

COSTI, TEMPI E METRI CUBI Quantificare in architettura Giornata di Studi (Padova, 28 ottobre 2016), a cura di Gian Pietro Brogiolo, Stefano Camporeale e Alexandra Chavarría Arnau

JANET DELAINE (Faculty of Classics – University of Oxford), *Quantifying manpower and the cost of construction in Roman building projects: research perspectives*, pp. 13-19

Summary

The author looks back over the development of architectural economics as applied to the monuments of imperial Rome, in the twenty years since the publication of her monograph on the Baths of Caracalla. The paper starts with a retrospective which outlines the original methodology, the assumptions behind it, and the problems encountered. It then sets out ten key methodological principles which are applicable to any attempt to calculate the manpower requirements and construction costs of pre-modern buildings. These briefly treat: the importance of the initial structural model; the reconstruction of the building process; recognising the possibility for simplifying the calculations; identifying relevant historic manpower rates and the importance of consistency in applying them; the value of relative figures and how to deal with imponderables; understanding the meaning of numbers; and problems with calculating costs. The third part of the paper shows how these principles can operate in relation to Roman construction, and highlights how new data are helping improve understanding of the parameters of construction. It outlines some areas where more research is needed within the Roman context, for example in relation to different types and scales of construction such as those used in vernacular architecture, or in assessing the contribution of infrastructure and transport to overall costs. Finally, the paper calls for more testing of the applicability of historical data on labour rates, a more critical application of specific cost figures, and a move to using this methodology for testing hypotheses through the use of partial analyses.

Keywords: Roman construction; economics of construction; chaîne opératoire; materials and techniques; manpower requirements; building labour rates.

Riassunto

Quantificazione della manodopera e costi della costruzione nei progetti edilizi di età romana: prospettive di ricerca.

L'autore riprende in considerazione lo sviluppo dell'economia dell'architettura in relazione ai monumenti della Roma imperiale nei venti anni trascorsi dalla pubblicazione della sua monografia sulle Terme di Caracalla. L'articolo, in maniera retrospettiva, delinea in primo luogo la metodologia insieme con i suoi presupposti basilari e i problemi riscontrati. In secondo luogo, vengono definiti dieci principi metodologici chiave, utilizzabili per qualsiasi tentativo di calcolo delle quantità necessarie di manodopera e dei costi della costruzione in progetti edilizi pre-moderni. In sintesi, tali principi riguardano: l'importanza del modello strutturale iniziale; la ricostruzione del procedimento costruttivo; il riconoscimento delle possibilità di semplificazione dei calcoli; l'identificazione delle tariffe delle prestazioni di manodopera storiche più rilevanti e l'importanza della loro coerente applicazione; il valore dei numeri relativi e la gestione degli elementi imponderabili; la comprensione del significato dei numeri; i problemi nel calcolo dei costi. La terza parte dell'articolo mostra come questi principi operino in relazione alla costruzione romana ed evidenzia come nuovi dati stiano aiutando a migliorare la comprensione dei parametri della costruzione. Vengono delineate alcune aree nelle quali si possono sviluppare nuove ricerche in contesti di epoca romana, ad esempio relativamente alle differenti tipologie costruttive, anche di diversa scala, come quelle dell'architettura vernacolare,

o all'influenza delle infrastrutture e dei trasporti nella determinazione dei costi complessivi delle opere. Infine, il contributo auspica che venga ulteriormente verificata l'applicabilità dei dati storici sulle tariffe delle prestazioni di manodopera, che le cifre relative a costi specifici vengano applicate con maggiore senso critico e che l'utilizzo di tali metodi si orienti verso la verifica di ipotesi tramite l'uso di analisi parziali.

Parole chiave: costruzione romana, economia della costruzione; catena operativa; materiali e tecniche; quantità necessaria di manodopera; tariffe dei lavori edili.

