Abitare la Terra Dwelling on Earth



editoriale / editorial

La storia dell'abitare e la Valle di Zoldo

The history of dwelling and the Zoldo Valley Paolo Portoghesi

MATTEO SARTORI "CLINICAURBANA" Il rispetto del paesaggio Paolo Portoghesi

PIETRO COSTANTIN La tana dell'orso Paolo Portoghesi

PIER PAOLO PASOLINI L'Appennino Lucia Galli

CHRISTIAN DE PORTZAMPARC Grattacielo a New York Riccardo Florio

STANDARDARCHITECTURE Il centro per turisti Namchabawa in Tibet Mario Pisani

Anfiteatro nel sito archeologico di Pompei Carmine Gambardella, Nicola Pisacane, Pasquale Argenziano, Alessandra Avella

STUDIO ASA ACTIVE Architettura sociale Luca Nicotera

MARK THOMAS E HENRY FAGAN Passerella nel Parco Marta Putelli

5+1AA Scuola a Zugliano Stefania Tuzi



on il numero 37 la rivista 'Abitare la Terra'', a quattordici anni dalla sua nascita, cambia il suo formato nascita, cambia il suo formato, ma non il suo obiettivo: la tutela dell'ambiente e la promozione di una architettura che abbandonata la tendenza all'esaltazione individualistica delle grandi personalità creative, che ha condizionato la produzione architettonica degli ultimi decenni torni ad essera una decenni, torni ad essere una disciplina rigorosa, che ha per obiettivo il miglioramento della vita di tutti gli esseri viventi e per questo non rinuncia a utilizzare i frutti di una esperienza secolare che coinvolge le diverse civiltà

umane. Il termine Geo-architettura, che si legge nella testata, è stato coniato da Le Corbusier, nel 1942 per la sua riflessione su *Les trois établissements humains* e allude a una architettura che abbracci tutto ciò che l'uomo ha costruito sulla superficie terrestre. Per noi oggi Geo-architettura vuol dire una architettura umile, che, sia arte senza per questo ammantarsi senza per questo ammantarsi della superbia del nuovo fine a sé della superbia del nuovo fine a sé stesso, che si faccia carico della necessità di proteggere l'ambiente, di ridurre i processi di inquinamento, di combattere la disuguaglianza tra i popoli, di ridurre i processi che attraverso i cambiamenti elimatici rischiano di distruggere gli equilibri del pianeta e il suo paesaggio. Per fondare la Geo-architettura è necessario a nostro parere: fondare la Geo-architettura è necessario a nostro parere: imparare dalla natura e dalla storia; rispettare l'identità dei luoghi, recuperare la "coralità" degli spazi urbani, abbattere gli sprechi di risorse non rinnovabili e di tempo umano, contrapporre a uno sviluppo senza limiti, che presuppone una impossibile "crescita infinita", una crescita spirituale di cui si avvertono i spirituale di cui si avvertono i primi sintomi anche nella architettura.

re that embraces man has built on the

AbitarelaTerra

Gangemi Editore S.p.A. Piazza S. Pantaleo 4 – 00186 Roma www.gangemieditore.it

Paolo Portoghesi

Mario Pisani

Petra Bernitsa, Francesca Gottardo, Leone Spita, Stefania Tuzi Piazza S. Pantaleo 4 – 00186 Roma abitarelaterra@gangemieditore.it

Mario Botta, Augusto Romano Burelli, Francoise Burkhardt, Maurice Culot, Richard England, James Wines, Paolo Zermani

Gangemi Editore S.p.A.

Erika G. Young

Gangemi Editore S.p.A. Registrazione Trib. Roma n. 501 del 19/11/2001

CON VOLUME OMAGGIO

ABBONAMENTO ORDINARIO Italia [4 numeri] – € 40,00 Versamento su c/c postale n° 15911001 intestato a: Gangemi Editore

Piazza S. Pantaleo 4 – 00186 Roma

Bright Media Distribution Srl e-mail: info@brightmediadistribution.it

LICOSA Srl

e-mail: licosa@licosa.com

ISSN 1592-8608 ISBN 978-88-492-3139-7

	1 IDDOLD / TITOMERI	□ 1111E1 / 1111E111 € 10,00			
	4 issues / 4 numeri	OUTSIDE IT.	aly Ordinary l	Mail / Estero	\$ 60.
	1 I HAVE PAID BY INTERNATIONAL MONEY ORDER ON YOUR ACCOUNT / HO PAGATO SUL VOSTRO CO IBAN: IT69B0300205022000400000805 SWIFT/BIC BROMITR 1211				
	☐ PLEASE CHARGE MY CREDIT CARD THE DUE AMOUNT / PREGO ADDEBITARE SULLA CARTA DI CRED				
	☐ AMERICAN EXPRESS	□ VISA	☐ DINERS	☐ MASTERC	ARD
NAME / NOME			SURNAME / COGNOME		
	STREET / VIA		TOWN POSTAL CODE / CAP		
STATO, REGIONE, PROVINCIA		COUNTRY / CITTÀ			
TELEPHONE-FAX / TELEFONO-FAX CARD NUMBER / CARTA N.			EMAIL		
			ESPIRES / SC.	ESPIRES / SCADENZA	



Abitare la Terra



rivista di geoarchitettura a magazine of geoarchitecture PAOLO PORTO GIESI
ER UNA ARCHITETTURA DELLA RESPONSABILITA FORMAN ARCHITECTURE OF RESPONSIBILITY

IN COPERTINA/FRONT COVER
Vista da Central Park. Il nuovo grattacielo di Christian de Portzamparc a New York /
View from Central Park. The new skyseraper by Christian de Portzamparc in New York
(FOTO DI / PHOTO BY WADE ZIMMERMAN

