dimensioni elementi resistenti	TEXT	Y
15	Materiali lapidei_Provenienza	TEXT	Y	42	Elementi sensibili_sfasamento giunti verticali	TEXT	Y
16	Malta_Tipo	TEXT	Y	43	Elementi sensibili_orizzontalità filari	TEXT	Y
17	Malta_Funzione	TEXT	Y	44	Elementi sensibili_resistenza degli elementi	TEXT	Y
18	Malta_Colore	TEXT	Y	45	Valutazione complessiva	TEXT	Y
19	Apparecchiatura muraria	TEXT	Y	46	Peggioramento nel tempo	TEXT	Y
20	Posa degli elementi	TEXT	Y	47	Documentazione esistente	TEXT	Y
21	Zeppe e scaglie	TEXT	Y	48	Livello di gravità generale	TEXT	Y
22	Ricorsi e listature	TEXT	Y	49	Elementi di gravità particolari	TEXT	Y
23	Diatoni	TEXT	Y	50	Necessità di approfondimento	TEXT	Y
24	Nucleo	TEXT	Y	51	Valutazione complessiva e note	TEXT	Y
25	Tipologia	TEXT	Y	52	Riferimenti ad altre schede, allegati	TEXT	Y
26	Spessore dei giunti	TEXT	Y	53	Compilatore/i	TEXT	Y
				54	Data	DATETIME	Y

Figure 2. The four different sheets: sheet 1 “Dati Anagrafici” goes from field 1 to 9; sheet 2 “Dati archeologico-architettonici” goes from field 10 to 30; sheet 3 “Stato di conservazione” goes from field 31 to 34; sheet 4 “Vulnerabilità strutturale” goes from field 35 to 54.

the first group is related to personal data, like the names of the entity to be catalogued and digitised,

a second group contains the archaeological-architectural analysis data,

the third group is related to the USM conversation state,

the fourth and last to the structure vulnerability, as it is possible to see in fig. 2.

The last part related to the structural determination referred to the analysis based on qualitative evaluations of the masonry to obtain quantitative results of the mechanical characteristics (Borri *et al.* 2011). Therefore, it was worthwhile and necessary to consider the hierarchy of the referential realities, the Reference Units, that compose the concept of historic building developed by Gian Pietro Brogiolo (Brogiolo 1988).

To better define and organise the data groups, we used tabs within the table and widgets, as it is possible to see in fig. 3.

We can set these functions from the layer properties through the Attributes Module GUI, which works directly on the structure of the fields. To organise the tabs, we used the “Drag and Drop Designer” function of QGIS 3.16. Afterwards, we used the “value map” widget to facilitate the compilation of the table. The latter allows the formation of drop-down menus with different values, according to the database values, that can be entered in the respective fields. This is a modality that facilitates and limits the possibility of error in the structure rafting. Lastly, we used the “attachment” type of widget to insert the photos.

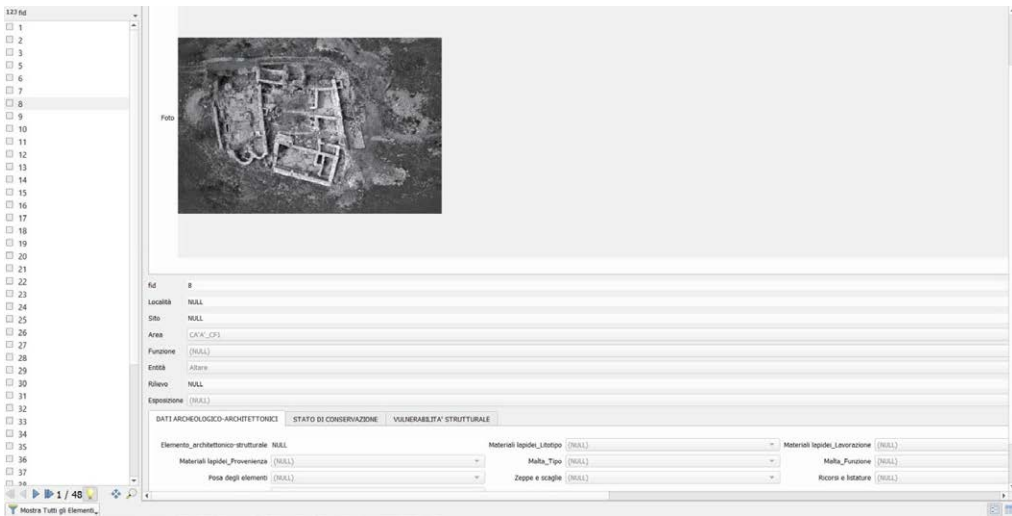


Figure 3. Structure of the attribute table.

After structuring the table, we continued with the digitisation operations through the polygonal vector of the USM from the orthophotos. In the last phase, we continued with the categorisation of the entities based on the “Entità” field for printing and drafting tables. In this way, we can differentiate the geometries by colour, name and functionality.

We have printed three tables relating to the different architectural complexes with relative examples of a database query and with the “Atlas” function, a tool that offers the possibility of overcoming the static nature of the print composer and making composite prints in series.

The structuring of the workflow in QGIS has enabled extensive data management and precise organisation of the design operations.