MIRELLA SERLORENZI (Museo Nazionale Romano (mirella.serlorenzi@beniculturali.it), STEFANO CAMPOREALE (Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali, Università di Siena), *Anatomia di un muro romano: dati preliminari sullo smontaggio e quantificazione di alcune strutture in laterizio di epoca adrianea dallo scavo di Piazza Dante a Roma*, pp. 21-33

Summary

Anatomy of a Roman wall: preliminary data on the deconstruction and quantification of some Hadrianic brick-faced structures from the excavations in Piazza Dante, Rome.

After discussing previous studies on the quantification and dating typology of brick-faced monuments in Rome, the article puts forward a quantitative method for studying walls, based on the deconstruction of some structures of the Imperial period found in Piazza Dante in Rome. The analysis also takes an anthropological approach, focused on bringing to light the work sequence involved in the use of each type of brick. The method of deconstruction and analysis is illustrated for a wall of the Hadrianic period. All the elements which composed the nucleus and the facing are quantified, a hypothesis is formed relating to the construction process, and the time and amount of manpower needed to produce it is calculated. Finally, new observations are made regarding the procedures for cutting and preparing bessales (bricks) and roof tiles.

Keywords: Rome, bricks, quantification, building construction, sequencing construction procedures.

Riassunto

L'articolo, dopo aver considerato gli studi precedenti sulle quantificazioni e la cronotipologia dei monumenti in laterizio di Roma, propone un metodo di studio quantitativo delle murature basato sullo smontaggio di alcune strutture di epoca imperiale rinvenute in Piazza Dante a Roma. L'analisi è impostata anche secondo un approccio antropologico, attento a mettere in luce la sequenza delle lavorazioni adottata per ciascun tipo di laterizio. Il metodo di smontaggio e analisi è illustrato in relazione a una muratura di età adrianea. Di questa vengono conteggiati tutti gli elementi che ne costituiscono il nucleo e i paramenti, viene ipotizzato il procedimento costruttivo, i tempi e le quantità di manodopera necessari alla realizzazione. Nuove osservazioni vengono infine presentate sulle procedure di taglio e lavorazione di bessali e tegole.

Parole chiave: Roma, laterizi, quantificazioni, cantiere edilizio, sequenza delle lavorazioni.

JAVIER Á. DOMINGO (Pontificia Università della Santa Croce – Dipartimento di Storia della Chiesa), JOSÉ R. DOMINGO (Universitat Rovira i Virgili – Unidad Predepartamental de Arquitectura), *El coste del Arco de Caracalla en Theveste (Tébessa, Argelia): verificación empírica de una metodología de cálculo*, pp. 35-53

Summary

The cost of the Arch of Caracalla in Theveste (Tébessa, Algeria): empirical verification of a calculation methodology.

An increasing number of studies analyse ancient buildings from the point of view of their construction, the techniques

used, the way the work was organised, and, more recently, their cost. Nevertheless, as the ancient sources rarely tell us about construction costs, in recent years a calculation methodology has been developed with the aim of reconstructing it. However, it is still necessary to empirically check the validity of some of the variables that determine this calculation methodology, as they involve a large number of complex parameters that we are not always able to reconstruct with precision. This study is part of that process. By applying the calculation methodology to a building, the Arch of Caracalla in Theveste, the cost of which we know thanks to an inscription, we can verify the accuracy of the method. Moreover, by studying the construction cost of this building, we will be able to suggest a possible reconstruction of the upper part of the arch, an aspect about which many doubts still remain.

Keywords: Architecture, arch, financial cost, Theveste.

Riassunto

Il costo dell'Arco di Caracalla a Theveste (Tébessa, Algeria): verifica empirica di una metodologia di calcolo.