EDITORIALE / EDITORIAL PAOLO PORTOGHESI

LA STORIA DELL'ABITARE E LA VALLE DI ZOLDO

PAOLO PORTOGHESI

TRE ESEMPI DI RIGOROSO RISPETTO DEL PAESAGGIO A CURA DI CLINICAURBANA



PAOLO PORTOGHESI PIETRO COSTANTIN: LA TANA DELL'ORSO PIETRO COSTANTIN: THE BEAR'S LAIR



LUCIA GALLI PIER PAOLO PASOLINI L'APPENNINO



RICCARDO FLORIO LA NUOVA ICONA DI CHRISTIAN DE PORTZAMPARC SU CENTRAL PARK THE NEW ICON ON CENTRAL PARK BY



MARIO PISANI IL CENTRO PER TURISTI NAMCHABAWA IN TIBET



CARMINE GAMBARDELLA, NICOLA PISACANE, PASQUALE ARGENZIANO, ALESSANDRA AVELLA RILIEVO DIGITALE INTEGRATO DELL'ANFITEATRO NEL SITO ARCHEOLOGICO DI POMPEI

ARCHAEOLOGICAL SITE OF POMPEII



LUCA NICOTERA ITALIA - RUANDA, SOLA ANDATA CENTRO FAMIGLIA PER LO SVILUPPO DELL'INFANZIA



MARTA PUTELLI MARK THOMAS E HENRY FAGAN BOOMSLANG, UNA PASSERELLA NEL PARCO MARK THOMAS AND HENRY FAGAN



STEFANIA TUZI 5+1AA NUOVO COMPLESSO SCOLASTICO A ZUGLIANO

Abitare la Terra si trova in tutte le principali librerie. Per informazioni e richieste potete rivolgervi alle seguenti librerie fiduciarie:

ANCONA LIBRERIA FELTRINELLI | BARI LIBRERIA FELTRINELLI | BENEVENTO LIBRERIA SRL MASONE | BOLOGNA LIBRERIA FELTRINELLI BOLZANO MARDI GRAS BRESCIA LIBRERIA FELTRINELLI FERRARA ARCHITECNICA SNC DI BORSARI & C. • LIBRERIA FELTRINELLI FIRENZE ALFANI EDITRICE • CLU (COOP, LIBRARI UNIVERSITARIA) • CUSL (COOP UNIV. STUDIO LAVORO) • LIBRERIA FELTRINELLI • LIBRERIA L.E.F. GENOVA • LIBRERIA FELTRINELLI • LIBRERIA PUNTO DI VISTA | MILANO • LIBRERIA L'ARCHIVOLTO SAS • CUSL (COOP UNIV. STUDIO LAVORO) • EQUILIBRI DI SCHERINI IVAN • LIBRERIA FELTRINELLI, MANZONI • LIBRERIA FELTRINELLI, BAIRES • LIBRERIA FELTRINELLI SARPI • LIBRERIA FELTRINELLI, DUOMO • LIBRERIA HOEPLI • LIBRERIA TRIENNALE, PALAZZO DELLA TRIENNALE | MESTRE LIBRERIA FELTRINELLI | NAPOLI LIBRERIA FELTRINELLI • LIBRERIA C.L.E.A.N. • LIBRERIA IL PUNTO, DI BAGNO VERDUCI | PADOVA LIBRERIA FELTRINELLI PALERMO LIBRERIA DANTE • LIBRERIA FELTRINELLI | PARMA LIBRERIA FELTRINELLI • LIBRERIA FIACCADORI SRL | PESCARA LIBRERIA CAMPUS SNC • A. DI SANZA & C. • LIBRERIA FELTRINELLI • FILOGRASSO LIBRI • LIBRERIA DELL'UNIVERSITÀ | PORDENONE LA RIVISTERIA, DI RUSCOLO GIUSEPPE | RAVENNA LIBRERIA FELTRINELLI | REGGIO CALABRIA LIBRERIA ASCHENEZ • PE.PO. LIBRI | REGGIO EMILIA LIBRERIA VECCHIA REGGIO SRL | ROMA LIBRERIA DEDALO • LIBRERIA LIBRERIA ASCHENEZ • PE.PO. LIBRI REGGIO EMILIA LIBRERIA VECCHIA REGGIO SKL. ROMIA LIBRERIA DEDALO • LIBRERIA DEDALO • RESERVA DEDALO • CANGEMI EDITORE SALERNO LIBRERIA FELTRINELLI SARONNO • S.E. SERVIZI EDITORIALI SKL. SIENA LIBRERIA FELTRINELLI | TORINO • LIBRERIA FELTRINELLI • LIBRERIA CELID | TRENTO LA RIVISTERIA • NEVISTERIA • LIBRERIA CIBRERIA RINASCITA | VENEZIA LIBRERIA CLUVA • LIBRERIA PATAGONIA | VIGEVANO FER.NET. SRL.

Rilievo digitale integrato dell'anfiteatro nel sito archeologico di Pompei

LETTURA DI CARMINE GAMBARDELLA, NICOLA PISACANE, PASQUALE ARGENZIANO, ALESSANDRA AVELLA

Integrated digital survey of the amphitheatre in the archaeological site of Pompeii

REVIEW BY CARMINE GAMBARDELLA, NICOLA PISACANE,
PASQUALE ARGENZIANO, ALESSANDRA AVELLA

Il progetto e la metodologia di indagine

Dalla più ampia ricerca in corso sul territorio di Pompei a scala metropolitana dal titolo *Progetto Campus Pompei* "Ecoturismo urbano per la fruizione sostenibile dei Beni Culturali in Campania", le presenti note focalizzano l'attenzione alla conoscenza multidimensionale dell'Anfiteatro classico, ovvero alla definizione del *layer geometria*

multiscalare, fondamentale perché ordinatore di tutte le possibili analisi scientifiche ed elaborazioni progettuali sul monumento.