(E.S.)

Survey and 3D GIS modelling

As it has already been said, by choosing this particular workflow – Luca Mandolesi, “OpenDroneMap: fotogrammetria open source | WebODM + QGIS + Blender”, May 17, 2021, video, <https://www.youtube.com/watch?v=El4F38gcav0>) – we utterly believed in the multidisciplinary approach to get an integrated system aimed at the valorisation of the archaeological site. We tried to obtain a foundation for a complex analysis that could serve different purposes: urban planning study, geomorphology, and architectural function (for a deeper insight into the role of 3D modelling in archaeological research, we would like to cite Hemon, Joanna 2008).

For these reasons, as a first fundamental step, we decided to obtain the geometrical acquisition of the archaeological site with its structures and its geomorphology. To do so, we proceeded to a 3D survey to generate a digital replica of the site. After having obtained permissions from

the University of Basilicata and the office of the Superintendence of Archeology, Fine Arts and Landscape of Basilicata, part of the work team travelled to the site and carried out the operation on the field. An Unmanned Aerial System model DJI Mavic Pro was used to perform the acquisition of the photographs data set from the zenith perspective with two crawls. The UAS camera had a 12.71-megapixel matrix equipped with a 26 mm (35 mm equivalent) lens and permitted high-quality images to be captured. The survey was carried out by one operator who took care of covering the entire area and recorded sufficient overlaps for the photos; a second operator assisted as an observer. The drone was piloted at approximately 20 m to get a proper resolution of the whole site: two flights and more than 30 minutes were needed for the acquisition. The survey was carried out at noon to get the best lighting possible. For future campaigns, however, it would be desirable to continue with the terrestrial completion measures and concentrate on individual monuments.

As a second step, the images were processed with WebODM, an open source photogrammetry software for 3D spatial data generation in absolute coordinates. The software allows importing an image data set to be computed by an algorithm of structure from motion; afterwards, it matches bi-univocal correspondences among them to reconstruct the camera position and, therefore, the orientation in space. Finally, the software can elaborate a sparse point cloud, a dense point cloud, and a mesh. In our case, the geospatial references were obtained by UAS GPS which can already georeference the pictures – the average error consists of a value of 2 m ca. – nonetheless, it would be preferable for future developments to match the photogrammetry with Ground Control Points coming from a more precise topographical survey on the field. The interface allows us to regulate different parameters and obtain several kinds of outputs: in our case, we wanted to generate a Digital Surface Model, an orthophoto in raster format, a mesh in OBJ format, and the relative texture. To do so, we used the standard parameters that the software suggests, with a few exceptions: we set the parameters to get the orthophoto from the 3D texture and to raise the mesh size.

The DSM had a resolution of c. 0,24 m per cell and was imported in QGIS to elaborate contour lines (1 m wide) and save them as a shapefile., A section of the Digital Terrain Model was downloaded from the online dataset from TINITALY DEM by the National Institute of Geophysics and Volcanology (INGV) to validate the correctness of the elaboration. The raster was imported in QGIS and used to elaborate contour lines as well, then exported in shapefile.

All these data sets were lastly imported into the open source software for 3D modelling, Blender. We immediately turned on the add-on BlenderGIS, which allows working in an absolute coordinate system 3D space. At this point, it was possible to import the OBJ for the archaeological site and its texture and the shapefile of its contour lines. We also imported the shapefile of the TINITALY DEM contour lines, which were then interpolated to obtain a mesh through the Delaunay method: the two altimetry data sets matched satisfyingly, so our elaboration was validated.

Afterwards, we converted the polygons related to the walls from the geopackage to the shapefile format, and then we imported them: these were organised inside the outliner in different “collections” (groups of layers) according to a chronological principle to allow a more handfull consultation of the SU. Figure 4 allows a general overview of the final outcome of the work inside Blender.

