

TEMA

Technologies
Engineering
Materials
Architecture

Journal Director R. Gulli

e-ISSN 2421-4574
Vol. 5, No. 1 (2019)

Issue edited by Editor in Chief A. Sanna

Cover illustration San Carlo Church in Vicenza and its 3D printed model, both portrayed by Sergio Poretti (SIXXI) - (on the left) 3D printing production steps of San Carlo Church model (SIXXI3DLab)

Editorial staff

Cover design: C. Mazzoli
Journal Manager: D. Prati

The new building cycle

The immense stock collected in the recent building cycles in our country has threatened to become a restriction and brake for the development, rather than an added value and opportunity. The perception of this situation, both by academic specialists and operators, has grown during the recent system crisis that we have been through and from which, at least in our country, a reliable way out has not yet been found.

The most accredited analysts and scholars are inclined to attribute this crisis, in addition to the exasperated process of valorisation of the financial aspects in the building industry, which caused the first “real-estate bubble” at the origin of the global crisis of 2008, to the “growth without quality” in the decades of an uninterrupted construction boom. As we know, a role that was both crucial and technologically marginal in the national development model was conferred to the building industry - a role that was, moreover, strongly assumed by the sector - starting from the period of post-war Reconstruction: a high moment of social and cultural experimentation, which in that phase gave answers to the great migrations from the countryside to the city, but also gave the final go-ahead to the development of the “city soup” (citation from Calvino) in the urban and rural suburbs of the country. Now, that enormous accumulation which has multiplied over and over again in little more than half a century the building stock made available by the settlement process of all the previous centuries, presents its bill.

All, and all together, the main unresolved nodes of contemporary development seem to be concentrated in and on the national building and infrastructural heritage:

- *the faith in the indestructible durability and reliability of reinforced*

L'immenso stock accumulato nei differenti cicli edilizi recenti del Paese ha minacciato di trasformarsi in un vincolo e un freno allo sviluppo, piuttosto che costituire un valore aggiunto e un'opportunità. La percezione di questo stato di cose, sia da parte degli specialisti accademici che degli operatori, è cresciuta nel corso della recente crisi di sistema che abbiamo attraversato e dalla quale, almeno nel nostro Paese, non sembra ancora alle viste un affidabile percorso di uscita.

Analisti e studiosi tra i più accreditati tendono ad addebitare questa crisi, oltre che alla esasperata finanziarizzazione dell'edilizia, causa prima della “bolla immobiliare” all'origine della crisi globale del 2008, alla “crescita senza qualità” nei decenni di un ininterrotto boom della costruzioni. Come sappiamo, all'edilizia fu affidato un ruolo insieme cruciale ma tecnologicamente marginale nel modello di sviluppo nazionale – un ruolo peraltro fortemente introiettato dal settore – a partire dal periodo della Ricostruzione postbellica: un momento alto di sperimentazione sociale e culturale, che in quella fase ha dato risposte alle grandi migrazioni dalle campagne alle città, ma ha anche dato il via libera definitivo allo sviluppo della “zuppa di città” (di calviniana memoria) nelle periferie urbane e rurali del Paese. Adesso, quell'enorme accumulazione che ha moltiplicato più e più volte in poco più di mezzo secolo lo stock edilizio reso disponibile dal palinsesto insediativo di tutti i secoli precedenti, presenta il conto.

Tutti, e tutti insieme, i principali nodi irrisolti dello sviluppo contemporaneo sembrano concentrarsi nel e sul patrimonio edilizio e infrastrutturale nazionale:

- *la fede nell'indistruttibile durabilità e affidabilità del cemento armato è stata molto di recente compromessa in modo presumibilmente definitivo;*
- *siamo ormai certi che a quel patrimonio va fatta risalire la maggior responsabilità in assoluto tra tutti i fattori che concorrono ad alimentare le emissioni climalteranti;*
- *abbiamo verificato che quel modo di costruire non solo non*

concrete has been very recently compromised in a presumably definitive way;

- *we are now certain that, among all the factors that contribute to fuelling climate-changing emissions, the greatest absolute responsibility must be attributed to that heritage;*
- *we have verified that this way of building not only has not increased safety and stability in a territory mostly at high seismic risk; but it has reduced it to a point that today is no longer socially acceptable.*

The bet for the future is therefore played on the requalification/regeneration of this heritage - which also includes the most consolidated historical values, but above all the contemporary peripheries and will absorb the vast majority of the investments expected in the medium term. It all depends on the way in which the transition towards new qualities of the existing building stock will be managed, to which only relatively modest incremental quantities can be added in the medium term. This is not a predicted conclusion, due to the inertia of actions that in the past have guaranteed exponential growth and advantages distributed over a complex and articulated supply chain. The game that is being played in recent months on the measure known as “unblock construction sites” explains so much about the fascination that still exerts the idea of returning, after the “abnormal” wave, to the use of methods and products that in the past have guaranteed rents and certainties seemingly indestructible. The path towards a new paradigm, which for the moment has proved to be rather rough, has the strength of empirical evidence on its side, and a much better oriented European horizon than the national one. A technical-scientific team like ours, if capable of formulating plausible proposals, can certainly constitute an added value in this crucial challenge.