Il Progetto Campus, in attuazione degli Obiettivi Operativi 2.1 e 2.2 del Programma Operativo FESR Campania 2007/2013, ha inteso favorire la concentrazione di competenze scientifico-tecnolgiche in aree tematiche strategiche attraverso la sinergica intera-

The project and methodology

This article will focus on one aspect of the more extensive research project currently underway in metropolitan Pompeii entitled *Progetto Campus Pompeii* "Urban Ecotourism for the sustainable use of Cultural Heritage in Campania", i.e., multidimensional knowledge of the classic amphitheatre, in other words the definition of the multiscalar *geometric layer*, a key element

at the root of all scientific analyses and design elaborations involving the monument. The *Progetto Campus* implements Operational Objectives 2.1 and 2.2 of the "Programma Operativo FESR Campania 2007/2013" intended to facilitate the merger of scientific and technological knowledge in strategic fields through synergetic interaction and integration between research experts and the industrial world. As re-



zione e integrazioni tra competenze del mondo della ricerca e quelle industriali. In particolare, nell'ambito del Turismo e dei Beni Culturali, il Progetto "Ecoturismo urbano per la fruizione sostenibile dei Beni Culturali in Campania" è finalizzato al rafforzamento dei sistemi locali nello specifico settore, ma anche in quelli ad altissima tecnologia che possano rappresentare una svolta tecnologica e culturale all'approccio innovativo per lo sviluppo sostenibile in aree ad altissima vocazione turistica.

Il Progetto è attuato mediante una piattaforma tecnologica in grado di integrare i dati sia ai fini di questo studio, sia per proseguire l'attività di ricerca e fornire un utile supporto al decisore pubblico e agli attori di tipo privato. Le attività conoscitive, infatti, richiedono, oltre alle competenze specifiche sui processi/prodotti ad alto contenuto tecnologico trattati dal progetto, anche una particolare e specifica preparazione umanistica, storica e manageriale, al fine di promuovere percorsi di ricerca specifici.

In adesione al protocollo scientifico che coordina l'intera ricerca, sono state condotte sul territorio di Pompei, tra il Vesuvio e il golfo di Castellammare, acquisizioni fotografiche satellitari, scansioni aerofotogrammetriche, rilievi iperspettrali e termografici, scansioni LIDAR aeree e terrestri oltre che elaborazioni tridimensionali (meshing e razionali) dalla scala urbana al dettaglio architettonico. Si tratta di un approccio tecnologico e metodologico di tipo multiscalare teso alla realizzazione di un modello discreto a risoluzione variabile in stretta relazione con la complessità morfologica dell'oggetto naturale o antropico.

All'interno degli scavi, la Torre di Mercurio, la Villa dei Misteri e l'Anfiteatro – emblematici per datazione di costruzione e di scavo, per rilevanza storico-artistica, per composizione materica, per morfologia architettonica – sono state sottoposte ad un programma di rilevamento digitale integrato mediante l'applicazione di sensoristica laser scanning 3D, topogra-

fica GNSS e fotogrammetrica close-range da drone e terrestre, teso alla caratterizzazione geometrica e morfologica di ciascun manufatto.

L'approccio ai tre manufatti architettonici con diversa stereometria ha permesso l'avvio di considerazioni e di sperimentazioni metodologiche per la restituzione tridimensionale da acquisizioni attraverso nuvola di punti. A tal proposito, le presenti note sottolineano la differenza tra l'approccio metodologico nel caso di manufatti restituibili attraverso geometrie piane o assimilabili a tali, rispetto a quelle con articolazioni spaziali ben differenti per i quali l'analisi della forma rappresenta il primo step nella individuazione delle modalità di restituzione.

Nello specifico del caso in esame è interessante precisare l'approccio che si sta avendo nell'individuazione della migliore modellazione dell'Anfiteatro di Pompei. Un approccio che non si limita solo alla mera restituzione geometrica ma anche ad un confronto con le tecniche costruttive, le vicende intercorse nei secoli nonché dei restauri succedutisi nel corso dei secoli. Ben sappiamo, infatti, che soprattutto nel caso di manufatti archeologici è necessario indagare e studiare modificazioni e integrazioni avvenute al fine di comprenderne la differenza di forma e di struttura. L'approccio e il metodo che si sta conducendo mirano a discostarsi dalle esperienze condotte in altri contesti e descritti dalla letteratura scientifica sull'argomento, cercando di non limitare lo studio della stereometria interna ed esterna del manufatto alla semplice forma desunta da proiezioni piane, ma approfondendo la conoscenza attraverso uno studio sulla complessità formale del bene culturale.

La piattaforma tecnologica

La strumentazione tecnologica adottata per la campagna di rilievo condotta nel sito archeologico di Pompei è parte del più ampio patrimonio tecnologico di proprietà di Benecon scarl. Il Centro di Ricerca vanta le strumentazioni digitali più all'avanguardia nei campi della Fisica ambientale,

gards Tourism and Cultural Heritage, the project entitled "Urban Ecotourism for the sustainable use of Cultural Heritage in Campania" is aimed at boosting not only relevant local systems, but also hi-tech systems that can trigger a technological and cultural shift towards an innovative approach to sustainable development in tourist areas.

The Project uses a technological platform that can integrate the data so that the latter can be used both in this study and other research projects as well as provide useful information to public decision-makers and private actors. In fact, cognitive activities require a specific understanding of the hi-tech processes/products used in the project; they also require special, specific humanist, historical and managerial training so that specific studies can be performed.

In accordance with the scientific protocol of the entire research, the territory of Pompeii between the Vesuvius and the Castellamare Gulf was studied on an urban and detailed scale: the tools involved included satellite photographs, aerophotogrammetric scans, hyperspectral and thermographic surveys, terrestrial and airborne LIDAR scans, and 3D processing (meshing and rational). This is a multiscalar technological and methodological approach used to produce a discrete, variable resolution model of the morphological complexity of natural or anthropic objects.

