

Digital survey for landscape knowledge: Garfagnana case studies for tourism development and Versilia case study for hydraulic analysis

The design and representation of the landscape, through the tools provided by the survey, are irreplaceable means of knowledge of the territory, therefore they present themselves as indispensable elements to start any path of analysis or project of the spaces. This paper aims to show some documentation experiences of the territory, through different techniques of digital survey and graphic representation, which, starting from the survey, develop with different purposes: on the one hand the project for the documentation of the basin area of the streams that flow into the Fiumetto, a watercourse between Pietrasanta and Forte dei Marmi, which aims to experiment modern digital surveying techniques on the coastal landscape of Versilia to use the data for hydraulic modeling; the vastness of the area to be surveyed requires high reliability at sufficiently detailed restitution scales (1:100), with the aim of creating a three-dimensional model of points from which to

extract the morphology of the watercourses and the various crossings, in order to provide hydraulic engineers with all the tools useful for simulating on hydraulic softwarws the flooding scenarios; on the other the documentation project of the system of routes within the municipality of Garfagnana with the aim of enhancing and promoting the route, not only from the point of view of historical preservation, but also from future tourist use. To make this possible the University of Florence collaborates with Italian Cycling Federation, in the belief that the care of widespread cycling routes can make the most of the territory, also correctly responding to the current needs of environmental sustainability. The proposal to recover ancient routes and medieval and sixteenth-century bridges is to be considered foundational: there is the possibility of bringing out an impressive number of architecturally important structures to cross and visit along the route.



Stefano Bertocci

Full time Professor of Architectural Survey in DIDA of the University of Florence. He deals with several researches related to digital survey in the field of archaeology, architecture and urban planning for Historical Town Centres. He is the author of numerous scientific publications on the problems of recovery and re-development of national and international historic centres and UNESCO sites.



Matteo Bigongiari

Ph.D. candidate in “architectural and landscape survey and representation” in the Architecture Department (DIDA), University of Florence. He deals with several national and international researches related to Heritage survey and analysis. Author of several scientific publication about the reliability of digital survey of landscape and architecture.



Marco Ricciarini

Architect and Ph.D. in architectural and landscape survey and representation, scholarship in the Architecture Department (DIDA), University of Florence. He deals with several researches related to survey and sustainable development of sports facilities. Author of several scientific publication on digital survey of landscape and architecture.

Keywords:
Digital survey, Garfagnana, Versilia, bridges, canals

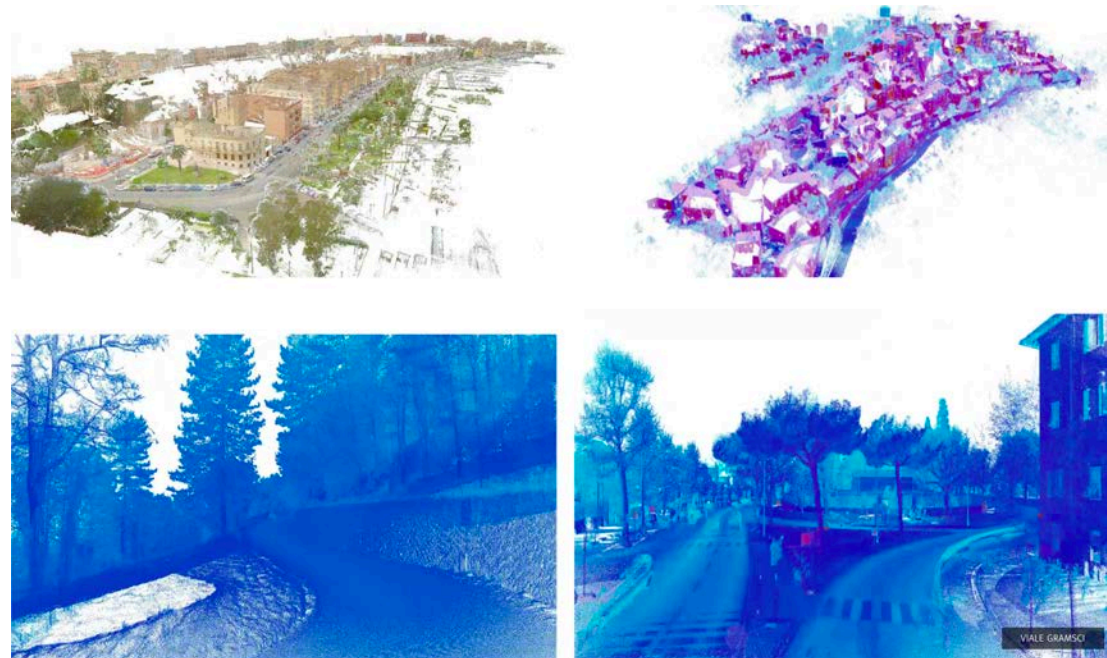
INTRODUCTION

The landscape is an extremely interdisciplinary theme, which is composed of aesthetic, physical, geographical, anthropological and finally economic but also regulatory aspects. Due to the variety of approaches, the digital representation of the landscape actually falls within every area of interest and to appreciate the landscape, through the support of digital media, requires a great deal of study. The frontiers of representation and digital communication seem to extend beyond the horizons known and practiced by landscape designers; Luigini emphasizes this aspect in his recent work on "Paesaggio e rappresentazione digitale", stating that the landscape, in the era of pervasive and digital communication, can be documented, communicated and used in innumerable ways: "The digital graphic representation assumes an increasing role of the possibilities of use - and in part of signification - both in quantitative terms and in qualitative terms: in fact if it is true that digital communication, at every level of complexity, increases the possibility of meeting between a user and the content that the user is looking for, it is also true that in the act of fruition the depth of the cognitive experience can grow significantly. In this way a specific and unprecedented sense of landscape is configured, which is composed of the digital medium or is contained in it" [1]. Aldo Sestini defined the landscape as "the complex combination of objects and phenomena linked to each other by mutual functional relationships, as well as by position, so as to constitute an organic unity" [2] similarly the geographer Eugenio Turri maintains that "the landscape is linked above all to those who observe it, to those who perceive it, to those who grasp its meaning and use it" [3]. A common conception of such research is that the whole territory, due to its history, cultural values and identity should be considered an asset to be protected. Article 9 of the Italian Constitution states that: "The Republic promotes the development of culture and scientific and technical research [see Articles. 33, 34]. It protects the landscape and the historical and artistic heritage of the Nation."

Starting from these conceptions, it is opportune, also in the researches that concern the territory, to adopt an overall approach: among other things, the dynamics of economic and demographic impoverishment common to the different sites are evaluated without neglecting, but rather enhancing, the naturalistic heritage and cultural heritage of which they are the sole holders. A pilot project in this area, which certainly deserves to be mentioned, is Arcipelago Italia, the exhibition of Mario Cucinella for the Italian Pavilion at the sixteenth International Architecture Exhibition in Venice: the project touches five Italian territories documenting them in order to understand the changes over time. From the exhibition emerges the design of a sort of humanistic geography in which the territory is intrinsically linked to the concepts of social inclusion, collective memory, work and regeneration. The first step to act on these are-

as that are widespread throughout the territory is to document them and make them known. Today technology has expanded the way of doing culture: through new forms of communication and the use of digital instruments (photography and related applications, but also the whole range of active and passive sensors, also mounted on drones, which can reconstruct models with high reliability) it is possible to respond to the phenomenon of marginalization, making known the cultural, historical and archaeological heritage of these areas, documenting it first of all for conservation purposes, but also making it accessible through

Fig. 1 - Digital surveying experiences addressed by the research group in recent years; from top to left in clockwise direction you can see the point clouds of: the waterfront of the old island of Taranto; the municipality of Acciano (AQ); the mountainous path that leads to the Sanctuary of La Verna (AR); Viale Gramsci in the historic center of Florence.



various devices on online platforms, networks and websites.

Returning to the themes of representation, a very important first aspect is connected to the detection systems of the environmental and landscape context that surrounds and connects each "built" context. The systems commonly used for the detection of the environmental system, commonly called green, due to their connection with architectural or urban systems, generally focus on topographic or aerial photogrammetric survey systems aimed at documenting the positioning of plant units within a certain context. The green appears as a graphic symbol represented by a texture that presents a vegetal agglomeration, without however indicating its characteristics or qualities such as the type of essences, volume and value in the landscape context; moreover we must reflect on the documentation modalities of living essences that develop with seasonal cycles with extremely different aspects in the various periods of the year, or phenomena of growth and aging linked to the normal life cycle of the plants. The introduction of 3D digital detection systems, from a fixed or mobile station, has contributed a great deal to the documentation of complex systems, making a notable contribution, in addition to what is already

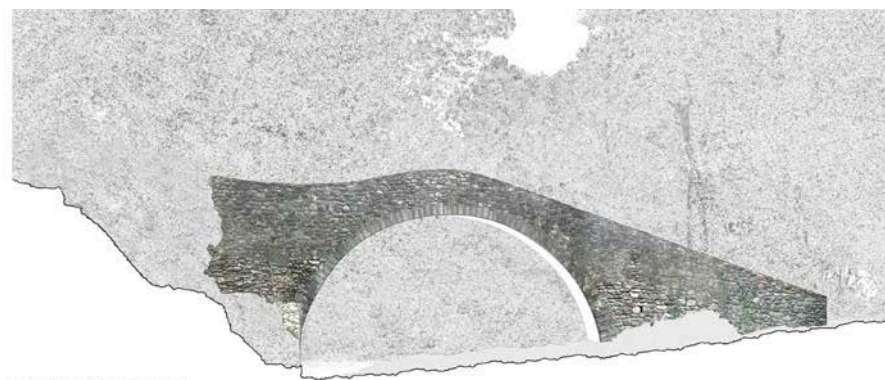
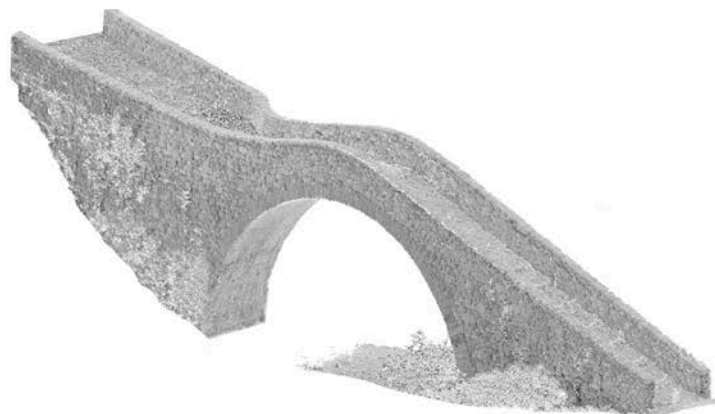


sufficiently well known in the documentation of morphological and dimensional aspects, as regards the increase in the possibilities of use both in quantitative and qualitative terms.