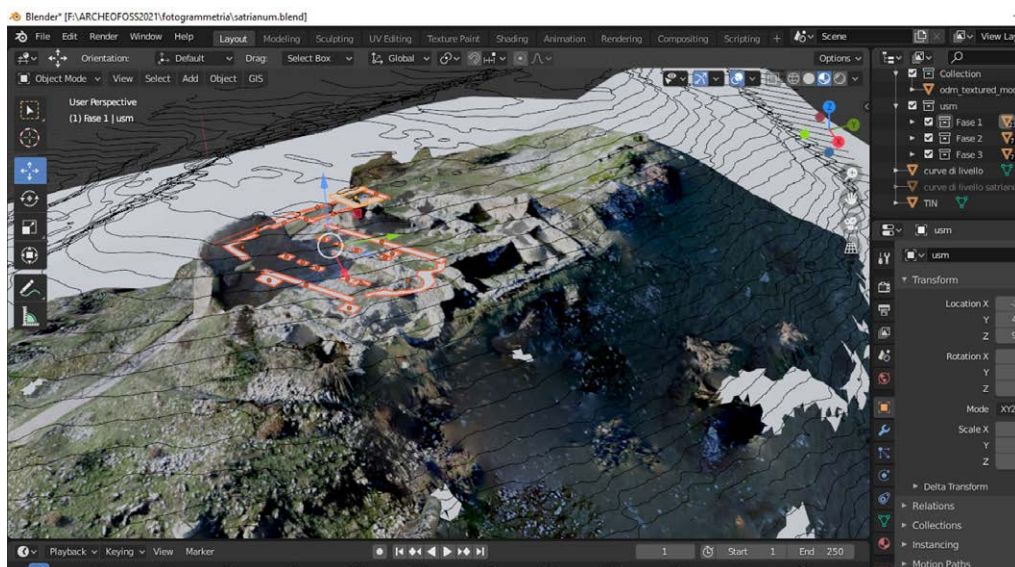


Figure 4. Screenshot from the Blender 3D viewport at the end of the elaboration. It is possible to appreciate the 3D modeling of the site with its texture; the contour lines; the polygons imported as shapefiles from QGIS and related to the different UUSMM of the buildings; the organization of the polygons inside the outliner in the collections according to chronological principles.

In our opinion, the data set that we obtained on the field and organised in a GIS database inside a 3D modelling software could reveal as utterly useful from different and multidisciplinary perspectives, for which we hope the works on this beautiful site could be enhanced and carried on in the future.

First, it gives a geometrically and geographically precise model to be used for architectural and landscape project design, e.g. by architects and engineers teams to improve the fruition of the site for the audience. It would be extremely helpful for designing better visiting ways all along the site, preventing geomorphological instabilities for the remains, or designing new museum elements for the didactic of the site.

Secondly, the dataset provides precious information for a topographical and orographic study of the site to better understand the ancient centre and its relationship with the territorial surrounding context. It would be desirable to go further in this way, enlarging the scale and having better and more interesting developments in this landscape archaeology.

Thirdly, the digital output could be useful to be used for the enhancement of the site and its digital communication, for example, from a museum or a tourist perspective. Again, it would be preferable for the future to put this case on a larger scale in a regional network.

Finally, the digital analysis, along with the site inspection and its organisation in an interactive virtual database, gives a fundamental stratigraphic comprehension of the complex structures and the ancient buildings: this could be fundamental for accurate restoration design projects and the reinforcements of the structures as well. Nevertheless, such a data set could be likely

implemented in further digital and scientifically accurate elaborations: e.g., the case study would be perfect for development according to the Extended Matrix paradigm (Demetrescu 2018), which would give a scientifically precise reconstruction of the fortified site in its historical development.

(A.S.)

References

- Bogdani, J. 2009. "GIS per l'Archeologia". In *Atti della Tavola rotonda Bologna 12 aprile 2008- Groma 2. In profondità senza scavare. Metodologie di indagine non invasiva e diagnostica per l'archeologia*, edited by E. Giorgi, 421-438, Roma: BraDypUS. .
- Borri, A., G. Cangi, A. De Maria, and C. Donà. 2011. "Metodi qualitativi per la valutazione della qualità muraria". In *Manuale delle murature storiche. Analisi e valutazione del comportamento strutturale*, vol. 1, edited by C. Dona, 237-294, Roma.
- Carpenter, J. 2008. "Open Source GIS for archaeology", in *Archaeology in New Zealand*, 51 (4): 257-263
- Brogiolo, G. P. 1988. *Archeologia dell'edilizia storica*. COMO.
- Colangelo, L. 2011. "Lo scavo dell'insediamento medievale di Satrianum. Le indagini 2006-2009", in *Gli spazi del potere civile e religioso dell'insediamento fortificato di Torre di Satriano in età angioina*, edited by Lucia Colangelo, Massimo Osanna, Anna Rita Parente, and Francesca Sogliani, 230-232. Firenze.
- Demetrescu, E. 2018. "Virtual Reconstruction as a Scientific Tool: The Extended Matrix and Source-Based Modelling Approach", in *Digital Research and Education in Architectural Heritage: 5th Conference, DECH 2017, and First Workshop, UHDL 2017, Dresden, Germany, March 30-31, 2017, Revised Selected Papers*, 102-116. Cham: Springer Publishing.
- Ferrero, M. 2004. *SQL: la guida tascabile al linguaggio di interrogazione dei database*. Milano.
- Forte, M. 2022. *I Sistemi Informativi Geografici in Archeologia*. Roma .
- Hermon, S and N. Joanna. 2008. "3D Modelling as Scientific Research Tool". In *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA): 1-6*, edited by Axel Posluschny, Karsten Lambers, and Irmela Herzog, Berlin
- Mangialardi, M. and M.G. Sibilano. 2011. "ArchiDb: uno strumento open source per l'analisi degli elevati antichi" in *ARCHEOFOSS. Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica*: 75-85.
- Montagnetti, R., and P. Rosati. 2019. "Georiferire la stratigrafia archeologica", in *Archeologia e Calcolatori*, 30: 463-466.
- Noti, V. 2021. *Gis Open Source per geologia e ambiente: analisi e gestione dei dati territoriali e ambientali con QGIS*. Palermo.
- Osanna, M. 2011. "Un progetto di archeologia globale a Torre di Satriano", in *Colangelo, Lucia, Massimo Osanna, Anna Rita Parente, Francesca Sogliani, Gli spazi del potere civile e religioso dell'insediamento fortificato di Torre di Satriano in età angioina*: 229-230.
- Osanna, M, and V. Capozzoli. 2012. "Lo spazio del potere II. Nuove ricerche nell'area dell'anakoron di Torre di Satriano". In *Atti del terzo e quarto convegno di studi su Torre di Satriano- Tito (16-17 ottobre 2009; 29-30 settembre 2010)*, 9-11. Venosa.