There are several reasons why the Tower of Mercury, the Villa of Mysteries and the Amphitheatre in the excavation area are emblematic: the period when they were built and excavated as well as their historical and artistic importance, material composition and architectural morphology. These architectures were part of an integrated digital survey programme to establish the geometry and morphology of each architecture; the programme involved the use of 3D laser scanning sensors and GNSS topographic and closerange land and aerial (drone) photogrammetry.

Using a different stereotomic approach for each architecture

allowed us to develop methodological considerations and carry out experiments regarding 3D restitution based on the acquired points cloud. In this article we will illustrate the difference between the methodological approach used for architectures where restitution uses flat or equivalent geometries compared to those with a very different spatial appearance. In this case, analysis of the shape is the first step required to establish the correct restitution method.

It's also interesting to clarify the approach used to define the best modelling of the amphitheatre in Pompeii. The approach does not only provide a geometric restitution of the amphitheatre, it also involves its building methods, events that have taken place over the centuries, and restoration projects. In fact, we know that it is very important to examine and study any changes and additions affecting archaeological architectures in order to understand differences in their shape and structure. Our approach and method differ from the ones used in other contexts and described in scientific literature; we have tried to avoid limiting the study of the internal and external stereometry of the amphitheatre to a simple form based on planar projections and instead decided to collect more information by studying the formal complexity of this cultural heritage.

The technological platform

The technological equipment used in the integrated digital survey campaign on the archaeological site of Pompeii is part of the more extensive technological assets owned by Benecon scarl. This Research Centre has the most advanced digital tools in the field of environmental physics, geomatics, structural engineering and materials chemistry.

The digital survey of the amphitheatre merged four different acquisition methods: 3D laser scanning; traditional and GPS topographic survey; high resolution photographic mapping; and digital photogrammetry techniques.

The topographic map was created using a Trimble VX S6

della Geomatica, dell'Ingegneria strutturale e della Chimica dei materiali.

Il Rilievo digitale dell'Anfiteatro ha integrato quattro diverse acquisizioni: scansione laser 3D, rilievo topografico tradizionale e GPS, mappatura fotografica ad alta risoluzione e tecniche di fotogrammetria digitale.

Nello specifico, la rete topografica è stata materializzata con la stazione totale Trimble VX S6 che tecnologicamente garantisce elevati standard di precisione; la georeferenziazione dei capisaldi topografici è stata acquisita con stazione Trimble R5700 sensibile alla costellazione GPS; le prese fotogrammetriche sono state realizzate con camera Nikon D70; la scansione laser è stata esperita con i sensori Faro 3D X330 e Faro 3D X130 che possono essere definiti propriamente come una piattaforma plurisensore integrante la bussola, l'inclinometro, una camera fotografica RGB e sensore laser con raggio di azione variabile tra 0,6 e 330 metri, e relativa accuratezza variabile tra 2 e 200 mm a seconda delle impostazioni di acquisizione.

Queste ultime caratteristiche – dichiarate dalla casa costruttrice – sono state testate e verificate prima delle attività in sito, al fine di ottimizzare la sequenza delle acquisizioni in relazione all'articolazione plano-altimetrica degli edifici e conseguentemente la distribuzione spaziale dei target 2D e 3D scelti per l'orientamento relativo delle scansioni.

I risultati dei test hanno evidenziato che l'accuratezza della misura diminuisce linearmente rispetto all'aumentare della distanza tra sensore e superficie scansionata, indipendentemente dalla risolu-

zione imposta al sensore. Questo dato relativo all'accuratezza incide evidentemente sul riconoscimento semi-automatico del baricentro dei target (2D o 3D) nel software dedicato Faro Scene con una differenza quantitativa tra la stessa operazione eseguita sulle nuvole di punti processate con solo i dati di riflettanza oppure con l'aggiunta delle immagini RGB acquisite con la camera incorporata. I rilievi da terra sono stati integrati, per le parti alte e poco accessibili delle strutture e per le coperture, con fotogrammetria close-range da drone.

Il rilievo digitale integrato

La letteratura in merito ai rilievi degli anfiteatri di età romana e alla loro forma alterna ipotesi sulla forma planimetrica ellittica con quella ovale. Studiosi ed esperienze, anche cronologicamente differenti, hanno portato a risultati differenti sull'effettivo andamento in pianta degli anfiteatri. Una problematica che è sempre stata analizzata, in relazione alla possibilità, al tempo di realizzare il tracciamento planimetrico - dell'ellisse o del-1'ovale – e quindi delle competenze e delle strumentazioni a disposizione dei gromatici per l'esecuzione di queste opere. È indubbio che lo studio e il rilievo, in particolare di questo tipo di architetture va eseguito in riferimento alle tecniche costruttive nonché alle fasi di realizzazione delle opere stesse e la relazione spaziale tra l'opera e il suo contesto. Gli anfiteatri nello specifico caso erano realizzati attraverso la costruzione del muro esterno dal quale poi derivava la costruzione delle parti interne della cavea. Il tracciamento della forma planimetrica esterna condizionava poi il

total station that technologically ensures high standards of accuracy; georeferencing of the topographic control points was acquired using a Trimble R5700 station sensitive to GPS constellation: photogrammetric images were taken using a Nikon D70 camera; laser scanning was performed using Faro 3D X330 and Faro 3D X130 sensors considered as a multi-sensor platform with compass, inclinometer, a RGB camera and a laser sensor with a scan range varying from 0.6 to 330 metres and relative accuracy between 2 and 200 mm depending on the scan settings.

These latter characteristics – provided by the manufacturer – were tested and verified before working on-site in order to optimise the sequence of the aequisitions regarding the planimetric-altimetric arrangement of the buildings and hence the spatial distribution of the 2D and 3D targets chosen for the orientation of the scans.