Stanno diventando più frequenti gli studi che analizzano l'architettura antica dal punto di vista del processo costruttivo, delle tecniche edilizie utilizzate, dell'organizzazione del lavoro e, più recentemente, del costo economico della sua costruzione. Poiché le fonti antiche raramente ci forniscono informazioni sul costo dell'architettura, negli ultimi anni si è sviluppata una metodologia di calcolo che cerca di ricostruire questo valore. Ciononostante, è necessario ancora verificare empiricamente il grado di validità di alcune delle variabili che reggono questa metodologia, giacché nel processo di calcolo intervengono una grande quantità e complessità di parametri che non sempre possiamo ricostruire con precisione. Il presente studio, nello specifico, cerca questo scopo: mediante l'applicazione della metodologia di calcolo a un edificio – l'Arco di Caracalla a Theveste – dal quale conosciamo il suo costo grazie a un'iscrizione, potremo verificare il grado di validità della metodologia utilizzata. Inoltre, la ricostruzione del costo del suo processo costruttivo permetterà di suggerire anche una possibile ricostruzione della parte superiore dell'arco, un aspetto questo che ancora oggi presenta molti dubbi.

Parole chiave: Architettura, Arco, Costo Economico, Theveste.

Resumen

Cada vez son más numerosos los estudios que analizan la arquitectura antigua desde el punto de vista de su proceso constructivo, las técnicas utilizadas, la organización del trabajo y, más recientemente, también del coste económico de su construcción. No obstante, como las fuentes antiguas raramente informan del coste de la arquitectura, en los últimos años se ha desarrollado una metodología de cálculo que pretende reconstruir este valor. Sin embargo, es necesario todavía verificar empíricamente la validez de algunas de las variables que rigen esta metodología de cálculo, pues en ella intervienen una gran cantidad y complejidad de parámetros que no siempre podemos reconstruir con precisión. El presente estudio se enmarca precisamente en este proceso: mediante la aplicación de la metodología de cálculo a un edificio – el Arco de Caracalla en Theveste – del que conocemos su coste gracias a una inscripción podremos verificar el grado de validez de este método. Además, el estudio del coste del proceso constructivo de este edificio permitirá sugerir una posible reconstrucción de la parte superior del arco, aspecto éste que todavía hoy plantea muchas dudas.

Palabras clave: Arquitectura, Arco, Coste Económico, Theveste.

ALEXANDRA CHAVARRÍA ARNAU (Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica – Università degli Studi di Padova), *Costi, tempi e processi costruttivi di una chiesa tardoantica*, pp. 55-61

Summary

Costs, length of time, and processes involved in the construction of a Late Antique church.

Epigraphic and textual documentation is used to quantify the price and time needed to build a particular church. This information is necessary to understand what was the percentage of the surplus and therefore the economic effort that was devoted to building a church being it the work of a single individual or, more often, of a community. An interesting piece of information is related to the systematic use of spolia since the fourth century on which made the buildings cost considerably lower. *Keywords:* architecture, Late Antiquity, time, price, labour costs, quantification.

Riassunto

A partire dalla documentazione epigrafica e testuale si propone di quantificare il prezzo e il tempo necessario per la costruzione di una determinata chiesa, dati importanti per capire qual è la percentuale del surplus e quindi quello sforzo economico che poteva essere dedicato alla costruzione di un edificio che potrebbe essere l'opera di un solo individuo o, più spesso, di una comunità. Un dato interessante è legato all'utilizzo sistematico, a partire da un certo momento, di materiali di recupero, fatto che abbassò sensibilmente il costo degli edifici.

Parole chiave: architettura, tarda Antichità, Mediterraneo, tempo, salari, quantificazione, prezzo.

Resumen

Costo, tiempo y procesos productivos de una iglesia tardoantigua.

A partir de la documentación epigráfica y textual se propone cuantificar el coste y tiempo necesarios para construir una determinada iglesia, datos importantes para comprender el porcentaje de surplus y esfuerzo económico que se dedicaba a la construcción de una iglesia por parte de un único evergeta o de toda la comunidad. Un dato relevante se refiere a la utilización de material reutilizado que podía reducir enormemente el coste total de la obra.

Palabras clave: arquitectura, Antigüedad tardía, Mediterraneo, tiempo, salarios, cuantificar, precio.