Virtual Tour realizzato con Pannellum ed integrazione LeafletJS

Valerio De Luca¹ and Martina Frau^{1*}

¹Una Quantum inc;

*Correspondence: frau.marti@tiscali.it

Presented at the ARCHEO.FOSS XV 2021: Open software, hardware, processes, data, and format in archaeological research; on-line; November 23rd-26th 2021.

Abstract:

A virtual tour is a tool for knowledge, conservation, enhancement, inclusion and accessibility. The images, taken with a spherical camera, are processed with Pannellum that uses Python and Hugin software to create “tiles” of spherical images, and the whole process takes place locally. Photos are linked in order to simulate the route within the virtual tour. On the virtual tour to the traditional “hotspot” button (to link photos) we added two bars: “titlebar” (the top bar for the title) and “footerbar” (the bottom bar for the credits), in addition to buttons for image rotation, full screen view and to open the personalised map created with Leaflet, useful for user orientation.

Keywords: Virtual tour, Pannellum, immagini equirettangolari, foto 360, LeafletJS, accessibilità culturale.

FOSS software used and license: GIMP, GNU LGPL v3+ e GNU GPLv3+; G'MIC, GNU GPL v2; Pannellum, MIT license; Hugin, GNU GPL v2; LeafletJS, BSD license.

Introduzione

Il virtual tour sta conoscendo sempre maggiore applicazione e diffusione nel settore culturale. A tal proposito è bene sottolineare che si è imparato a conoscere e apprezzare questo strumento specialmente in tempo di pandemia, momento storico in cui ha rivelato maggiormente le sue potenzialità e versatilità.

Nell'ambito dello sviluppo del Virtual Tour di Pannellum, i cosiddetti periodi di *lock down* durante la pandemia COVID-19 sono stati, per gli autori, il massimo momento di sperimentazione nell'arco di vita del suddetto progetto. Difatti, erano già in uso strumenti gratuiti e open source per la creazione di virtual tour ma si è deciso di ampliare le conoscenze e testare nuovi mezzi che fossero totalmente open source: fino a questo momento infatti si adoperava solo Marzipano tool che, per quanto open source, è parzialmente proprietà di Google per le sue funzionalità online (<https://www.marzipano.net/>). L'obiettivo del progetto è dunque quello di dimostrare che non occorrono strumenti eccezionali per giungere alla realizzazione di un ottimo virtual tour che sia, soprattutto, di facile utilizzo e accesso per tutti.

Origine del VT

Se attualmente il virtual tour viene ampiamente adoperato in campo culturale, un esempio è il catalogo “Gran tour virtuale. Viaggio nel patrimonio” realizzato dal Ministero della Cultura,

all'epoca Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo, che raccoglie i progetti che hanno come soggetti i luoghi della cultura ministeriali (<https://www.beniculturali.it/virtualtour>). Occorre però immaginare che non è sempre stato così: è infatti esempio di una delle tantissime tecnologie nate con diverse funzionalità e poi acquisite dal mondo dei beni culturali.

I virtual tour nascono per scopi commerciali, principalmente per la promozione del settore immobiliare e turistico per poi approdare nella nostra quotidianità attraverso Google Maps. Dopo una lunga fase di sperimentazione, nel 2007, venne introdotto il servizio Google Street View (https://www.google.com/intl/it_it/streetview/). La copertura inizialmente ha riguardato solo 5 città statunitensi per poi allargarsi in breve tempo ad altri centri degli USA e a diverse città canadesi, australiane, giapponesi ed europee per poi estendersi, in breve tempo, alla maggioranza del globo. Un virtual tour si compone di fotografie sferiche scattate a distanza ravvicinata che consentono all'utente di esplorare e visionare le strade, proprio come se si trovasse sul luogo, con una vista completa a 360 gradi.

Dopo che Google ha portato questa tecnologia all'interno delle attività commerciali per accrescerne la visibilità si ha, nel 2013, la prima apertura al settore della cultura con il progetto Google Art Project, poi divenuto Google Arts&Culture (<https://artsandculture.google.com/?hl=it>), tramite il quale sono stati trasposti in forma di virtual tour ad altissima risoluzione i maggiori musei del mondo.

Ad oggi si contano migliaia di luoghi della cultura digitalizzati da Google, dimostrando così che la loro virtualizzazione non sostituisce la visita fisica ma, al contrario, costituisce un valore aggiunto, una forma di apertura e di superamento delle barriere.