The present work focuses on some experiments that have been carried out in the field of laser scanner survey of portions of territory and open environments characterized by marked landscape qualities. Within the framework of the experience

Fig. 2 - Cadastral plan and view of the bridge that allows access to the village of San Michele, district of Piazza al Serchio (LU).

Fig. 3 - Three-dimensional point cloud and elevation with orthophoto of the Poggio di Garfagnana (LU) bridge.



sano con sostituzione a fili di ferro-Prospetto 2

gained, for the sake of brevity, in the attached illustrations there are further interesting previous experiences conducted by our work team: the survey of the paths of landscape and environmental interest, in particular the path that leads to the Sanctuary of La Verna, and the survey of urban environments such as the historic center of Florence, the waterfront of the island of Tarato Vecchia and the municipalities affected by the territory of L'Acquila of 2009 [4].

THE DOCUMENTATION OF THE HISTORIC BRIDGES OF THE VIA DEL VOLTO SANTO

The Via del Volto Santo is an ancient variant of the famous Via Francigena. It leads along historic mule tracks from Pontremoli to Lucca through the internal Lunigiana and the Garfagnana, touching villages and places of undeniable beauty. The route began as a pilgrimage route parallel to the main one, to welcome the many travelers who venerated the statue-reliquary of the Holy Face, from 742 placed in the Cathedral of Lucca[5]. The enhancement of the historical memory of this pilgrimage allows us to know step by step the places that travelers used to visit and to identify the hospitaliers, or more often the remains of these, where they rested.

The research project promoted by the University of Florence concerns the territory between the course of the river Serchio and its tributaries, in the Municipalities of Fabbriche di Vergemoli, Galliano, Molazzana and Castelnuovo di Garfagnana. The analysis of their historical fabric has highlighted a homogeneous system of internal areas with weak economics of a rural nature, which however insist on an environmental, landscape and historical-archaeological context of considerable value. The use of some of the most advanced technologies in the field of surveying for the digital documentation of architectural and archaeological heritage has allowed the CAD design of the medieval bridges of: Fabbriche di Vergemoli, Molazzana, Fiattono, Pontecosì, Castelnuovo, Castiglioni, Verrucole, Poggi and San Michele; of the church of Rocca Soraggio and the ruins of the

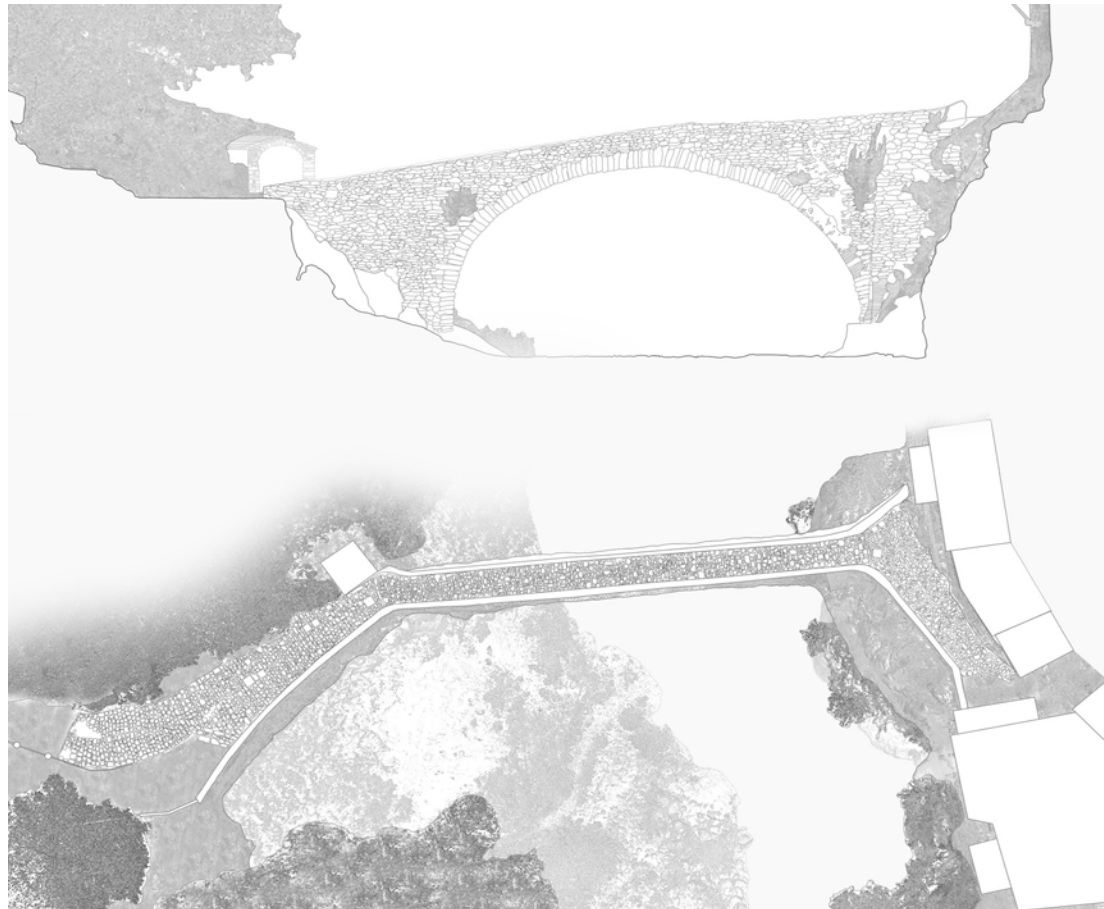


Fig.4 - Plan and elevation of the San Michele bridge, wire drawing and pointcloud on the fill, district of Piazza al Serchio (LU).

ancient hospice of San Nicolao di Tea. The data was collected with the aim of enhancing and promoting the route, not only from the point of view of historical preservation, but also from that of future tourist use. To make this possible the University of Florence actively collaborates with F.C.I. (Italian Cycling Federation), firmly believing that the care of widespread cycling routes can make the

most of the territory, also correctly responding to the current needs of environmental sustainability. In this sense, the proposal to recover ancient routes and medieval and sixteenth-century bridges is to be considered foundational: in fact, there is the possibility of bringing out an impressive number of architecturally important structures to cross and visit along the route. These would make it of

historical as well as morphological interest, activating on the territory the favorable conditions for development, economic growth and employment in the sectors of cultural tourism and related services.

If you look at the historic mountain centers within the peninsula, you will notice how they appear unchanged compared to the transformations that took place in the last century: the main subsistence activities, habits and uses of minor nuclei remained intact. And yet, if they were thriving trading centers before, today they are relegated to a negligible role: free from change and speed, but not from demographic breakdown and desertification. Redeveloping these places becomes a priority for those who live there and for the public sector, as heritage centers of historical, artistic, archaeological and environmental interest. In this perspective, the interest of the Department of Architecture of the University of Florence for the Lucchese territory has developed: within a specific agreement agreed between the Municipal Administration and the Architectural Design Department, the realization of an updated cognitive framework, of the territories of Garfagnana and Lunigiana. In this perspective the interest of the Department of Architecture of the University of Florence for the Lucchese territory has developed: the realization of an updated cognitive framework of the territories of the Garfagnana and Lunigiana, within a specific convention was designed agreed between the Municipal Administration and the Department of Architectural Design.

The study concerning the residential areas present seemed necessary for obtaining an overall view of the territory as well as for the documentation and enhancement of this. The first phase of the investigation was carried out in the belief that planning means first of all knowing. The next phase of the research involved digital documentation of the architectural and archaeological heritage and enabled the computerized restoration of medieval bridges.