Ouite apart from the resolution of the sensor, tests results showed a linear drop in measurement accuracy as the distance between sensor and scanned surface increased. This obviously affects the semi-automatic recognition of the barycentre of the targets (2D or 3D) in the dedicated Faro Scene software with a quantitative difference between the same operation performed on the points clouds processed using only the reflectance data or with the addition of the RGB images taken with the built-in camera. As regards the higher or inaccessible areas of the buildings and roof, the terrestrial surveys were integrated with close-range photogrammetry

performed with drones.

The integrated digital survey Literature illustrating surveys on Roman amphitheatres and their shape consider the latter either as elliptical or oval. Scholars and studies (even many years apart) have provided different theories about the plan of these amphitheatres. This problem has always been analysed based on considerations about whether or not contemporaries were able to design either an ellipse or an oval and whether the land sureyors, 'gromatici', had the right expertise and tools to build these architectures. Undoubtedly the study and survey, especially of this kind of architecture, should consider the building techniques and construction stages of these works as well as the spatial relationship between the architecture and its surroundings.

The outer wall was the first structure to be built, after which came the internal parts of the cavea. In fact, the geometry of the inner parts of an amphitheatre is influenced by its outer elements. Designing an ellipse is much more difficult (especially when it involves big curves) even if the problems it creates are similar to the ones present in an oval amphitheatre. However, with an oval it's not only easier to draw concentric circles (a serious problem for the tiered seating), it also simplifies the positioning of the stone ashlars of the amphitheatre.

Having established its overall geometry, the integrated digital survey of the amphitheatre was established based on three key elements: the size of the amphitheatre, its planimetric and altimetric structure and its surroundings.

The amphitheatre in question is a large concave space that can be accessed at three different concentric levels. Hence the survey was executed by first dividing it into homogeneous architectural sectors corresponding to an equal number of macro scansion projects. Two Faro CAM2 laser scanners, a topographic tool, and a team of twelve surveyors worked to-



Dwelling on Earth 38



tracciamento delle geometrie delle successive parti interne. Infatti, il tracciamento dell'ellisse è molto più laborioso anche se operativamente, soprattutto per curve di grandi dimensioni, presenta problemi analoghi a quelli dell'ovale. L'ovale ha però il vantaggio di poter descrivere con semplicità curve concentriche (problema sostanziale per le gradinate degli anfiteatri) così come anche una semplificazione nella predisposizione dei conci lapidei che costituiscono la struttura.

Assunte le ragioni geometriche complessive del manufatto, il rilievo digitale integrato dell'Anfiteatro è stato pianificato valutando principalmente i seguenti tre fattori: la dimensione dell'edificio, la sua articolazione plano-altimetrica, il contesto ambientale.

Considerando che l'Anfiteatro è un ampio spazio concavo percorribile secondo livelli concentrici su almeno tre quote significative, il rilievo è stato articolato suddividendo l'edificio in settori architettonici omogenei corrispondenti ad altrettanti macro-progetti di scansione; utilizzando contemporaneamente due scanner laser Faro CAM2 e lo strumento topografico con una squadra di 12 rilevatori, suddivisi in gruppi omogenei in base alle attività di acquisizione; seguendo in ciascun macro-progetto di acquisizione una sequenza ordinata di scansione avendo cura di chiudere ad anello la prima con l'ultima scansione oppure determinando nella prima e nell'ultima scansione almeno tre target omologhi. Ciò al fine di ottimizzare le operazioni di compensazione delle scansioni, integrando i dati dei sensori incorporati nello strumento con quelli delle coordinate assolute dei target.

La pianificazione delle scansioni secondo un percorso sequenziale è motivata dalle caratteristiche tecnologiche del sensore e dalla relativa operabilità nel software di orientamento delle scansioni. A partire dalla prima scansione, in un qualsiasi progetto, il sensore memorizza i dati relativi alla bussola, all'inclinometro e al ricevitore GPS (per le acquisizioni all'aperto) incorporati che vengono utilizzati sinergicamente con le coordinate relative dei target omologhi, riconosciuti in modo semi-automatico nelle varie scansioni.

Seguendo le modalità di acquisizione già sperimentate e verificate, la squadra operante con il sensore Faro 3D X330 si è occupata prevalentemente delle scansioni di tutte le aree enplein-air, sfruttando la potenza di propagazione del raggio laser fino almeno a 200 metri con buoni margini qualitativi; l'altra squadra operante con il sensore Faro 3D X130 si è occupata invece dei settori sotterranei e di quelli dell'ima cavea comunicanti con i primi. Le aree scoperte dell'ima cavea sono state individuate come le zone di sovrapposizione tra i vari progetti diari eseguiti con i due diversi scanner Faro. Non potendo inserire nello scenario dell'Anfiteatro target fissi, sono stati utilizzati in grande quantità target sferici, posizionati su apposite basi cilindriche o prismatiche per meglio adagiarsi alle superfici orizzontali.

Nella complessità delle attività di scansione laser, l'uso di target 2D e 3D differisce in modo sostanziale: mentre i target 2D devono essere vincolati allo scenario di scansione durate tutto il periodo di acquisizione, soprattutto se gli stessi devono essere determinati rispetto ad una rete topografica, i target sferici possono essere di volta in volta spostati quando escono

gether at the same time (the surveyors were divided into uniform groups according to the kind of acquisition required). Each macro acquisition project was performed using an established scansion order; care was taken to ensure that either the first and last scan overlapped, or by creating at least three homologous targets in the first and last scan. Our goal was to optimise the operations involving compensation of the scans by integrating the data from the sensors built into the instrument with data from the absolute coordinates of the targets.