Caratteristiche

Un virtual tour propriamente detto si compone di una sequenza di immagini sferiche. Tali immagini sono dette equirettangolari per il loro particolare dimensionamento: si tratta infatti di immagini rettangolari il cui rapporto base-altezza è di 2:1. Tale proporzione consente la trasposizione della sfera sul piano (<https://onix-systems.medium.com/how-to-use-360-equirectangular-panoramas-for-greater-realism-in-games-55fadb0547da>; <https://www.casa360.net/formato-foto-panoramiche-equirettangolari/>). Le immagini sferiche, anche dette in gergo “sfere”, sono ordinate in modo tale che la loro sequenza, nel virtual tour, simuli la successione degli spazi nella realtà. Per ottenere tale risultato devono essere adoperati appositi software tra i quali spiccano per notorietà Matterport (<https://matterport.com/it>), 3D Vista (<https://www.3dvista.com/it/>) e We Book (<https://webobook.com/it/virtual-tour-software.html>) e che consentono di realizzare un progetto completo in cui le immagini siano arricchite da ulteriori contenuti, oltre che collegate reciprocamente mediante apposite icone grazie alle quali l'utente finale avrà totale libertà di movimento.

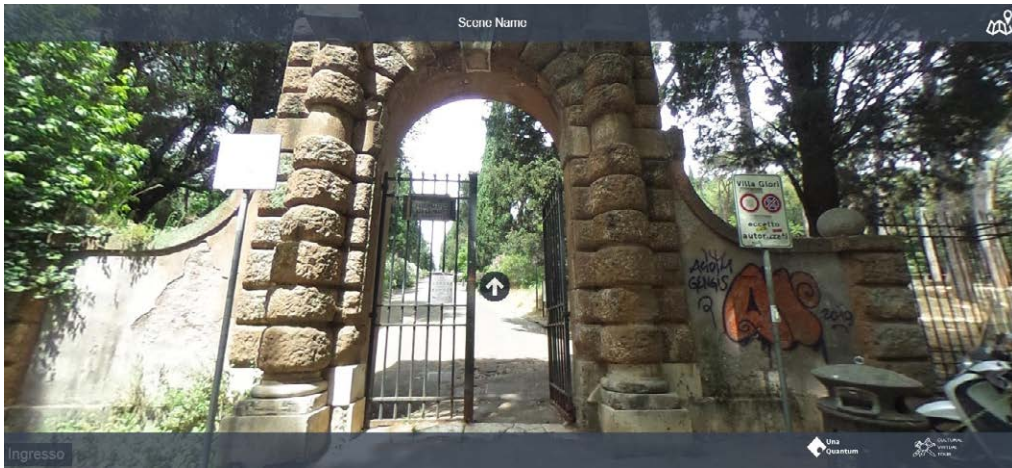


Figure 1. L'immagine presenta una schermata tipo del progetto in modalità desktop. Si evidenziano tutti gli elementi costituenti: titlebar e footerbar, hot spot e pulsante di apertura/chiusura della mappa

Realizzazione

La creazione di un virtual tour si compone di cinque fasi.

Campagna fotografica

La prima fase è quella dell'acquisizione delle immagini sferiche. Allo scopo è stata adoperata una macchina fotografica a 360 gradi, Ricoh Theta S (<https://theta360.com/it/about/theta/s.html>). Si tratta di uno strumento di semplice utilizzo, commercializzata principalmente per scopi ricreativi, ma che garantisce una qualità di immagine tale da renderla adatta anche per un uso in campo di studio e/o lavorativo.

Il corpo macchina, piccolo e leggero, la rende estremamente maneggevole e può essere utilizzata a distanza grazie all'applicazione apposita per dispositivi mobili.

Lo strumento deve essere posizionato su un sostegno che sia il meno invasivo possibile, preferibilmente su un'asta o monopiede. La macchina infatti è dotata di due obiettivi che, all'atto dello scatto, producono ognuno un'immagine di circa 200 gradi di apertura così da avere un margine di sovrapposizione. Le due immagini vengono unite automaticamente dalla macchina mediante un'operazione detta di *stitching*.

L'immagine finale presenterà, in corrispondenza del nadir, una zona d'ombra dovuta al corpo macchina in corrispondenza del quale si avranno inevitabili deformazioni per l'incapacità dello strumento di compiere una compensazione completa. Dunque, minore è l'impatto del supporto e minori saranno le deformazioni dell'immagine in corrispondenza del nadir.

Postproduzione

La fase di postproduzione è un passaggio importante per la correzione di parametri non controllabili in fase di acquisizione.

Il programma adoperato, GIMP (<https://www.gimp.org/>) è un software di fotoritocco completo tramite il quale è possibile modificare, integrare e personalizzare le immagini.

Nel caso specifico è stato arricchito dalle funzionalità del plugin G'MIC (GREYC's Magic for Image Computing (<https://gmic.eu/>)). Il plugin si compone di centinaia di filtri tra i quali si individua il filtro "Equirectangular to Nadir-Zenith", fondamentale per la lavorazione delle immagini sferiche poiché permette l'estrapolazione dalle immagini equirettangolari di due porzioni, coincidenti con zenith e nadir appunto, che vengono restituiti su due piani quadrati. L'isolamento del nadir, in particolare, è indispensabile per intervenire sulle deformazioni dovute alla compensazione che viene eseguita automaticamente dallo strumento e che permette di effettuare delle ricostruzioni o di procedere con l'inserimento di un logo.