AURORA CAGNANA (Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le province di Imperia, La Spezia e Savona), *Le murature delle basiliche paleocristiane e protobizantine di Mitropolis (Gortyna – Creta). Ipotesi di quantificazione del lavoro*, pp. 63-69

Summary

The walls of early paleo-Christian and proto-Byzantine basilicas at Mitropolis (Gortyna, Crete). Suggestions for labour quantification.

Two large-scale early Christian and proto-Byzantine monuments at Gortyna (Crete) were studied in 1998, in order to evaluate the amount and kind of work needed to build them. Two different techniques were identified. The first (A) consists of building materials (stones) collected near a river, and not dug from a quarry. A single workman would have been able to obtain at least 10 cubic metres of building material per day. Since the individual stones were small, they could be transported either by the labourers themselves, or by pack animals. The material could be used directly, without special lifting equipment. Thus, a builder, with the help of one or two labourers, would have been able to build one or two cubic metres of masonry per day. An average of 30 builders, not all specialized, could collect, and transport to the construction site, a quantity of material sufficient to build 10-20 cubic metres of wall per day. The other technique identified at the site (B) involves the use of stones from earlier buildings, of much larger size. From a study of their

size, it was calculated that the weight of the blocks, never less than 90 kg, ranged between 200 and 500 kg, with some elements as heavy as 700-800 kg. It is clear that a wide and fairly level road would have been needed to transport these materials, to allow the use of wagons pulled by pairs of oxen. Once they arrived at the construction site, the blocks do not seem to have been prepared to a significant extent. However, it must have been very complex to set them in place. This would certainly have required special equipment. Specialized labour would have been needed for the use and maintenance of this equipment. From studying 19th-century construction site manuals, we can reconstruct that putting one block in place could take about 140 minutes. It is therefore possible to reconstruct that a team consisting of three labourers and three master masons was able to set in place two 300-kg blocks, in other words just under one third of a cubic metre.

Keywords: quantifying work, quarry, transportation, lifting equipment, weight.

Riassunto

Due imponenti monumenti di età paleocristiana-protobizantina di Gortyna (Creta) sono stati studiati, nel 1998, allo scopo di compiere una valutazione quantitativa e qualitativa del lavoro che è stato necessario per realizzarli. Sono state riconosciute due differenti tecniche. La prima (A), costituita da elementi non di cava, ma di raccolta, di piccole dimensioni. Si può stimare che un solo garzone avrebbe potuto ottenere almeno 10 m³ di materiale edilizio al giorno. Le piccole dimensioni dei pezzi consentivano il trasporto a schiena d'uomo o a dorso di animale. Il materiale poteva essere posto in opera senza che fossero necessarie macchine da sollevamento. Quindi, un muratore con l'aiuto di uno o due garzoni, poteva porre in opera da uno a due metri cubi di muratura al giorno. Una media di trenta artigiani, non tutti specializzati, poteva procurare e trasportare in cantiere una quantità di materiale sufficiente alla costruzione di dieci-venti metri cubi di muro al giorno. L'altra tecnica che si riconosce nel cantiere (tipo B) è invece costituita da pietre di recupero, di dimensioni molto più grandi. Dallo studio delle dimensioni si è calcolato che il peso dei blocchi, mai inferiore a 90 Kg, oscillava tra i 200 e i 500 Kg, con alcuni elementi che potevano raggiungere 700-800 Kg. È evidente che per il trasporto di questi materiali si doveva disporre di una strada ampia e con poca pendenza, tale da permettere l'uso di carri, trainati da coppie di buoi aggiogati. Una volta in cantiere, i blocchi non sembra abbiano subito una significativa lavorazione, ma molto impegnativa deve essere stata la posa in opera, che dovette richiedere senza dubbio l'impiego di macchine apposite. Per l'utilizzo e la manutenzione di tali strumenti era necessario disporre di mano d'opera specializzata. Dalla lettura di manuali di cantiere del XIX secolo si può ricostruire che la sistemazione di un blocco poteva richiedere circa 140 minuti. Si può dunque ricostruire che una squadra composta da tre manovali e da tre maestri specializzati era in grado di porre in opera due conci da 300 Kg, ovvero poco meno di un terzo di metro cubo.