Sequential scanning planned taking into account the technological characteristics of the sensor and the operability of the software and the direction of the scans. In all the projects, starting with the first scan, the sensor memorised the data of the built-in compass, inclinometer and GPS receiver (for outdoor acquisitions) used synergistically with the coordinates of the homologous targets identified in a semi-automatic manner in the scans.

Based on tested and verified acquisition methods the team working with the Faro 3D X330 sensor focused primarily on scanning all the openair areas by exploiting the laser beam propagation to a distance of at least 200 metres. Instead the other team working with the Faro 3D X130 sensor concentrated on the underground and ima cavea sectors. We identified the uncovered areas of the ima cavea as well as the areas overlapping between the various surveys executed with the two different Faro scanners. Since fixed targets were not feasible in the amphitheatre we decided to use numerous big, round targets positioned on special cylindrical or prismatic bases so that they were more stable on horizontal surfaces.

Two and three-dimensional targets are used very differently in laser scansions. While 2D targets have to be used in the same scansion scenario during the entire acquisition period (especially if they have to be connected to a topo-

graphic grid), round targets can be moved each time they are no longer in the optimal scanning radius and can then be replaced in the same position during later stages.

Having assessed the overall size of the amphitheatre, the characteristics of the two Faro sensors, and their individual accuracy, we tested three different-sized targets (respectively with a 14, 25 and 50 cm diameter) so as to optimise the semi-automatic recognition of the targets even when they were far away from the sensor. The thirty spheres varying in size were placed in 300 positions in order to reciprocally orient 275 scans. Since it was difficult to measure the coordinates of the centres of the round targets we created a georeferenced topographic grid to which we attached a congruent number of 2D targets in the underground sectors built by the Bourbons. The alignment of the points clouds was calculated based on both the position of the sensor during acquisition of 3D images and the position of the homologous targets. This kind of processing merges the traditional topographic approach with the more recent 3D laser scanner approach and adds a very important level of error control.

To complete the underground morphology of the amphitheatre we also decided to acquire photogrammetric images from a UAV platform; the data was linked to the general points cloud model thanks to recognition of the targets arranged on horizontal surfaces related to the general topographic grid. The use of a UAV aerophotogrammetric sensor solved the problem of the shadow cones of the scans in the sectors covered by the top circle. We obtained a mesh model from the general points cloud model in order to achieve the best possible compromise between the 'rational' modelling of the architectural elements and the meshing of the green areas and internal and external rammed earth areas. We used the mesh model and N meshing to later obtain the 2D and 3D images typical of architectural drawings.

dal raggio ottimale di scansione e possono essere così ricollocati in scenari successivi di ripresa.

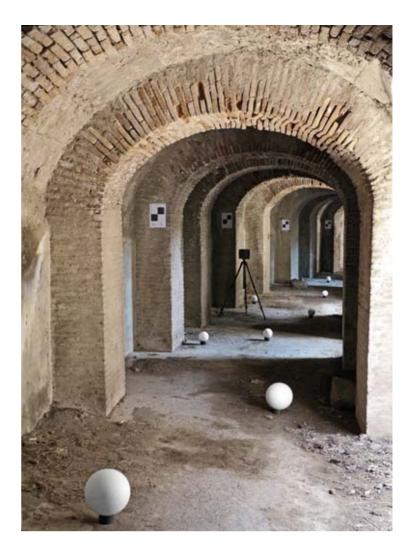
Valutate le dimensioni complessive dell'Anfiteatro, le caratteristiche tecnologiche dei due sensori Faro e le diverse accuratezze raggiungibili con i sensori, sono stati sperimentati target sferici di 3 dimensioni diverse (rispettivamente cm 14, 25 e 50 di diametro) al fine di ottimizzare il riconoscimento semiautomatico dei target anche a grandi distanze dal sensore. Le 30 sfere di vario diametro sono state collocate in 300 posizioni per orientare reciprocamente 275 scansioni. Al fine di risolvere l'impossibilità di misurare le coordinate dei centri dei target sferici, è stata materializzata una rete topografica georiferita alla quale sono stati vincolati un congruo numero di target 2D collocati nei settori sotterranei, in corrispondenza delle sostruzioni borboniche. L'orientamento delle nuvole di punti è, quindi, calcolato sulla base sia della posizione del sensore al momento della ripresa 3D, sia della posizione dei target omologhi. Questa caratteristica di elaborazione integra, pertanto, l'approccio topografico tradizionale a quello più recente dello scanning laser 3D, aggiungendo un livello di controllo dell'errore molto importante.

Per completare la morfologia nadirale dell'Anfiteatro è stata, infine, pianificata la ripresa fotogrammetrica da piattaforma UAV, i cui dati sono vincolati al modello nuvola di punti complessivo attraverso la lettura di target piani disposti su superfici orizzontali, relazionati alla rete topografica generale. L'intervento del sensore aerofotogrammetrico UAV ha risolto i coni d'ombra delle scansioni nei settori di copertura dell'anello apicale. Dal modello nuvola di punti complessivo è stato successivamente elaborato un modello mesh teso al miglior compromesso tra la modellazione 'razionale' degli elementi architettonici e quella meshing delle zone a verde e in terra battuta interne ed esterne, dal quale successivamente sono stati estratti i disegni bidimensionali e tridimensionali propri del Disegno di Architettura.

Il modello tridimensionale prodotto a valle dell'attività di rilievo di un qualsiasi manufatto di interesse storico-artistico è allo stesso tempo di supporto alla visualizzazione 3D del bene, ed alla valutazione metrica dello stesso attraverso il data-base geometrico ad esso sotteso. Le attuali tecnologie della geomatica, pertanto, oltre a mettere a disposizione strumenti di rilievo interessanti orientano le fasi di fruizione, catalogazione e valorizzazione di questo inestimabile patrimonio di informazioni.