Creazione delle tiles

Le sfere che costituiscono il virtual tour vengono collegate tramite l'applicativo Pannellum, (<https://pannellum.org>) un visualizzatore di foto sferiche, gratuito e open source per il Web, realizzato utilizzando HTML5, CSS3, JavaScript e WebGL.

Per comporre il virtual tour tramite l'applicativo Pannellum (<https://pannellum.org/documentation/examples/multiresolution/>) occorre preliminarmente trasformare le sfere in formato "tiles", ovvero procedere alla frammentazione dell'immagine equirettangolare in un elevato numero di immagini di dimensione inferiore e forma quadrata, che risultano gestibili più facilmente dai motori di ricerca.

Questa operazione non è indispensabile, ma fortemente consigliata per avere una visualizzazione fluida delle sfere in Pannellum, altrimenti denominata "multi-risoluzione".

Ciò richiede la conversione di una immagine equirettangolare nel formato "multi-risoluzione" di Pannellum utilizzando lo script `generate.py`.

Per poter creare tiles in "multi-risoluzione", è necessario avere installato il programma Nona, che è disponibile come parte di Hugin (<http://hugin.sourceforge.net/>) così come Python3 con i pacchetti Pillow e NumPy.

Creazione del virtual tour

È possibile creare un collegamento tra più sfere in un tour virtuale utilizzando il linguaggio in modo opportuno come dimostrato nella porzione di codice seguente adottata come esempio (<https://pannellum.org/documentation/examples/tour/>).

```
"scenes": {
  "circle": {
    "title": "Mason Circle",
    "hfov": 110,
    "pitch": -3,
    "yaw": 117,
    "type": "equirectangular",
```

```

    "panorama": "/images/from-tree.jpg",
    "hotSpots": [
        {
            "pitch": -2.1,
            "yaw": 132.9,
            "type": "scene",
            "text": "Spring House or Dairy",
            "sceneId": "house"
        }
    ],
},
"house": {
    "title": "Spring House or Dairy",
    "hfov": 110,
    "yaw": 5,
    "type": "equirectangular",
    "panorama": "/images/bma-0.jpg",
    "hotSpots": [
        {
            "pitch": -0.6,
            "yaw": 37.1,
            "type": "scene",
            "text": "Mason Circle",
            "sceneId": "circle",
            "targetYaw": -23,
            "targetPitch": 2
        }
    ]
}
}

```

Come è possibile riscontrare, nel codice sono presenti due sfere identificate dalle variabili `circle` e `house`, a loro volta contenute in una variabile più generale `scenes` che gestisce tutte le eventuali sfere del virtual tour.

Ogni sfera è caratterizzata da una serie di parametri (<https://pannellum.org/documentation/reference/>) descritti di seguito.

titolo (stringa): Se impostato, il valore viene visualizzato come titolo della sfera. Se non si desidera alcun titolo, non è necessario impostare questo parametro;

hfov (numero): Imposta il campo visivo orizzontale iniziale della sfera in gradi. Il valore predefinito è 100;

pitch (numero): Imposta la posizione di inclinazione iniziale della sfera in gradi. Il valore predefinito è 0;

yaw (numero): Imposta la posizione di imbardata iniziale della sfera in gradi. Il valore predefinito è 0;

type (stringa): Specifica il tipo di hotspot;

panorama (stringa): Imposta l'URL dell'immagine equirettangolare.

Per ogni sfera posso esserci più hotspot che consentono il collegamento ad altre sfere a partire da essa. Gli hotspot sono caratterizzati dai seguenti parametri.

pitch (numero): Specifica la porzione dell'hotspot, in gradi.

yaw (numero): Specifica l'imbardata della posizione dell'hotspot, in gradi.

type (stringa): Specifica il tipo di hotspot.

text (stringa): Questo specifica il testo che viene visualizzato quando l'utente passa sopra l'hotspot.

sceneId (stringa): Specifica l'ID della scena cui l'hotspot si collega.

Inserimento della mappa

Nel virtual tour è stata integrata una mappa interattiva. Tale strumento consente di arricchire l'esperienza dell'utente durante la fruizione della visita virtuale.

La mappa è realizzata in LeafletJS, (<https://leafletjs.com/>) una libreria JavaScript open source per mappe interattive ottimizzate per dispositivi mobili.