Parole chiave: valutazione quantitativa del lavoro, cava, trasporto, macchina di sollevamento, peso.

PAOLA GREPPI (Dipartimento di Storia, Archeologia e Storia dell'Arte – Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano), *Architetture di culto a Milano dal IV al XII secolo: approcci metodologici quantitativi e nuove possibilità di ricerca*, pp. 71-83

Summary

Religious buildings in Milan from 4th to 12th century: methodological approaches for quantification and new research possibilities.

Milan has a few, but excellent examples of medieval religious architecture, with surviving phases dating back to the early Chris-

tian age. A comparative study of the construction techniques of these monuments produces a complex picture in which the presence of differentiated workers and sources of supply emerges. In this area of research, this article deals with quantifying reused building materials, a methodological approach almost never attempted before for religious buildings in Milan dated between Late Antiquity and the Romanesque. The first part concerns the quantification of construction techniques and the reuse of bricks by means of mensiochronological analysis, useful for better understanding construction site practices (internal recycling of materials, the intentional cutting of bricks), to compare the different builds to understand affinities and differences, as well as to draw up chronologies. Meanwhile, the second and final part concerns the calculation of the dimensions (surface, volume, weight) of the bricks used for the construction of the early Christian phase of the San Simpliciano church, founded at the end of the 4th century together with other, famous, early Christian churches in Milan.

Keywords: religious architecture, Milan, construction techniques, metric-age analysis, reused materials.

Riassunto

Milano conserva rari, eccellenti esempi di architettura religiosa medievale con fasi edilizie conservate datate a partire da età paleocristiana. Lo studio comparativo delle tecniche costruttive di questi monumenti delinea un quadro complesso nel quale emerge la presenza di maestranze e fonti di approvvigionamento differenziate. In questa linea di ricerca si inserisce il presente contributo rivolto alla quantificazione delle architetture in materiali di reimpiego, un approccio metodologico quasi mai tentato per gli edifici di culto milanesi datati tra tardoantico e romanico. La prima parte riguarda la quantificazione delle tecniche costruttive e del reimpiego dei laterizi attraverso l'analisi mensiocronologica, utile a comprendere meglio le pratiche di cantiere (riciclo interno dei materiali, sezionamento intenzionale dei laterizi), a confrontare le diverse fabbriche per comprendere affinità e difformità, oltre che a inquadrarne le cronologie. Nella seconda e ultima parte viene invece affrontato, in via del tutto sperimentale, il calcolo delle dimensioni (superficie, volume, peso) dei laterizi impiegati per la costruzione della fase paleocristiana della basilica di San Simpliciano, fondata alla fine del IV secolo insieme ad altre, note, basiliche paleocristiane milanesi.

Parole chiave: architettura religiosa, Milano, tecniche costruttive, mensiocronologia, materiali di reimpiego.

GIAN PIETRO BROGIOLO (Già Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica – Università degli Studi di Padova), ENRICO CAVADA (Soprintendenza per i Beni Culturali/Trento), STEFANO CAMPOREALE (Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali – Università degli Studi di Siena), con ELISA BERNARD, FRANCESCA PARISI (Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica – Università degli Studi di Padova), *Per un approccio quantitativo e sistemico allo studio delle architetture e dei procedimenti costruttivi medievali. Il caso della Pieve di Lomaso (Trentino sudoccidentale)*, pp. 85-99

Summary

A quantitative and systemic approach to the study of medieval buildings and construction processes: the Lomaso pieve (south-western Trentino).