Le elaborazioni derivabili dal modello discreto tridimensionale aprono a considerazioni plurali che vanno ben oltre la forma planimetrica dell'Anfiteatro: è importante capire, conoscere e indagare la geometria complessa della cavea, la direzione delle scale di attraversamento e di raggiungimento delle diverse parti dello spazio teatrale, l'andamento del corridoio anulare sottostante la cavea stessa; ed ancora lo studio della pendenza della cavea in relazione alla visibilità all'interno delle diverse parti del teatro, oppure lo studio dell'andamento delle gradinate in funzione dei problemi di taglio delle pietre e degli altri materiali impiegati per la costruzione.

L'approccio impiegato allora ha dapprima verificato la possibile forma planimetrica per poi estendere le considerazioni alla geometria spaziale della cavea. La prima verifica effettuata è stata l'applicazione del teorema di Pascal al perimetro interno del muro superiore e di quello di separazione tra cavea e arena. Ricordiamo che il teorema di Pascal verifica le curve ottenute dalle sezione piane di coni attraverso la relazione tra sei punti della stessa curva attraverso l'allineamento di tre punti interni o esterni alla stessa curva. Il teorema di Pascal è un risultato fondamentale che si colloca nell'ambito della teoria delle coniche. Blaise Pascal (1623-1662) lo pubblicò con il nome di teorema dell'esagramma mistico in un "Saggio sulle coniche" che scrisse all'età di sedici anni. Il teorema si può oggi enunciare così: "Se un esagono piano ABCDEF è in-



The 3D model of any historically or artistically interesting artefact produced after a survey helps to not only visualise a 3D image of the asset, but also metrically assess the latter thanks to its geometric database. Current geospatial technology provides not only interesting survey tools, but also influences the fruition, cataloguing and exploitation of this invaluable information.

The processing pursuant to the 3D discrete model raises multiple issues that go well beyond the shape of the amphitheatre. It's important to understand, learn and study: the complex geometry of the cavea; the direction of the stairs that cross and lead to the various parts of the theatrical space; the shape of the corridor under the cavea itself; the incline of the cavea vis-à-vis visibility inside the theatre; the position of the tiered seating; and the problems regarding how to cut the stones and other building materials.

We first verified the possible planimetric shape and then broadened our focus to include the spatial geometry of the cavea.

We started by applying Pascal's theorem to the inner perimeter of the upper wall and the wall separating the

cavea and the arena. Pascal's theorem verifies the curves obtained from the flat section of conics through the relationship between six points of the same curve thanks to the alignment of three points inside or outside the same curve. Pascal's theorem is a key finding and is part of the theory of conics. Blaise Pascal (1623-1662) called it the theorem of the hexagramme mystique when, aged sixteen, he published it in Essai pour les coniques. Today the theorem is as follows: "If a plane hexagon ABCDEF is inscribed in a conic, then the three pairs of opposite sides AB-DE, BC-EF, CD-FA will meet in three aligned points". The theorem can also be verified for the intersecting sides of the triangle. In fact it was verified and applied to horizontal plane sections of the mesh generated by the points clouds. Surveyed points were very accurately verified due to the extreme accuracy required during scansion. This test was carried out on two pairs of six points for the two sections involved: the inner portion of the perimeter wall and that of the wall separating the arena and cavea. Results of the test show that the elliptical shape of the amphithe-

scritto in una conica, allora le tre coppie di lati opposti AB-DE,BC-EF,CD-FA si incontrano in tre punti allineati". Il teorema è verificato anche per lati del triangolo tra loro intrecciati. La verifica e l'applicazione del teorema è stata eseguita su sezioni piane orizzontali delle mesh generate dalle nuvole di punti. Pertanto la verifica è stata effettuata su punti effettivamente rilevati e quindi con una notevole precisione, dovuti all'alta precisione richiesta in fase di scansione. La prova, effettuata su due coppie di sei punti per le due sezioni effettuate quota muro perimetrale, lato interno e a quota del muro di separazione tra arena e caveaha verificato con un minimo margine di errore l'andamento ellittico dell'Anfiteatro.

La suddetta prova è in corso di verifica con l'individuazione degli assi maggiore e minore dell'ellisse e lo scarto dimensionale tra curva teorica e curva effettiva. La corretta individuazione degli assi è possibile attraverso coppie di diametri coniugati individuati sempre attraverso il teorema di Pascal stesso.

Ma l'attenzione alla geometria dell'Anfiteatro di Pompei, come già detto non deve limitarsi allo studio del suo andamento planimetrico, ma alla configurazione spaziale delle superfici che descrivono gli spazi. Difatti le verifiche planimetriche dovranno prevalentemente individuare la curva che descrive con minor errore il reale andamento e di come questa stessa curva si trasforma in modello spaziale attraverso la costituzione di superfici di differente complessità. Basta, nel caso in esame, pensare all'influenza che tale informazione determina sull'andamento delle gradinate e sul loro andamento radiale e sulla loro disposizione rispetto all'andamento del perimetro dell'Anfiteatro. Differenti, infatti, sono le modalità di tracciamento di una perpendicolare ad una parete ellittica, rispetto ad una ad andamento ovale. Nel primo caso la curvatura varia in ogni punto, nel secondo è costante per i singoli archi di circonferenza che determinano la forma definitiva.

Tale andamento a sua volta coinvolge anche variazioni

della superficie individuata dalle gradinate della cavea, poiché la verifica sul modello digitale deve verificare la direzione rispetto alla quale la pendenza della cavea è costante. Le direzioni della pendenza costituiranno le generatrici della superficie teorica interna che definirà con buona probabilità un conoide, dalle cui sezioni definire le giaciture di collegamento alle varie parti del teatro nonché le modalità con cui i vari elementi lapidei sono stati disegnati, tagliati e realizzati. L'operazione di definizione della superficie della cavea rappresenterà l'innovazione dell'analisi della elaborazione della mesh da nuvola di punti garantendo un risultato ben più approfondito di quello ottenibile attraverso le sole sezioni piane siano esse solo a giacitura orizzontale o anche verticale.