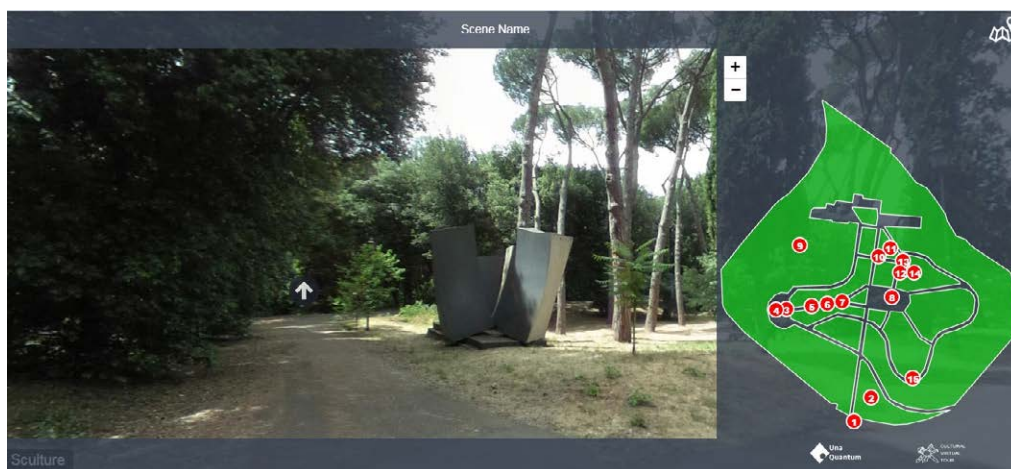


Figure 2. Lo screenshot mostra il progetto in conseguenza all'apertura della mappa. Punti salienti sono i pulsanti per aumentare e diminuire il livello di zoom e i pulsanti, rossi e numerati, per il collegamento guidato alle altre immagini

Tale contenuto può essere derivato da un'elaborazione CAD, successivamente trasformata in formato vettoriale GIS. Per l'inserimento di tale elemento all'interno di LeafletJS è necessario infine trasformare il vettoriale GIS nel formato GeoJSON, particolarmente indicato per applicazioni web.

Il virtual tour: il caso di Villa Glori

La metodologia di lavoro adoperata è applicabile su larga scala e può essere utilizzata indifferentemente su qualunque sito culturale.

Possono essere individuate, nel campo dei beni culturali, le più disparate funzionalità e utilità.

Nel settore più specifico dell'archeologia il virtual tour può diventare un utile strumento di accompagnamento ai metodi di rilievo e documentazione grafica e fotografica più tradizionali dal momento che l'immagine sferica permette di avere, con un unico scatto, la visione integrale dell'area ripresa.

Il virtual tour realizzato si presenta con una schermata occupata quasi esclusivamente dalla foto sferica, alla cui apertura, essendo attiva la modalità "autorotazione", inizia appunto un movimento automatico che deve invitare il fruitore ad assumere il controllo della visita.

La schermata in alto è delimitata dalla "titlebar", una sottile barra destinata ad ospitare il nome identificativo dell'immagine che si sta visualizzando; all'estremità destra è poi ospitato il pulsante per l'apertura e la chiusura della mappa interattiva. Nella parte bassa, la "footer bar", una barra gemella a quella superiore, è utile per l'inserimento di loghi dei soggetti responsabili della realizzazione del virtual tour e, al contempo, si consente l'apertura dei rispettivi siti internet.

All'interno di ogni immagine si individuano delle frecce che funzionano da "link hotspot", ossia dei pulsanti per il collegamento reciproco delle sfere che vengono così ordinate simulando il percorso di visita. Al passaggio del mouse compare un piccolo popup, il "tooltip", che contiene il nome della sfera collegata.

L'elemento saliente del progetto è indubbiamente la già citata mappa interattiva la cui apertura è possibile grazie al pulsante posto in alto a destra. Nella rappresentazione schematica della planimetria del sito i punti, visibili tramite immagine sferica, sono identificati da un numero: anche questi sono dei pulsanti che consentono il passaggio da un'immagine all'altra, alternativi ai "link hotspot". La mappa può essere, all'occorrenza, leggermente ingrandita o rimpicciolita.

Il virtual tour è stato progettato in modo tale da consentire la perfetta adattabilità su qualsiasi tipo di dispositivo. Nel momento in cui viene visualizzato su apparecchi mobili, quali smartphone e tablet, gli elementi che incorniciano le immagini sferiche aumentano leggermente di dimensione per facilitare la digitazione; la mappa invece, a seguito della sua apertura, viene visualizzata a schermo intero così da agevolare la fruizione.

La sperimentazione di Pannellum per la realizzazione di virtual tour è stata condotta su fotografie sferiche realizzate nel parco romano di Villa Glori.

La scelta è stata dettata dalla necessità di individuare uno spazio liberamente accessibile nel maggio 2020, periodo non facile per le numerose chiusure e limitazioni dettate dalla pandemia COVID- 19. Gli autori avrebbero preferito lavorare su materiale prodotto in ambito archeologico, nel contesto di una campagna di scavo ma, per le ragioni sopra indicate, ciò non è stato possibile.

Il Parco è uno spazio di notevole importanza per il suo stretto legame con la storia, è stato infatti sede di battaglie durante il Risorgimento. Attualmente è un luogo della memoria, da qui la sua denominazione di Parco delle Rimembranze, ma anche sede di una collezione di arte contemporanea a cielo aperto che conta molteplici installazioni *site specific* oltre che di alcuni siti archeologici.

I punti di scatto sono stati selezionati per dare un'immagine completa della Villa oltre che per evidenziare i punti maggiormente significativi quali quelli coincidenti con le installazioni e i monumenti a memoria delle battaglie e dei caduti. Per quanto ampi i vari settori sono stati immortalati da un'unica fotografia per evitare ridondanze.