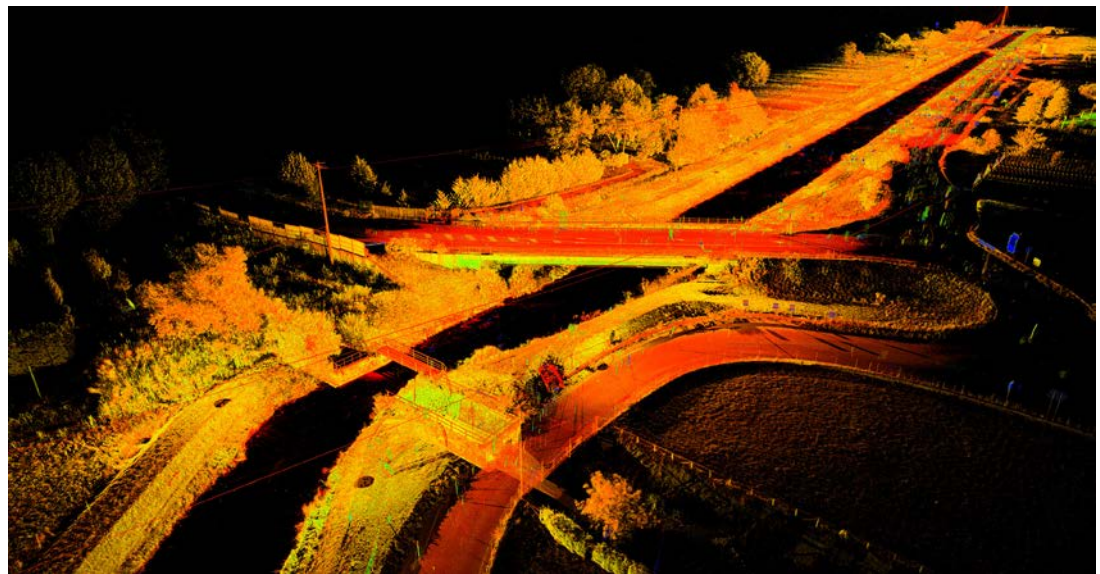


Fig.5 - Three-dimensional point cloud of the survey of the Farabola canal in Viareggio.

PROJECT METHODOLOGY

The evolution of design techniques, from manual to photographic and then computerized reproduction, has kept the original objective constant: telling the stylistic features, the languages and the composition of the architecture, developing the purpose of an assiduous communication improvement.

The work carried out in the field has, according to this view, provided for the application of three different methodologies: open air design, 3D Laser Scanner instrumentation, photogrammetry; implemented later by computerized post production. Drawing and geometry are the protagonists of the critical knowledge of the existing and of the design event in all its phases, in the same way that the survey is to be conceived as an open system, in constant transformation, research and documentary interpretation, as well as of critical reading of the investigated object. Using these three

languages, drawing, geometry and surveying, accompanied by the most up-to-date methods and techniques, is fundamental to know, represent and communicate our heritage architectures. Using the Laser Scanner 3D instrumentation has allowed the acquisition of point clouds that can be returned graphically with a high level of precision: during the post-production phase the Cyclone program was used, for cloud registration and model operations, including the export to other software and the AutoCad program for reading and graphically returning 2D drawings. Photography, together with drawing, has become an indispensable tool for the immediate understanding of the material, formal and dimensional relationships between the architecture and the context in which they are located. The field photogrammetry technique was used to obtain, through post production with Photoscan program, a high level of detail in restoring bridges and the church of Rocca Soraggio.

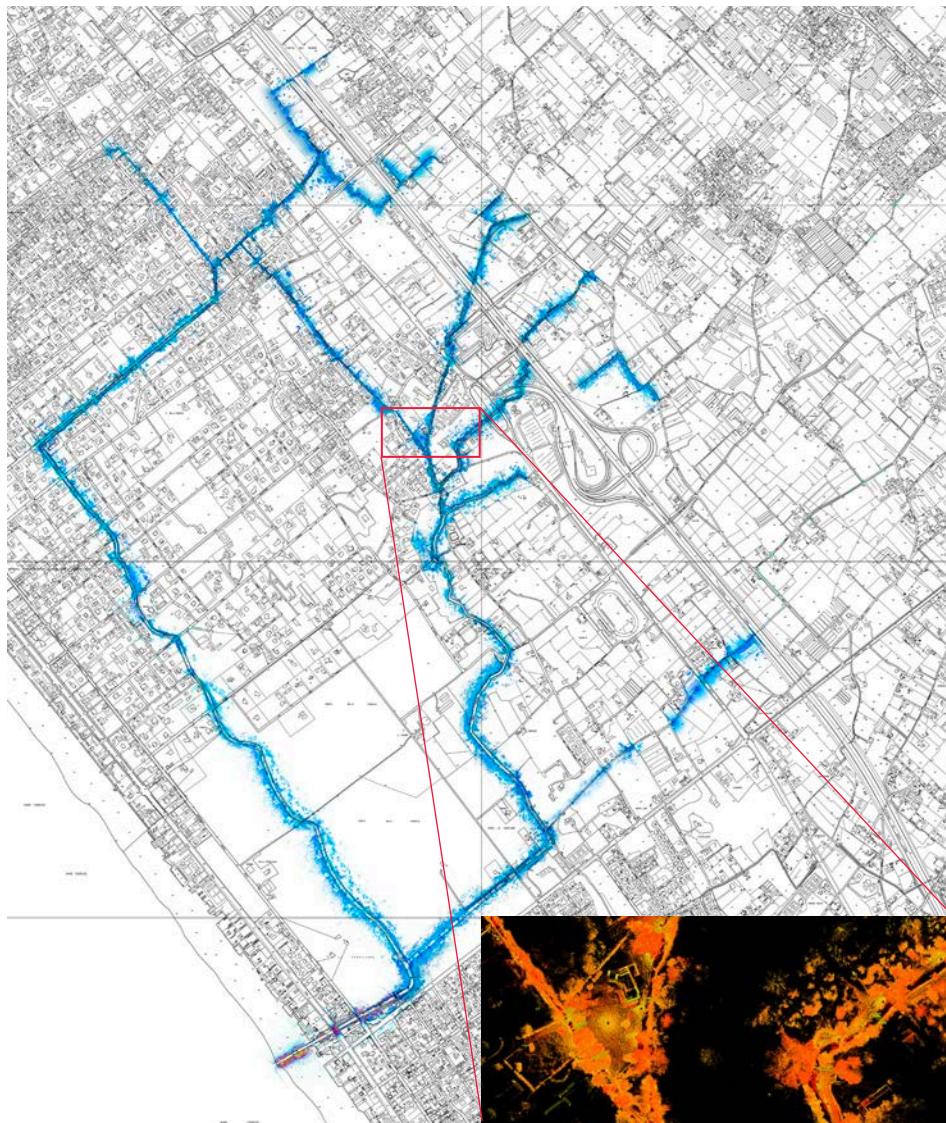


Fig.6 - CTR 1:2000 of the basin area of the Fiumetto river: the blue part that overlay the plan is the point cloud obtained by the laser scanner; on the right it is possible to understand the level of detail of the point cloud.

THE DIGITAL SURVEY OF THE VERSILIA RECLAMATION AREA

In July 2018, a research agreement was initiated between the Consorzio di Bonifica Toscana Nord1, an authority that manages a large portion of territory including the areas of Versilia, and the Department of Architecture of the University of Florence, aimed at experimenting the use of digital survey systems for the documentation of the district and of the territory that every year requires great maintenance efforts.

The possibility of digitally recreating the network of waterways has generated interest from the reclamation organization and the potential was immediately proven on a first sample case: within a project still being developed, which involves the digitization of the banks of Lake Massaciuccoli, the digital survey of an important canal, the Farabola in Viareggio, was carried out, which collects the waters of the Viareggio plain, flowing into the Burlamacca canal, outlet to the sea of the same lake; in this case, the survey envisaged the definition of the section profiles of the watercourse to assess the state of conservation of the banks, to plan new maintenance works and possible land recharges.

A second research project started in November 2018 due to the interest of the Municipality of Forte dei Marmi, which is working to draw up a new Structural Plan. In terms of territorial planning, the municipality must in fact analyze the hydrogeological and flooding risk; to conduct such analyzes it is fundamental to be able to evaluate, on the basis of a punctual and reliable survey, the behavior of the watercourses within the municipal district, most of which fall within the Consortium's area of responsibility. For these reasons, the digital documentation project of the channels connected to the Fiumetto river was started, with the aim of providing the regulator with the necessary tools to evaluate and simulate the flooding maps necessary to draw up the Structural Plan.

The present contribution aims to show briefly the development of these projects trying to analyze and verify the possibility of using well-established

technologies in the architectural field at environmental and territorial level. In both projects the need to know the territory leads to obtaining a final product that consists of general plans on which points are identified, which are useful for the hydraulic calculation or the design of engineering works, to be described with vertical sections.

SURVEY METHODOLOGY

The digital survey of the water networks required the development of an acquisition methodology that would guarantee accuracy and reliability on the architectural scale: in spite of the fact that the linear measuring meters to be carried out belonged to the scale of territorial representation[6], the need to investigate the sections of the watercourse, both for planning purposes and for documentation purposes, requires centimetric reliability; and this is important not so much as regards its spatial location in the XY plane but above all as regards the height altitude, of fundamental hydraulic interest. To allow measurements to be read with a coordinate system useful for hydraulic calculation it was therefore necessary to evaluate the height of the points at the sea level, describing the sections: therefore it was necessary to

geo-reference the three-dimensional survey with GPS instrumentation. Furthermore, the need[7] to provide a description of the area around the watercourse, not limiting the analysis to the design of its basin, led to the use of massive acquisition instruments such as the laser scanner; the need for punctual analysis on the basin profile, of which a section every maximum 50 meters had to be extracted[8], has also allowed the use of long-range laser scanners, the same that are used in architectural and urban settings. However, the laser scanner survey is not sufficient to describe the entire geometry of the canal: the data below the water, which is present in almost all the streams although the surveys have started in a dry period, cannot be measured by the infrared sensor; the problem was solved with the support of the total station, measuring the submerged points with the pole. This has also provided the possibility of realizing, simultaneously with the laser survey, traverses, which has further improved the reliability of the acquired data[9]. In summary, the survey of the area was carried out by integrating three different types of acquisition: geo-referenced points with GPS instrument, topographic and laser scanner survey.