The church and baptistry of the parish church (pieve) of San Lorenzo at Lomaso (Trento, Italy) was the subject of research which sprang from collaboration between specialists at different institutions (mainly the Soprintendenza for Trento, and the Universities of Padova and Trento). The paper presents the initial results of this work, starting with information about

the pieve complex (first mentioned in 1281) from archival sources and previous archaeological documentation. Adopting a systemic approach, it goes on to present the results of the stratigraphic analysis of the walls, with a reading of the building phases, and the types of stone and the building techniques used in the construction of the original Romanesque phase of the complex, visible in the façade and in the baptistry. Finally the analysis is supplemented with quantitative data relative to the duration of the actual construction, and the manpower necessary for building the stone masonry of the baptistry. Starting from a count of the blocks still in their original position, an attempt is made to apply the construction labour estimates of Giovanni Pegoretti (1843) – following an approach begun by Janet DeLaine – to the Romanesque stone-building techniques involving elements of non-standardized size. The results are also based on the construction sequence of the baptistry, and on the identification of the horizontal breaks in the actual build (the so-called “work-day” intervals).

Keywords: medieval architecture, stone construction techniques, stone typology, construction time, manpower figures.

Riassunto

La chiesa e il battistero della pieve di San Lorenzo a Lomaso (Trento, Italia) sono stati oggetto di attività di studio e ricerca nate dalla collaborazione fra specialisti di diverse istituzioni (principalmente la Soprintendenza per i beni culturali della Provincia autonoma di Trento e le Università di Padova e di Trento). Nel contributo sono esposti i primi risultati di questo lavoro, a partire dalle notizie riguardanti il complesso pievano (citato dal 1281) che si possono ricavare da fonti di archivio e documentazione archeologica pregressa. Secondo un approccio sistemico, si presentano successivamente i risultati dell'analisi stratigrafica delle murature con la scansione delle fasi edilizie, i materiali lapidei e le tecniche impiegate nella costruzione della fase originaria romanica del complesso, leggibile nella facciata della chiesa e nell'edificio del battistero. L'analisi viene infine integrata con i dati quantitativi relativi ai tempi di costruzione e alla manodopera necessari alla realizzazione delle murature lapidee del battistero. A partire dal conteggio dei blocchetti ancora in opera, si è compiuto un tentativo di applicazione delle stime dei lavori edili di Giovanni Pegoretti (1843) – secondo un approccio inaugurato da Janet DeLaine – alle tecniche lapidee romaniche con elementi di dimensioni non standardizzate. I risultati si basano anche sulla sequenza costruttiva del battistero e sull'identificazione dei giunti orizzontali di cantiere (le cosiddette “giornate lavorative”).

Parole chiave: Architettura medievale, tecniche edilizie lapidee, litotipi, quantificazioni, tempi di costruzione, quantità di manodopera.

DANILO VITELLI (Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici, Università degli Studi di Padova), *Applicazioni di 'GIS verticale' per la quantificazione delle opere architettoniche in muratura e i loro tempi di realizzazione: il caso del castello di Drena*, pp. 101-111

Summary

“Vertical GIS” applications for quantifying masonry-built architectural works, and the duration of their construction: Drena castle.

The study aims to give an in-depth, critical understanding of the architectural monument, with a view to devising a GIS tool to help the organization, representation and use of data in an interactive way. This aspect provides a searchable consultation tool, rather than just a static archive of computerized data, a tool that can be used to put forward several interpretations. The work is focused on identifying and configuring integrated methodologies, in order to provide answers regarding the entire

construction process. In the case of the castle of Drena, the construction phases were analysed, along with the different types of working procedures involved, and the size of the stone blocks, to study a possible mapping of their arrangement, obtaining positive results. A quantification is also proposed of the monument's construction processes, in terms of absolute time, starting from the construction of the scaffolding, dressing the blocks, and their subsequent use.

Keywords: GIS, architecture, quantitative analysis, construction times, Drena castle.