Le suddette considerazioni vogliono costituire un primo approccio all'analisi delle geometrie complesse direttamente sul modello 3D che può costituire nel caso di particolari edifici l'opportunità per elaborare nel miglior modo il modello discreto nuvola di punti da cui generare il modello continuo. Una modalità che può ottimizzare l'impiego di sistemi laser scanner per il rilievo di edifici e l'utilizzo critico di software di elaborazione e modellazione, anche finalizzati alla costruzione di modelli strutturali, ipotesi di recupero e modificazione. Tali esiti, oggetto del prosieguo della ricerca Campus, saranno resi noti in futuro.

- 1. P. 32 Immagine fotografica dal tamburo della *summa cavea* / P. 32 Photo of the ring at the top of the summa cavea
- 2. P. 34 Sezioni, proiezioni bidimensionale dal modello nuvola di punti complessivo del monumento / P. 34 Sections, twodimensional projections of the overall points cloud model of the amphitheatre
- 3. P. 34 Visione sincretica degli spazi esterni, interni e sotterranei dell'Anfiteatro dal modello nuvola di punti complessivo del monumento. La rappresentazione evidentemente forza la visione realistica della morfologia architettonica / Syncretic image of the exterior, interior and underground area based on the overall points cloud of the amphitheatre. The representation clearly pushes the realistic vision of its architectural morphology to the limit



atre had a minimum margin of error.

Said test is currently being performed to identify the major and minor axes of the ellipse and the difference in size between the theoretical and real curve. The axes can be correctly identified thanks to pairs of conjugate diameters again identified thanks to Pascal's theorem.

As mentioned earlier, the study of the geometry of the amphitheatre in Pompeii should not be limited to its plan, but include the spatial configuration of the surfaces of its spaces. In fact, planimetric verification should above all identify the curve of its real shape with the least possible error. It should also establish how this curve turns into a spatial model thanks to the creation of different complex surfaces. In this particular case, just think of how this information determines the shape of the tiered seating as well as their radial arrangement and position vis-à-vis the shape of the perimeter of the amphitheatre. In fact, drawing a perpendicular from an elliptical wall differs com-

4. P. 35 Immagine fotografica degli archi perimetrali durante la scansione laser 3D / Photo of the outer walls during the 3D laser scansions

- **5.** P. 35 Planimetria generale, proiezione bidimensionale dal modello nuvola di punti complessivo del monumento / General plan, two-dimensional projection of the overall points cloud of the amphitheatre
- 6. P. 36 Immagine fotografica del tunnel ellittico sotterraneo durante la scansione laser 3D / Photo of the underground elliptical tunnel during the 3D laser scansions
- 7. P. 37 Immagine fotografica del camminamento superiore durante la scansione laser 3D / Photo of the upper walkway during the 3D laser scansion

pared to drawing it from an oval wall. In the former, the curvature varies at every point, while in the latter it is constant for each of the arcs of circumference determining its final shape.

In turn this also affects variations of the surface stretching from the tiered seating of the cavea, because verification on the digital model has to check the direction compared to which the incline of the cavea is constant. The directions of the incline constitute the generatrices of the theoretical inner surface which will most probably create a conoid; the sections of the conoid will establish the direction between various parts of the theatre as well as the way in which the various stone elements were designed, cut and made. Establishing the surface of the cavea is an innovative element in the analysis of the creation of the mesh from the points cloud; it ensures a much more in-depth result compared to the result obtained only by using the plane sections, whether they be horizontal or vertical.

The above considerations constitute an initial approach to the analysis of complex geometries directly on a 3D model. In some cases it can be an opportunity to develop, in the best possible way, the points cloud discrete model with which to generate the continuous model. method could optimise the use of laser scanner systems not only in the survey of buildings and the crucial use of processing and modelling software used to build structural models, but also in possible recovery and modification projects. The Campus research will continue to focus on these objectives and results will be published in the future. ■

le arti, le lettere le scienze































"...immettere nel mercato librario tradizionale, testi difficili, su argomenti meno di moda o di presa immediata, ma scritti con lunghe note, diligenza informativa ed archivistica, con indice dei nomi, luoghi, idee, molte illustrazioni utili come documento e non solo come ornamento. Libri che non invecchino presto una volta esauriti, saranno resi possibili sotto forma di microschede; si è ampliata, inoltre, la rete di interessi sul contemporaneo, sull'espansione della cultura europea in altri continenti; sulle motivazioni e basi economiche; grande attenzione è anche prestata al tentativo di riportare alle loro radici storiche alcuni dibattiti ideologici di oggi. Ma deciderà il tempo, accompagnato vorremmo da rigore e modestia..."

DAL MANIFESTO PER LA FONDAZIONE **DELLA CASA EDITRICE, 1962**

"...E non solo per la necessità di approfondire studi, psicologie, ricerche, ma anche per raccontare, raccontare, raccontare: ogni vera conoscenza e cultura prende coscienza se si comunica nel racconto, nella immedesimazione poetica del lettore con il "qui e ora" della propria storia quotidiana vissuta. Forza propulsiva originaria della Casa (curiosità e scoperta), insieme all'Utopia che percorre tutto il catalogo e lo caratterizza, per "cambiare la faccia della terra"; ed anche conoscerla approfonditamente nelle sue storie e nei suoi monumenti: condizione essenziale per invertire le tendenze alla distruzione e approntare tutti gli strumenti per la riconquista del futuro: e qui è il futuro."

MARCELLO FABBRI DA "PER IL 50° ANNO DALLA FONDAZIONE DELLA **GANGEMI EDITORE**"