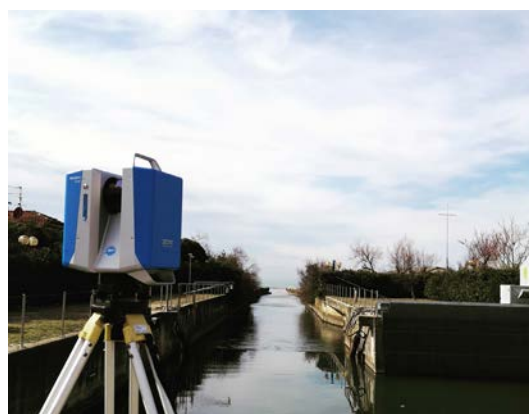
For the simultaneous management of this infor-

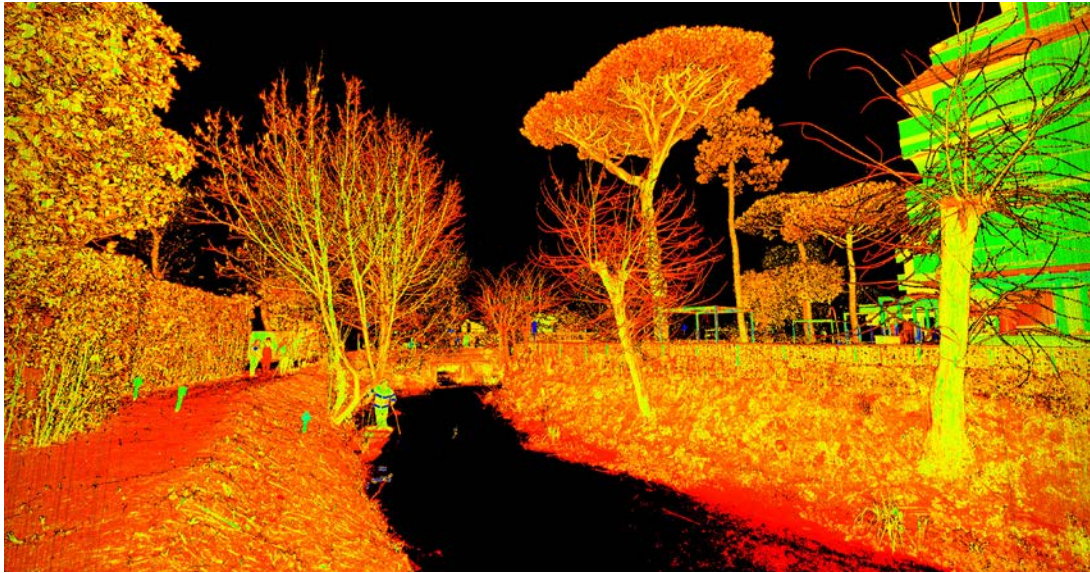
mation, it was essential to design a rapid and repeatable data registration method so as to enable the operation to be carried out quickly. Each of the three acquisition systems forms a point cloud in space; the interest in the project was to maintain the coordinates oriented according to the geographical reference system (ROMA40): to maintain these coordinates it was therefore necessary first of all to find common points between this survey and one of the other acquisition systems[10]. The laser scanner survey was connected to the cloud of the total station; to be able to correctly translate the laser survey on the topographic base it was necessary to perform the acquisition operations of the two systems simultaneously[11]. It was planned to position a topographic station approximately every 50 meters, satisfying two conditions: first, the cross-sections to be measured along the waterway, which are about 50 meters apart from each other, could be easily executed by both the laser scanner and from the total station;

Fig. 7 - measurement of the bathymetry of the river with total station.

Fig. 8 - laser scanner survey of the mouth of the Fiumetto river: it was used a Z+F Imager 5016

Fig. 9 - laser scanner survey of a river: in this case it was used a Z+F Imager 5006H laser scanner.





secondly, this allowed us to verify the reliability of the survey: having very dense topographic stations made it possible to verify every 4, 5 laser scanner stations that the registration of point clouds followed the traverse trend. The research project has planned to detect areas characterized by the presence of thick vegetation which, although cut near the river bed and the banks of the watercourses, has greatly influenced the data acquisition and registration choices. It is worthwhile to spend two words to summarize the problem of registration on green areas to understand some choices in the survey design. The need for careful monitoring of laser scanner registration data is a debated topic of research. The difficulty of understanding the precision of the registration through the numerical alignment values expressed by the software, has led to the drawing up of operating protocols that allow to check the cloud misalignment by measuring it directly on the sections. The development of laser instruments and, at the same time, of the software that manages the data, has determined a rapid change

of the registration systems: the realization of instruments with a measurement speed that today reaches 2 million points per second has speeded up the point cloud acquisition times, allowing a station to be set up in just 2/3 minutes, on the other hand it caused an increase in data density. For these reasons the registration methods have been converted by the use of high reflectance targets, which can be identified at high distances precisely because scans were performed with a large step, using cloud constraint, which are based on millions of points. The laser scanner survey of an arboreal element, consisting of a set of elements of modest section, whether they be leaves or twigs, therefore presents multiple edge surfaces, and therefore is particularly subject to digital noise phenomena: each edge of each thread-like element causes uncertainty in the assignment of spatial coordinates. It is therefore evident that the registration of green areas causes considerable difficulties, and the reason why it is not advisable to base it only on the superposition of the acquired points; the simul-

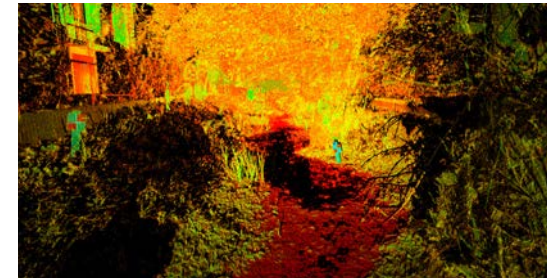
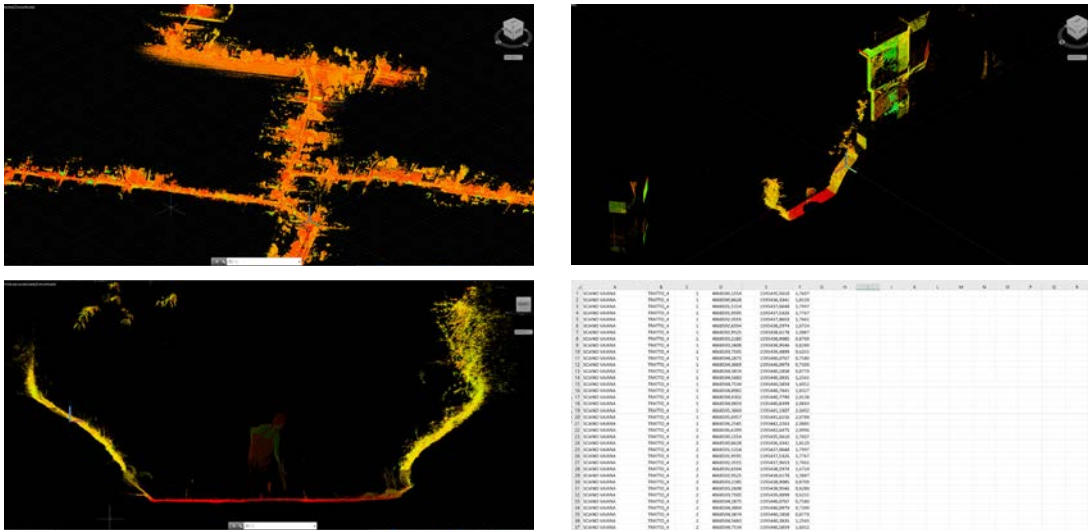


Fig. 10 - Image from a single scan where it is possible to understand the detail of the survey and the missing parts under the water
Fig.11 - The laser scanner survey can reach high level of detail: the description of the crossings and the bridges is perfect.
Fig. 12 - Point cloud view that shows some complex area, where the vegetation or the urban development make it hard to acquire all the data

taneous use of the total station has thus made it possible to use the cloud-to-cloud registration on relatively short lengths, spacing out a topographic station every 4 scans, not allowing the clouds to deviate excessively; the comparison with the topographic survey has finally provided the deviation values of the targets between those of the stations and those measured by the laser giving comforting results, not finding deviations greater than one centimeter. It is worth dwelling on the problems of digital restitution: the need to provide the geo-referenced coordinated hydraulic engineers to insert the data of the sections into the calculation programs forced to change the traditional approach to the management of laser scanner clouds through the



extraction of ortho-images from the sections[12]. To keep all the information the point cloud was opened directly on Autocad[13], so as to navigate it in 3d on a geographical reference system. To extract the sections, slices of the cloud were cut directly from Autocad; the points acquired by laser scanners were verified with those taken by the total station, which formed 3D polylines useful for defining the sections. Once the sections of the water courses were completed and the design of the relative infrastructures (bridges, crossings, burials) a three-dimensional cad work space was obtained in which the numerous sections trace the course of the watercourses.