Riassunto

Lo studio ha come obiettivo un'approfondita e critica conoscenza del monumento architettonico, propedeutica all'elaborazione di uno strumento GIS di ausilio all'organizzazione, alla rappresentazione e all'utilizzo dei dati in maniera interattiva. Questo aspetto permette di avere non un archivio statico di dati informatizzati, ma di usare uno strumento di consultazione e interrogazione utilizzabile per proporre più interpretazioni. Il lavoro è focalizzato sull'individuazione e sulla configurazione di metodologie integrate, al fine di fornire risposte sull'intero processo di costruzione. Nel caso del castello di Drena sono state analizzate le fasi costruttive con i differenti tipi di lavorazione e le pezzature dei conci per studiare un eventuale disegno circa la loro disposizione, ottenendo dei risultati positivi. Si propone, inoltre, di quantificare in tempi assoluti i processi costruttivi del monumento, partendo dalla realizzazione dei ponteggi, alla lavorazione dei conci e successiva messa in opera.

Parole chiave: GIS, architettura, analisi quantitative, tempi di lavorazione, castello di Drena.

MARIE-ANGE CAUSARANO (Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali – Università degli Studi di Siena), *Quantificare le architetture. I materiali da costruzione nei grandi cantieri medievali di Siena*, pp. 113-121

Summary

Quantifying buildings. Building materials in large-scale medieval building works in Siena.

In the framework of a study of the production processes connected to the “building industry” in the socio-economic and political reality of Siena between the end of the 13th and the first half of the 14th century, the article proposes an initial quantitative analysis of the building materials used in the Baptistery and in one section of the city's outer walls, with particular attention to aspects linked to the supply, transportation and costs, and the time required for construction, and how buildings were constructed. The research provided interesting information on how the raw materials were obtained, and the quantity of material needed to allow progress on constructions, vital aspects in the organization of building work.

Keywords: architecture, building work, building materials, transportation, time, quantification.

Riassunto

Nel quadro di uno studio sui processi produttivi legati all'“industria del costruire” nella realtà socio-economica e politica di Siena tra la fine del XIII e la prima metà del XIV secolo, il contributo propone una prima analisi quantitativa dei materiali da costruzione impiegati nel battistero e in un tratto del circuito murario della città, con particolare attenzione agli aspetti legati all'approvvigionamento, al trasporto e ai costi, ai tempi e alle modalità di costruzione. La ricerca ha fornito dati interessanti sulle modalità di reperimento delle materie prime e sulla quantità di materiale necessaria all'avanzamento delle costruzioni, aspetti fondamentali nell'organizzazione del cantiere.

Parole chiave: architettura, cantieri, materiali, trasporto, tempo, quantificazione.

ROBERTO FARINELLI (Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali – Università degli Studi di Siena), *Un approccio quantitativo allo studio dei cantieri tardo-medievali. La costruzione di quattro fortezze senesi nei secoli XIV e XV*, pp. 123-132

Summary

A quantitative approach for the study of late medieval construction processes. The construction of four Siennese fortresses in the 14th and 15th centuries.

The medieval commune of Siena established numerous construction projects to erect fortresses within the vast territory dominated by the city. The essay focuses on four cases, relating to a chronological period spanning the years between 1330 and 1480: Grosseto, Lucignano Val di Chiana (AR), Monterotondo Marittimo (GR) and Sarteano (SI). These architectural initiatives are well-documented, mainly thanks to the conservation of accounting records relating to the construction phases. The sites have also been investigated archaeologically, albeit at different times and to different degrees. Accordingly, the research was conducted following a quantitative approach, starting with the consideration of the building materials used (stone, bricks, mortar, timber, and metal parts). The skills of the master builders were evaluated, investigating the number and professional profile of master masons and joiners, labourers, transporters, and other workers involved. Quantitative analysis was also used to derive information on the costs of building projects, and the completion time of works overall, and for specific parts of buildings. In the most recent case (Sarteano), positive cross-references were also found between the buildings and documentary data, also thanks to the presence of numerous signs in the stones, each of which can be ascribed to a company of master masons mentioned in the accounting documentation.

Keywords: building sites, quantitative analysis, stone marks, fortresse.