Figure 3. La figura riprende la Figura 2 ma visualizzata in modalità mobile. L'immagine permette di evidenziare come la mappa vada ad occupare interamente lo schermo al fine di facilitare la sua fruibilità tattile su uno schermo di piccole dimensioni

La realizzazione della campagna si è protratta per qualche ora, date le difficoltà nel posizionare correttamente la strumentazione nel terreno irregolare, cui si sono aggiunti tempi di attesa dovuti alla necessità di acquisire le immagini in assenza di persone, sia per questioni legate alla privacy che per rendere le fotografie più leggibili.

La fase di acquisizione del dato fotografico è l'unica che viene svolta direttamente *in situ*, le fasi successive, di pura elaborazione del dato fotografico, vengono portate avanti lontano dal sito oggetto.

Conclusioni

Allo stato attuale il virtual tour non comprende contenuti aggiuntivi fatta eccezione per la mappa interattiva, la cui presenza si ritiene un buon risultato dal momento che altre applicazioni consentono, di norma, l'inserimento di una sola mappa statica.

La mappa dinamica consente una migliore navigazione e la possibilità di riportare una maggiore e più completa quantità di informazioni del sito culturale.

Si sottolinea inoltre la scelta di LeafletJS per la realizzazione della mappa interattiva, applicativo ampiamente utilizzato nell'ambito della cartografia digitale su web. Contrariamente sarebbe stato necessario l'uso di altri applicativi cartografici meno diffusi o la realizzazione di un applicativo *from-scratch*. Tali ultime due scelte avrebbero vanificato gli indubbi vantaggi delle funzioni di LeafletJS, ormai riconosciute dalla comunità di sviluppatori e utilizzatori in ambito di applicazioni cartografiche online.

Il progetto è però facilmente implementabile con ulteriori pulsanti, detti "info hotspot" da collocare in corrispondenza di punti salienti delle immagini sferiche e che permetterebbero l'apertura di popup informativi all'interno del quale porre ulteriori contenuti, anche multimediali.

Nel settore archeologico una campagna fotografica cadenzata nel tempo e strutturata in diversi virtual tour, rappresentativi ognuno di una specifica fase di scavo, permettono di avere un'ulteriore memoria del procedere dell'attività di studio da affiancare agli altri strumenti di documentazione normalmente adoperati. Diviene inoltre un utile strumento di divulgazione delle conoscenze per i "non addetti ai lavori".

Grazie alle caratteristiche che il lavoro assumerà mediante le implementazioni future che puntano all'integrazione delle immagini con popup informativi, renderanno lo strumento utile sia per la divulgazione delle informazioni ma anche, e soprattutto, per la documentazione della campagna di scavo. All'interno dei popup possono essere visualizzate, o anche richiamate nella forma di contenuto esterno, tutti i documenti prodotti durante le attività: schede, documentazione fotografica, rilievi tradizionali e laser per fare alcuni esempi. Un sapiente posizionamento dei popup consentirebbe di mantenere memoria, inoltre, dell'esatta collocazione dei reperti rinvenuti in fase di scavo creando un collegamento con oggetti che, dopo lo scavo, perdono inevitabilmente la loro posizione originaria.



Figure 4. L'immagine propone una visualizzazione del progetto in modalità mobile a seguito della chiusura della mappa. Lo schermo è interamente occupato dall'immagine sferica al fine di favorire la sua navigazione. Fanno da cornice, anche nella modalità di visualizzazione per schermi di dimensioni ridotte, titlebar e footerbar

Bibliografia

- Albrizio, P., F. De Virgilio, G. Panzarino, and E. Zambetta. 2013. "WebGIS e divulgazione del dato archeologico con software open source. Il progetto "Siponto aperta". In *Proceedings of ArcheoFOSS VIII: Free, libre and open source software e open format nei processi di ricerca archeologica*, edited by Filippo Stanco and Giovanni Gallo, 101-114. Oxford: Archaeopress.
- Communication Strategies Lab, 2012. "Realtà aumentate. Esperienze, strategie e contenuti per l'Augmented Reality". Milano: Apogeo.
- Conti, F. 2018. "Tecniche e strumenti software per la produzione di visite virtuali". Torino. <https://webthesis.biblio.polito.it/8147/1/tesi.pdf>
- De Luca, V., C. Conati Barbaro, C. La Marca, M.L. Savino, and P. Rosati. 2019. "L'open source per i musei: il tour virtuale del Museo delle Origini (Sapienza Università di Roma)" in *Archeologia e Calcolatori*, 30: 479-482.
- Orlandi, M., Zambruno, S., Vazzana, A. 2014. "Tecnologia, Beni Culturali e Turismo: i Tour Virtuali (Virtual Tours) come strumento per una corretta comunicazione dei Beni Culturali" in *Storia e Futuro, Rivista di Storia e Storiografia Contemporanea online*, 34.
- Kennicott, P. 2011. "National Treasures: Google Art Project Unlocks Riches of World's Galleries" Washington: The Washington Post.
- Petroff, M. 2019. "Pannellum: a lightweight web-based panorama viewer" in *Journal of Open Source Software*, 4 (40): 1628. <https://doi.org/10.21105/joss.01628>.
- Waters, F. 2011. "The Best Online Culture Archives". Londra: The Telegraph.