Regarding the practical purposes of hydraulic engineers, the definition of the section is not strictly linked to the design of its lines, but a set of points defined by coordinates that follow the conventions of hydraulic representation: for this reason each section was primarily designed as a 3D polyline in CAD and then its coordinates (N; E; el) were exported to a text file ready to be inserted in the hydraulic software. The design of the infrastructures instead was realized in .dwg format. The

Fig. 13 - Stages of processing the survey data. (from top left) General point cloud of a river in Autocad; axonometric section of a canal; view in orthogonal projection of the section to be drawn; export of the coordinates of the 3D polylines that describe the sections

modeling of the sections and crossings allowed to simulate the flooding of the land, using the LIDAR survey of the Tuscan region as a basis for the surrounding area, from which significant differences emerged with respect to the precise laser and topographic survey, especially due to the presence of high vegetation at the time of aerial survey. The research in this sense can be developed in an attempt to directly use the three-dimensional data provided by the clouds of points to be inserted in the hydraulic simulation programs in such a way as to be able to compute the real geometry of the river in each point: the hydraulic calculations that the survey presented here follows, in fact they are based on simplified geometries, using the same section for 50 meters, when instead above all in the most urban areas, where houses and terraces invade the basin or where consolidation interventions (such as cliffs) strongly reduce the section, we have very different sections in a few meters. Exploiting the real geometry of the whole model would lead to much more accurate analyzes [14].

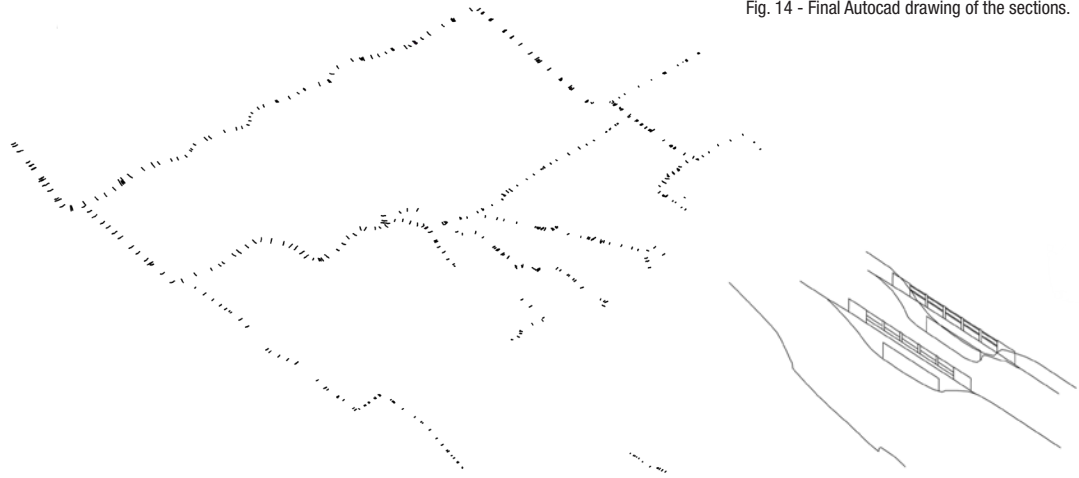


Fig. 14 - Final Autocad drawing of the sections.

NOTES

[1] Luigini, A. (2018) Geografie visuali e geografie numeriche. Paradigmi digitali nella rappresentazione del paesaggio. In F. Bianconi, & M. Filippucci (Eds.), *Il prossimo paesaggio. Realtà, rappresentazione, progetto*. Roma: Gangemi Editore.

[2] Sestini, A. (1963). *Il paesaggio*. Milano: Club Italiano, pp. 9-12.

[3] Turri, E. (1974). *Antropologia del paesaggio*. Milano: Edizioni di Comunità.

[4] These topics can be explored in: Bertocci, S., & Minutoli, G., (2012) Un database per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano. *Disegnarecon* 5(10), 115-120; Bertocci, S., Bercigli, M., Bigongiari, M., & Moschetti, V., (2018). Rereading to Rewrite: Documentation and Requalification of Mediterranean Historical Centers, Jerusalem and Taranto Case. *Athens journal of architecture*, 4 (3), 351-374; Bertocci, S., & Parrinello, S. (2015) *Digital Survey and Documentation of the Archeological and Architectural sites. UNESCO World Heritage list*. Firenze: Edifir; Bertocci, S. (2013) *Architettura eremitica: un progetto per il censimento delle strutture in Europa e nel bacino mediterraneo. Proceeding of the 4th International Conference Architettura eremitica. Sistemi progettuali e paesaggi culturali*, 22-31; Bertocci, S., & Bercigli, M., (2018). L'allargamento di Via Calzaiuoli: gli strumenti del rilievo digitale come chiave di interpretazione della documentazione storica. In P. Puma (Ed.) *La trasformazione del centro antico* (pp. 38-45). Firenze: Edifir.

[5] To deepen the topic see Guerra, A. (1881). *Storia del Volto Santo di Lucca* (Vol. 2264). Tip. Arciv. S. Paolino.

[6] The surveyed area of the Forte dei Marmi territory corresponds to

a network of canals that covers an area of about 2400 hectares.

[7] This need arises on the one hand to allow immediate comparison with the survey of the surrounding territory and therefore to allow hydraulic engineers to hypothesize flood maps based on the Lidar of the Tuscany region.

[8] The distance between the sections useful for describing the course of the channel is directly proportional to its width (about 20 times), adding the sections at the points where crossings are present.

[9] Today it is possible to detect with remote sensing instruments below the water level, through the use of sonar sensors; unfortunately the characteristics of most channels, which often did not have an adequate level of depth for the use of these systems, would have anyway required the use of traditional systems.

[10] In this case the topographic station points were detected by the GPS; the points present in the territory registered by the IGM were measured by the total station and used for comparison.

[11] At least four targets have been positioned around each topographic station, and they have been arranged at about ten meters each from the station to form quadrilateral as regular as possible. The targets used are automatically recognized by the laser data management software, and collimated manually from the total station.

[12] Restitution based on a raster image would have excessively complicated to maintain the three-dimensional and geographical information.

[13] With the use of the Leica Cloudworx plug-in that allows you

to connect the CAD workspace to the cloud databases.

[14] Stefano Bertocci wrote the paragraph "Introduction", Marco Ricciariani "The documentation of the historic bridges of the Via del Volto Santo" and "Project methodology", Matteo Bigongiari "The digital survey of the Versilia reclamation area" and "Survey methodology".

REFERENCES

Borghini, E. (2017). *Piccole Italie: le aree interne e la questione territoriale*. Roma: Donzelli Editore.

Calcagno Maniglio, A., Mannoni, T., & Nespolo, L., (2011). *Alta Lunigiana: percorsi, insediamenti, segni storici del paesaggio. I comuni di Pontremoli e Zerì*. Pisa: Pacini.

Calcagno Maniglio, A., (2006). *Architettura del paesaggio. Evoluzione storica*. Milano: Franco Angeli.

Calcagno Maniglio, A., (1992). *Giardini e parchi lucchesi nella storia del paesaggio italiano*. Lucca: Pacini Fazzi.

Guidi, N., & Verrini, O., (2015). *La via del volto santo. A piedi in Lunigiana e Garfagnana*. Firenze: Le Lettere.

Marchetti, M., Panunzi, S., & Pazzagli, R. (2017). *Aree interne. Per una rinascita dei territori rurali e montani*. Catanzaro: Rubbettino.

Nunziata, M. (2015). Uomo e territorio: un rapporto in continua evoluzione. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* 2015, 2 (1), 477-482.

Pancani, G. (2017). *La città dei Guidi: Poppi Il costruito del centro storico, rilievi e indagini diagnostiche*. Firenze: Edifir.

Parrinello, S. (2017). Para la representación y gestión de la vegetación. In S. Parrinello, A. Gomiz Blanco, & F. Picchio (Eds.) *El palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.

Quattrone, G. (2003). *La gestione partecipata delle aree protette (Vol. 96)*. Milano: Franco Angeli.

Quattrone, G. (2012). *Mutamenti urbani ed estetica. Urbanistica, paesaggi, identità e strategie tra passato, presente e futuro a Reggio Calabria*. Milano: Franco Angeli.

Quirós Castillo, J. A. (2000). *L'ospedale di Tea e l'archeologia delle strade nella Valle del Serchio*. Sesto Fiorentino: All'Insegna del Giglio.

Rinaudo, F., (2003). La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche. In F. Crosilla & R. Galetto (Eds.) *La tecnica del laser scanning: teoria e applicazioni*. Udine: CISM.

Urban Reports (2018). *L'altra Italia. Racconto per immagini delle aree interne del Paese*. Monza: Johan & Levi.

Il rilievo digitale per la conoscenza del territorio: i casi studio della Garfagnana, per lo sviluppo turistico e della Versilia per l'analisi idraulica

INTRODUZIONE

Il paesaggio è una tematica estremamente interdisciplinare, che si compone di aspetti estetici, fisici, geografici, antropologici ed infine economici ma anche normativi, e sulla complessità di approcci si basa la constatazione che la rappresentazione digitale del paesaggio di fatto rientra in ogni ambito e che la sua fruizione tramite il supporto dei media digitali necessita di un importante approfondimento. Le frontiere della rappresentazione e della comunicazione digitale sembrano poter estendersi oltre gli orizzonti conosciuti e praticati dai disegnatori del paesaggio come acutamente sottolinea Luigini nel suo recente lavoro su "Paesaggio e rappresentazione digitale" affermando che il paesaggio nell'epoca della comunicazione pervasiva e digitale può essere documentato, comunicato e fruito in innumerevoli modalità: "la rappresentazione grafica digitale assume un ruolo

lo aumentativo delle possibilità d'uso – e in parte di significazione – sia in termini quantitativi che in termini qualitativi: infatti se è vero che la comunicazione digitale, ad ogni livello di complessità, aumenta la possibilità di incontro tra un utente e il contenuto che l'utente cerca, è vero anche che nell'atto della fruizione può crescere sensibilmente la profondità dell'esperienza cognitiva. Si configura così una accezione specifica e inedita di paesaggio, che del mezzo digitale si compone o nel cui mezzo è contenuto" [1]. Aldo Sestini definì il paesaggio come "la complessa combinazione di oggetti e fenomeni legati tra loro da mutui rapporti funzionali, oltre che da posizione, sì da costituire un'unità organica" [2]; similmente si esprime il geografo Eugenio Turri sostenendo che "il paesaggio è legato soprattutto a chi lo osserva, a chi lo percepisce, a chi ne coglie il significato e lo utilizza" [3]. Concezione comune a tali ricerche è che tutto il territorio, per storia, valori culturali,

identità sia da considerarsi un bene da tutelare. L'articolo 9 della Costituzione Italiana sancisce che: "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica [cfr. artt. 33, 34]. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione".