Riassunto

Il comune di Siena ha allestito numerosi cantieri per erigere fortezze entro il vasto territorio dominato dalla città. Il saggio si sofferma su quattro casi, relativi a un arco cronologico compreso tra 1330 e 1480: Grosseto, Lucignano Val di Chiana (AR), Monterotondo Marittimo (GR) e Sarteano (SI). Si tratta di imprese costruttive ben documentate sotto il profilo archivistico, soprattutto grazie alla conservazione dei registri contabili relativi alle fasi costruttive, e indagate anche sotto il profilo archeologico, seppure in tempi e con gradi di approfondimento differenti. Pertanto, l'indagine è stata condotta attraverso un approccio quantitativo, a partire dalla considerazione dei materiali da costruzione utilizzati (pietra, laterizi, leganti, legname e parti in metallo). Sono state valutate le competenze delle maestranze, indagando il numero e la fisionomia professionale dei maestri muratori e di legname, dei manovali, dei trasportatori e degli altri lavoratori coinvolti. Ancora in ottica di analisi quantitativa, sono state raccolte informazioni sui costi dei cantieri e sui tempi di realizzazione delle opere nel loro complesso e per specifici elementi. Nel caso più tardo (Sarteano) sono stati possibili riscontri incrociati tra le strutture e i dati documentari anche grazie alla presenza di numerosi segni lapidari, riconducibili ciascuno a una compagnia di maestri di pietra, menzionata nella documentazione contabile.

Parole chiave: cantieri, analisi quantitativa, segni lapidari, fortezze.

FEDERICO GIACOMELLO (Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica – Università degli Studi di Padova), FRANCESCA PARISI (Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica – Università degli Studi di Padova), SONIA SCHIVO (Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica – Università degli Studi di Padova), *Una proposta di metodo per l'interpretazione del reimpiego del mattone romano tramite analisi GIS*, pp. 133-145

Summary

A proposed method for interpreting the reuse of Roman bricks through GIS analysis.

This paper proposes a method of analyzing the reuse of Roman bricks, based on their division into size categories, in line with the provincial sesquipedale module and its fractions, tested on two late 11th century churches in Padua. The sizes of the bricks were obtained by using GIS to digitize orthophotos of the walls, extracted from 3D models of the buildings, achieved through structure from motion. The reliability of the data was checked by comparison with manually obtained measurements on some of the sampled bricks analyzed. The proposed method makes it possible to speed up the measurement process, to use a larger sample of bricks and take into account the construction phases of the building evident in sections of wall, to highlight the arrangement of the various classes of bricks within the walls, and to find any patterns relating to building techniques and the reused bricks. The results can be rapidly represented graphically by the use of colour-coded elevations, as well as being expressed in percentage terms, and illustrations which allow comparisons with other construction contexts, or chronological contexts.

Keywords: reused brick, GIS analysis, Padua, building techniques, Roman bricks, medieval period.

Riassunto

Nel presente contributo si propone un metodo di analisi del reimpiego dei mattoni romani basato sulla suddivisione in classi di misura sul modulo del sesquipedale provinciale e sulle sue frazioni, sperimentato su paramenti di due chiese padovane della fine dell'XI secolo. Le dimensioni dei laterizi sono state ricavate in ambiente GIS grazie alla digitalizzazione delle ortofoto dei prospetti elaborate da modelli 3D degli edifici, realizzati tramite structure from motion. L'attendibilità dei dati è stata verificata confrontandoli con misure ottenute manualmente su una parte del campione di laterizi analizzati. Il metodo proposto consente di velocizzare il processo di misurazione, di usufruire di un campione più ampio di laterizi e di tener conto delle fasi di cantiere evidenti nel paramento, di evidenziare la disposizione delle diverse classi di laterizio all'interno del paramento e di individuare eventuali pattern riconducibili alla tecnica costruttiva e alle modalità del reimpiego; i risultati sono rapidamente visualizzabili graficamente mediante cromatismi sul prospetto, oltre a essere espressi in percentuali e mediante grafici che consentono un confronto con altri contesti edilizi o cronologici.

Parole chiave: Laterizi di reimpiego, Gis analysis, Padova, tecniche costruttive, mattone romano, Medioevo.