A partire da queste concezioni risulta opportuno, anche nelle ricerche sul territorio, adottare un approccio complessivo, valutando oggi anche le dinamiche di impoverimento economico e demografico comuni ai diversi siti dotati di interessanti aspetti o caratterizzati da fenomeni di antica antropizzazione come i casi studio di seguito presentati, senza tralasciare, ma anzi valorizzando, il patrimonio naturalistico e culturale di cui sono unici detentori. Un progetto pilota in tale ambito, cui merita certamente accennare, è Arcipelago Italia, l'esposizione di Mario Cucinella per il Padiglione Italia alla sedicesima Mostra Internazionale di Architettura di Venezia: il progetto tocca

cinque territori italiani documentandoli al fine di comprenderne i mutamenti nel tempo. Dall'esposizione emerge il disegno di una sorta di geografia umanistica in cui il territorio si trova intrinsecamente legato ai concetti di inclusione sociale, memoria collettiva, lavoro e rigenerazione. Il primo passo per intervenire su queste aree largamente diffuse sul territorio è documentarle e farle conoscere. Oggi la tecnologia ha ampliato il modo di fare cultura: attraverso forme sempre nuove di comunicazione e l'utilizzazione delle strumentazioni digitali (la fotografia e le relative applicazioni, ma anche tutta la gamma di sensori attivi e passivi, montati anche su droni, che possono restituire modelli ad alta affidabilità) è possibile rispondere al fenomeno della marginalizzazione, rendendo noto il patrimonio culturale, storico e archeologico di queste aree, documentandolo prima di tutto ai fini della conservazione, ma anche rendendolo accessibile attraverso vari dispositivi su piattaforme online, network e website. Ritornando ai temi della rappresentazione un primo aspetto molto importante è connesso ai sistemi di rilevamento del contesto ambientale e paesaggistico che circonda e connette ogni contesto "costruito". I sistemi comunemente usati per il rilevamento del sistema ambientale, comunemente chiamati verde, proprio per la loro connessione con i sistemi di architettonici o urbani, si concentrano generalmente su sistemi di rilevamento topografico o aerofotogrammetrico finalizzati alla documentazione del posizionamento delle unità vegetali all'interno di un determinato contesto. Il verde in genere appare come un simbolo grafico rappresentato da texture di superficie che presenta un agglomerato vegetale, senza però che ne siano indicate caratteristiche o qualità quali tipologia delle essenze, volume e valenza nel contesto paesaggistico; inoltre dobbiamo riflettere sulle modalità di documentazione di essenze vive che si sviluppano con cicli stagionali con aspetti anche estremamente diversi nei vari periodi dell'anno, o fenomeni di crescita ed invecchiamento legati al normale ciclo vitale delle piante. L'introduzione dei sistemi di rilevamento digitale in 3D, da postazione fissa o mobile, ha

contribuito non poco alla documentazione di sistemi complessi apportando un notevole contributo, oltre a quello già sufficientemente noto e studiato della documentazione degli aspetti morfologici e dimensionali, per quanto riguarda l'incremento delle possibilità d'uso sia in termini quantitativi che in termini qualitativi. Il presente lavoro si concentra esemplificativamente su alcune sperimentazioni che sono state effettuate nel campo del rilievo laser scanner di porzioni di territorio e ambienti aperti caratterizzati da spiccate qualità paesaggistiche. Nel quadro delle esperienze maturate, per brevità di trattazione, si riportano nelle illustrazioni allegate ulteriori interessanti esperienze pregresse condotte dal nostro gruppo di lavoro: il rilievo dei percorsi di interesse paesaggistico e ambientale, in particolare modo il percorso che conduce al Santuario della Verna, e il rilievo di ambienti urbani come il centro storico di Firenze, il waterfront dell'isola di Tarato Vecchia e i comuni colpiti dal territorio dell'Aquila del 2009 [4].

LA DOCUMENTAZIONE DEI PONTI STORICI DELLA VIA DEL VOLTO SANTO

La Via del Volto Santo è un'antica variante della celeberrima via Francigena. Conduce lungo storiche mulattiere da Pontremoli a Lucca attraverso la Lunigiana interna e la Garfagnana, toccando borghi e luoghi di innegabile bellezza. Il percorso nasce come via di pellegrinaggio parallela alla principale, per accogliere i tanti viandanti che veneravano la statua-reliquario del Volto Santo, dal 742 collocata nella Cattedrale di Lucca [5]. La valorizzazione della memoria storica di questo pellegrinaggio permette di conoscere tappa per tappa i luoghi che i viaggiatori erano soliti visitare e di individuare gli ospitali, o più spesso i resti di questi, dove si riposavano.

Il progetto di ricerca promosso dall'Università di Firenze interessa il territorio compreso tra il letto del fiume Serchio e dei suoi affluenti, nei Comuni di Fabbriche di Vergemoli, Galliciano, Molazzana e Castelnuovo di Garfagnana. L'analisi del loro tessuto storico ha evidenziato un sistema omo-

geneo di aree interne ad economia debole di carattere rurale, che insistono però su un contesto ambientale, paesaggistico e storico-archeologico di rilevante pregio. L'utilizzo di alcune tra le più avanzate tecnologie nel settore del rilievo per la documentazione digitale del patrimonio architettonico ed archeologico ha consentito la restituzione computerizzata dei ponti medievali di: Fabbriche di Vergemoli, Molazzana, Fattone, Pontecosi, Castelnuovo, Castiglioni, Verrucole, Poggi e San Michele; della chiesa di Rocca Soraggio e dei ruderi dell'antico ospedale di San Nicola di Tea. I dati sono stati raccolti con l'intento di valorizzare e promuovere il percorso, non solo dal punto di vista della salvaguardia storica, ma anche da quello della futura fruizione turistica. Per rendere possibile ciò l'Università di Firenze collabora attivamente con F.C.I. (Federazione Ciclistica Italiana), nella convinzione che la cura di percorsi ciclabili diffusi possa valorizzare al meglio il territorio, rispondendo inoltre correttamente alle attuali esigenze di sostenibilità ambientale. In questo senso la proposta di recupero degli antichi itinerari e dei ponti medievali e cinquecenteschi è da considerarsi fondativa: si ha infatti la possibilità di far emergere una imponente quantità di strutture di rilevanza architettonica da attraversare e visitare lungo il percorso. Queste lo renderebbero di interesse storico oltre che morfologico, attivando sul territorio le condizioni favorevoli allo sviluppo, alla crescita economica e all'occupazione nei settori del turismo culturale e dei servizi ad esso collegati.

Se si guardano i centri storici montani interni alla penisola, si nota come essi appaiano immutati rispetto alle trasformazioni avvenute nell'ultimo secolo: le principali attività di sussistenza, le abitudini e gli usi dei nuclei minori si sono mantenuti intatti. Eppure, se prima erano centri di scambio fiorenti, oggi sono relegati ad un ruolo trascurabile: indenni ai cambiamenti e alla velocità, ma non all'abbattimento demografico e alla desertificazione. Riquilibrare questi luoghi diviene prioritario per chi vi abita e per il settore pubblico, in quanto centri patrimonio di interesse storico, artistico, archeologico ed am-

bientale. In quest'ottica si è acceso l'interesse del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze per il territorio Lucchese: all'interno di una specifica convenzione concordata tra l'Amministrazione Comunale e il Dipartimento di Progettazione Architettonica si è promossa la realizzazione di un prospetto conoscitivo aggiornato, dei territori della Garfagnana e della Lunigiana. Lo studio relativo ai nuclei abitativi presenti è sembrato necessario per l'ottenimento di una visione complessiva del territorio oltre che per la documentazione e valorizzazione di questo. La prima fase di indagine è stata svolta nella convinzione che progettare significhi innanzitutto conoscere. La fase successiva della ricerca ha previsto la documentazione digitale del patrimonio architettonico ed archeologico e ha consentito la restituzione computerizzata dei ponti medievali.

METODOLOGIE DI PROGETTO

L'evoluzione delle tecniche di disegno, dalla riproduzione manuale a quella fotografica e poi computerizzata, ha mantenuto costante l'obiettivo originario: raccontare gli stili, i linguaggi e la composizione dell'architettura, sviluppando il proposito di un assiduo miglioramento comunicativo. Il lavoro svolto sul campo ha, secondo questa ottica, previsto l'applicazione di tre diverse metodologie: il disegno dal vivo, la strumentazione Laser Scanner 3D, la fotogrammetria; implementate successivamente dalla post produzione computerizzata.

Il disegno e la geometria sono i protagonisti della conoscenza critica dell'esistente e della manifestazione progettuale in tutte le sue fasi, allo stesso modo in cui il rilievo è da concepirsi quale sistema aperto, e in costante trasformazione, di ricerca e interpretazione documentaria, nonché di lettura critica dell'oggetto indagato. Utilizzare questi tre linguaggi, disegno, geometria e rilievo, accompagnati dalle metodologie e dalle tecniche più aggiornate, è fondamentale per conoscere, rappresentare e comunicare le architetture nostro patrimonio. Servirsi della strumentazione Laser

Scanner 3D ha permesso l'acquisizione di nuvole di punti restituibili graficamente con un alto livello precisionale: durante la fase di post produzione sono stati adoperati il programma Cyclone, per la registrazione delle nuvole e le operazioni sul modello, tra cui l'esportazione verso altri software e il programma AutoCad per la lettura e la restituzione grafica degli elaborati planimetrici e di prospetto. La fotografia, insieme al disegno, si è reso strumento indispensabile alla comprensione immediata delle relazioni materiche, formali e dimensionali tra le architetture ed il contesto in cui trovano locazione. Si è impiegata la tecnica della fotogrammetria sul campo per poter ottenere, tramite post produzione con programma Photoscan, un elevato livello di dettaglio nella restituzione dei ponti e della chiesa di Rocca Soraggio.

IL RILIEVO DIGITALE DEL TERRITORIO DI BONIFICA VERSILIESE

A luglio 2018 è iniziato un accordo di ricerca tra il Consorzio di Bonifica Toscana Nord1, ente che gestisce una grande porzione di territorio comprendendo al suo interno le aree della Versilia, e il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze volto a sperimentare l'utilizzo dei sistemi di rilevamento digitale per la documentazione del comprensorio e del territorio che ogni anno richiede grandi sforzi di manutenzione.

La possibilità di ricreare digitalmente la rete dei corsi d'acqua nella sua interezza ha generato interesse dell'ente di bonifica ed è stata subito provata le potenzialità su un primo caso campione: all'interno di un progetto ancora in fase di elaborazione, che prevede la digitalizzazione degli argini del Lago di Massaciuccoli, è stato realizzato il rilievo digitale di un importante canale, il fosso Farabola a Viareggio, il quale raccoglie le acque della pianura viareggina, confluenndo nel canale Burlamacca, sbocco a mare dello stesso lago; il rilievo prevedeva in questo caso l'estrazione dei profili di sezione del corso d'acqua per valutare lo stato di conservazione degli argini, per progettare nuove opere di manutenzione e eventuali ricarichi di terreno. Un secondo progetto di ricerca è iniziato a No-

vembre 2018 per interesse del Comune di Forte dei Marmi, che si sta operando per la redazione di un nuovo Piano Strutturale. In ottica della pianificazione territoriale il comune deve infatti analizzare il rischio idrogeologico e di allagamenti; per condurre tali analisi è fondamentale poter valutare sulla base di un rilievo puntuale ed affidabile il comportamento dei corsi d'acqua all'interno del comprensorio comunale, la maggior parte dei quali rientra nel territorio di responsabilità del Consorzio di Bonifica. Per tali motivi è stato avviato il progetto di documentazione digitale dei canali afferenti al fiume Fiumetto, con la finalità di fornire all'ente regolatore gli strumenti necessari per valutare e simulare le mappe di allagamento necessarie a redigere il Piano Strutturale. Il presente contributo si prefigge di mostrare brevemente lo svolgimento di tali progetti cercando di analizzare e verificare la possibilità di utilizzo di tecnologie ben consolidate nel campo architettonico a livello ambientale e territoriale. In entrambi i progetti l'esigenza di conoscere il territorio porta ad ottenere un prodotto finale che si compone degli elaborati grafici tradizionali di rilievo, ovvero planimetrie generali su cui si vanno ad individuare i punti, utili al calcolo idraulico o alla progettazione delle opere di ingegneria, da descrivere con sezioni verticali.

METODOLOGIE DI RILIEVO

Il rilievo digitale delle reti idriche di competenza del consorzio di bonifica ha previsto la messa a punto di una metodologia di acquisizione che ne garantisce la precisione e l'affidabilità alla scala architettonica: nonostante i metri lineari di misurazione del territorio si attenessero alla scala di rappresentazione territoriale [6]; la necessità di investigare le sezioni del corso d'acqua, sia con finalità progettuali sia con finalità di documentazione, richiede affidabilità centimetriche, non tanto per quanto riguarda la sua collocazione spaziale nel piano XY ma soprattutto per quanto attiene la quota di elevazione, di fondamentale interesse idraulico.

Per consentire la lettura delle misurazioni rispetto

a un sistema di coordinate utile al calcolo idraulico è stato necessario valutare quindi l'altezza sul livello del mare dei punti descrittivi le sezioni: perciò è stato necessario georeferenziare il rilievo tridimensionale con strumentazione GPS.

La necessità inoltre di fornire la descrizione dell'intorno del corso d'acqua [7], non limitandosi al disegno del suo bacino, ha spinto ad utilizzare strumentazioni di acquisizione massiva come il laser scanner; l'esigenza di analisi puntuali sul profilo del bacino, di cui si è dovuto estrarre una sezione ogni massimo 50 metri [8], ha inoltre permesso l'utilizzo di laser scanner long-range, gli stessi che sono utilizzati in ambito architettonico e urbano.

Il rilievo laser scanner però non è sufficiente a descrivere la totalità della geometria del corso d'acqua: il dato al di sotto dell'acqua, che è presente in quasi tutti i torrenti nonostante i rilievi siano iniziati in un periodo di secca, non può essere misurato dal sensore ad infrarosso; si è risolto il problema con il supporto della stazione totale, cangeggiando con la palina i punti sommersi. Questo ha inoltre fornito la possibilità di realizzare, contemporaneamente al rilievo laser, poligonali delle aree di rilievo, cosa che ha ulteriormente migliorato l'affidabilità dei dati acquisiti [9].

In sintesi il rilievo del comprensorio ha visto integrare tre differenti tipologie di acquisizione: punti georeferenziati con strumento GPS, poligonali topografiche e rilievo laser scanner.

Per la gestione simultanea di queste informazioni è stato indispensabile progettare un metodo di registro dei dati rapido e ripetibile in modo da consentire in fase di acquisizione di operare in maniera speditiva.

Ognuno dei tre sistemi di acquisizione forma nello spazio una nuvola di punti; l'interesse nel progetto era quello di mantenere le coordinate orientate secondo il sistema di riferimento geografico (ROMA40): per mantenere tali coordinate è stato quindi necessario in primis trovare punti comuni tra questo rilievo e uno degli altri sistemi di acquisizione [10].

Il rilievo laser scanner è stato a sua volta registrato con la nuvola della stazione totale; per poter

correttamente traslare il rilievo laser sulla base topografica è stato necessario eseguire le operazioni di acquisizione dei due sistemi contemporaneamente [11]. È stato previsto di posizionare una stazione topografica ogni 50 metri circa soddisfacendo due condizioni: per prima cosa le sezioni trasversali da misurare lungo il corso d'acqua, che distano una dall'altra circa 50 metri, potevano essere eseguite agilmente da entrambi gli strumenti; in secondo luogo questo ha permesso verificare la affidabilità del rilievo: avere stazioni topografiche molto fitte ha consentito di controllare ogni 4, 5 stazioni laser scanner che la registrazione delle nuvole di punti seguisse l'andamento della poligonale.

Il progetto di ricerca ha previsto di rilevare aree per lo più caratterizzate dalla presenza di una folla vegetazione che, anche se tagliata nella prossimità dell'alveo e degli argini del corso d'acqua, ha notevolmente influenzato le scelte di acquisizione e registrazione dei dati. Conviene spendere due parole per riassumere il problema della registrazione sulle aree verdi per comprendere alcune scelte nella progettazione del rilievo.

La necessità di un controllo puntuale sulle registrazioni del dato proveniente da laser scanner è un argomento di ricerca molto dibattuto; la difficoltà di comprendere il grado di precisione della registrazione tramite i valori numerici di allineamento espressi dal software, ha portato a redigere protocolli operativi che consentano di controllare il disallineamento delle nuvole misurandolo direttamente sulle sezioni.

Lo sviluppo delle strumentazioni laser e parallelamente dei software che ne gestiscono i dati, ha determinato un rapido cambiamento dei sistemi di registrazione: la realizzazione di strumenti con una velocità di misurazione che raggiunge oggi i 2 milioni di punti al secondo ha da un lato velocizzato i tempi di acquisizione delle nuvole di punti, consentendo di realizzare una stazione in soli 2/3 minuti, dall'altro ha provocato un aumento della densità del dato. Per questi motivi le metodologie di registrazione sono state convertite dall'utilizzo di target ad alta riflettanza, leggibili a distanze elevate, proprio perché tra di esse le scansioni

venivano eseguite con passo ampio, all'utilizzo di vincoli ottenuti dalla sovrapposizione di nuvole contigue, che si basano a questo punto su milioni di punti.

Il rilievo laser scanner di elemento arboreo, costituito da un insieme di elementi di modesta sezione, siano essi foglie o ramoscelli, presenta quindi molteplici superfici di bordo, e perciò è particolarmente soggetto a fenomeni di rumore digitale: ogni spigolo di ciascun elemento filiforme provoca incertezza nell'assegnazione delle coordinate spaziali.

È perciò evidente come la messa a registro di aree verdi comporti notevoli difficoltà, e del motivo per cui sia sconsigliabile basarla solamente sulla sovrapposizione dei punti acquisiti; l'utilizzo simultaneo della stazione totale ha in questo modo consentito di utilizzare la registrazione cloud-to-cloud su lunghezze relativamente brevi, intervallando ogni massimo 4 scansioni una stazione topografica, non lasciando alle nuvole registrate la possibilità di deviare eccessivamente; il confronto con il rilievo topografico ha infine fornito i valori di deviazione dei target tra quelli delle stazioni e quelli misurati dal laser dando risultati confortanti, non trovando cioè deviazioni maggiori del centrimetro.

Merita soffermarsi sulle problematiche della restituzione digitale: la necessità di fornire agli ingegneri idraulici coordinate georeferenziate per inserire i dati delle sezioni nei programmi di calcolo ha costretto a modificare il tradizionale approccio alla gestione del dato laser scanner tramite l'estrazione di ortomaggini dalle sezioni [12]. Per mantenere tutte le informazioni del modello ottenuto dalla registrazione è stata aperta direttamente la nuvola su Autocad [13], in modo tale da navigarla in 3d su un sistema di riferimento geografico. Per estrarre le sezioni sono state tagliate delle fette della nuvola direttamente da autocad e sono stati verificati i punti acquisiti da laser scanner con quelli battuti dalla stazione totale: le coordinate di questi ultimi sono state infatti assegnate a polilinee 3d che sono servite come base per migliorare la definizione delle sezioni.

Completate le sezioni dei corsi d'acqua e il disegno

delle relative opere d'arte (ponti, attraversamenti, tombamenti) è stato ottenuto uno spazio di lavoro cad tridimensionale in cui le numerose sezioni vanno a tracciare il percorso dei corsi d'acqua. Per quanto concerne gli scopi pratici degli ingegneri idraulici, la definizione della sezione non è strettamente legata al disegno delle sue linee, ma un insieme di punti definiti da coordinate che seguono le convenzioni della rappresentazione idraulica: per questo motivo ogni sezione è stata in primis disegnata come polilinea 3D in CAD e successivamente sono state esportate le sue coordinate (N;E;el) in un file di testo pronto ad essere inserito nel software. Il disegno delle opere d'arte invece è stato utilizzato in formato .dwg. La modellazione delle sezioni e degli attraversamenti ha consentito di simulare gli allagamenti del terreno, utilizzando come base per il territorio circostante il rilievo LIDAR della regione toscana, da cui sono emersi notevoli differenze rispetto al puntuale rilievo laser e topografico, specialmente dovuti alla presenza di alta vegetazione nel momento del rilievo aereo, che andando a sommare alle relative imprecisioni in quota (decisamente maggiori rispetto al rilievo topografico) ha comportato notevoli migliorie. La ricerca in questo senso può essere sviluppata nel tentativo di utilizzare direttamente il dato tridimensionale fornito dalle nuvole di punti da inserire nei programmi di simulazione idraulica in modo tale da poter computare in ogni punto la reale geometria del corso d'acqua: i calcoli idraulici che seguono il rilievo qua presentato infatti si basano su geometrie semplificate, utilizzando per 50 metri la stesa sezione, quando invece soprattutto nelle zone più inurbate, dove le abitazioni e i terrazzamenti invadono il bacino o dove interventi di consolidamento (come le scogliere) ne riducono fortemente la sezione, abbiamo sezioni molto differenti in pochi metri. Sfruttare la reale geometria di tutto il modello potrebbe condurre ad analisi nettamente più accurate [14].

NOTE

[1] Luigini, A. (2018). Geografie visuali e geografie numeriche. Paradigmi digitali nella rappresentazione del paesaggio. In F. Bianconi, & M. Filippucci (Eds.). *Il prossimo paesaggio. Realtà, rappresentazione, progetto*. Roma: Gangemi Editore.

[2] Sestini, A. (1963). *Il paesaggio*. Milano: Club Italiano, pp. 9-12.

[3] Turri, E. (1974). *Antropologia del paesaggio*. Milano: Edizioni di Comunità.

[4] Questi argomenti possono essere approfonditi in: Bertocci, S., & Minutoli, G., (2012) Un database per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano. *Disegnarecon* 5(10), 115-120; Bertocci, S., Bercigli, M., Bigongiari, M., & Moschetti, V., (2018). Rereading to Rewrite: Documentation and Requalification of Mediterranean Historical Centers, Jerusalem and Taranto Case. *Athens journal of architecture*, 4 (3), 351-374; Bertocci, S., & Parrinello, S. (2015) *Digital Survey and Documentation of the Archeological and Architectural sites. UNESCO World Heritage list*. Firenze: Edifir; Bertocci, S. (2013) *Architettura eremitica: un progetto per il censimento delle strutture in Europa e nel bacino mediterraneo. Proceeding of the 4th International Conference Architettura eremitica. Sistemi progettuali e paesaggi culturali*, 22-31; Bertocci, S., & Bercigli, M., (2018). L'allargamento di Via Calzaiuoli: gli strumenti del rilievo digitale come chiave di interpretazione della documentazione storica. In P. Puma (Ed.) *La trasformazione del centro antico* (pp. 38-45). Firenze: Edifir.

[5] Per maggiori approfondimenti: Guerra, A. (1881). *Storia del Volto Santo di Lucca* (Vol. 2264). Tip. Arciv. S. Paolino.

[6] L'area rilevata del territorio di Forte dei Marmi corrisponde ad una rete di canali che copre un'a-

rea di circa 2400 ettari.

[7] Questa esigenza nasce da un lato per consentire un confronto immediato con il rilievo del territorio circostante e quindi per consentire agli ingegneri idraulici di ipotizzare mappe di piena basate sul Lidar della regione Toscana.

[8] La distanza tra le sezioni utili a descrivere l'andamento del canale è direttamente proporzionale alla sua larghezza (circa 20 volte), aggiungendo le sezioni nei punti di attraversamento.

[9] Oggi è possibile rilevare con strumenti di telerilevamento al di sotto del livello dell'acqua, attraverso l'utilizzo di sensori sonar; purtroppo le caratteristiche della maggior parte dei canali, che spesso non avevano un livello di profondità adeguato per l'utilizzo di questi sistemi, avrebbero comunque richiesto l'utilizzo di sistemi tradizionali.

[10] In questo caso i punti di stazione topografica sono stati rilevati dal GPS; i punti presenti sul territorio registrati dall'IGM sono stati misurati dalla stazione totale e utilizzati per il confronto.

[11] Sono stati posizionati almeno quattro target intorno a ogni stazione topografica, disposti a circa dieci metri ciascuno dalla stazione per formare un quadrilatero il più regolare possibile. I target utilizzati sono riconosciuti automaticamente dal software di gestione dei dati laser e collimati manualmente dalla stazione totale.

[12] La restituzione basata su un'immagine raster avrebbe complicato eccessivamente il mantenimento delle informazioni tridimensionali e geografiche.

[13] Si è utilizzata la plug-in Cloudworx della Leica che permette di collegare lo spazio di lavoro CAD ai database in cloud.

[14] Si deve a Stefano Bertocci la stesura del paragrafo "Introduzione", a Marco Ricciariani dei paragrafi "La documentazione dei ponti storici della Via del Volto Santo" e "Metodologie di progetto", a Matteo Bigongiari dei paragrafi "Il rilievo digitale del territorio di bonifica versiliese" e "Metodologie di rilievo".

rinascita dei territori rurali e montani. Catanzaro: Rubbettino.

Nunziata, M. (2015). Uomo e territorio: un rapporto in continua evoluzione. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* 2015, 2 (1), 477-482.

Pancani, G. (2017). *La città dei Guidi: Poppi Il costruito del centro storico, rilievi e indagini diagnostiche*. Firenze: Edifir.

Parrinello, S. (2017). Para la representación y gestión de la vegetación. In S. Parrinello, A. Gomiz Blanco, & F. Picchio (Eds.) *El palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.

Quattrone, G. (2003). *La gestione partecipata delle aree protette (Vol. 96)*. Milano: Franco Angeli.

Quattrone, G. (2012). *Mutamenti urbani ed estetica. Urbanistica, paesaggi, identità e strategie tra passato, presente e futuro a Reggio Calabria*. Milano: Franco Angeli.

Quirós Castillo, J. A. (2000). *L'ospedale di Tea e l'archeologia delle strade nella Valle del Serchio*. Sesto Fiorentino: All'Insegna del Giglio.

Rinaudo, F., (2003). *La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche*. In F. Crosilla & R. Galetto (Eds.) *La tecnica del laser scanning: teoria e applicazioni*. Udine: CISM.

Urban Reports (2018). *L'altra Italia. Racconto per immagini delle aree interne del Paese*. Monza: Johan & Levi.

REFERENCES

Borghi, E. (2017). *Piccole Italie: le aree interne e la questione territoriale*. Roma: Donzelli Editore.

Calcagno Maniglio, A., Mannoni, T., & Nespolo, L., (2011). *Alta Lunigiana: percorsi, insediamenti, segni storici del paesaggio. I comuni di Pontremoli e Zerì*. Pisa: Pacini.

Calcagno Maniglio, A., (2006). *Architettura del paesaggio. Evoluzione storica*. Milano: Franco Angeli.

Calcagno Maniglio, A., (1992). *Giardini e parchi lucchesi nella storia del paesaggio italiano*. Lucca: Pacini Fazzi.

Guidi, N., & Verrini, O., (2015). *La via del volto santo. A piedi in Lunigiana e Garfagnana*. Firenze: Le Lettere.

Marchetti, M., Panunzi, S., & Pazzagli, R. (2017). *Aree interne. Per una*