Antonello Sanna

Editor

ha accresciuto la sicurezza e la stabilità in un territorio per lo più ad alto rischio sismico, ma semmai l'ha diminuita ad un punto che oggi si rivela socialmente non più accettabile.

La scommessa per il futuro si gioca quindi sulla riqualificazione/rigenerazione di questo patrimonio – che comprende anche i più consolidati valori storici, ma soprattutto le periferie contemporanee ed assorbirà la parte di gran lunga preponderante degli investimenti attesi a medio termine. Tutto dipende dal modo in cui verrà gestita la transizione verso nuove qualità dello stock edilizio esistente, al quale si potranno aggiungere, a medio termine, solo quantità incrementali relativamente modeste. E non è una partita scontata, a causa dell'inertza di comportamenti che in passato hanno garantito crescita esponenziali e vantaggi distribuiti su una filiera articolata e complessa. E la partita che si sta giocando in questi mesi sul provvedimento cosiddetto “sblocca cantieri” la dice lunga sul fascino che ancora esercita l'idea di tornare, passata l'onda “anomala”, a metodi e prodotti che hanno garantito in passato rendite e certezze apparentemente indistruttibili. Il cammino verso un nuovo paradigma, che si è rivelato per il momento piuttosto accidentato, ha dalla sua la forza delle evidenze empiriche, e un orizzonte europeo molto meglio orientato rispetto a quello nazionale. Una compagine tecnico scientifica come la nostra, se capace di formulare proposte credibili può sicuramente costituire un valore aggiunto in questa sfida cruciale.

Rebuilt the space using stone or brick vaulted systems: catching the contemporary challenge of construction tradition

Tiziana Campisi*, Mario Li Castri

Highlights

This study aims to describe study cases and applied researches, also building yards experiences taken directly from Sicilian restoration and recovery sites, as well as to describe the teaching experience of the “Laboratory of Stereotomy” carried out both in the year 2016 and in the year 2018 for the five-year degree courses of the class LM4 in Architecture and Building Engineering-Architecture at the Department of Architecture (D’ARCH) of the University of Palermo, in collaboration with prof. J.C. Palacios Gonzalo of the University of Madrid (Escuela Técnica Superior de Arquitectura).

Abstract

In the recovery and restoration sites, as well as in the versatile word of university research about construction history, it’s not infrequent to study stereotomy for the re-proposal of stony or tiled vaulted systems, sometimes complex for their constitutive geometry, equipment, preliminary/subsidiary carpentry works. It represents a didactic study-key also in Engineering and Architecture Schools, through laboratories that teach to future designers a “know-how” that can be easily spent in their professional repercussions.

Keywords

Vaulted systems, Stereotomy, Construction techniques, Recovery, Sicily

1. INTRODUCTION. RECONSTRUCTION IN PALERMO OF STONY OR BRICK VAULTS AT THE *SANT’ANNA LA MISERICORDIA* CONVENT AND OTHER RESTORATION YARDS

From the year 1994 to 2001, the Historical Center of Palermo was affected by an extraordinary recovery activity: over 600 billion of the old liras, more than 200 worksites of public initiative and many others of private ones, these are the big numbers that tell us that lucky season. [1]

A dedicated regulation [2], the urban planning instrument (the historic center was in those years equipped with a *P.P.E., Executive Detailed Plan*, approved

Tiziana Campisi

D’ARCH - Dipartimento di Architettura, Università di Palermo, viale delle Scienze, Edificio 08, Palermo, 90128, Italia

Mario Li Castri

Architetto, libero professionista, via Miseno 39, Palermo, 90151, Italia

* Corresponding author
Tel.: +39-328-0089776;
e-mail: tiziana.campisi@unipa.it

with a assessor decree of Sicilian Region (*D.A.R.T.A.* n.525 of 1993), the creation of a special Office (*Office for the Historic Center*), endowed with a vast autonomy, technical skills and equipment and also the availability of specific economic resources; all these factors had represented the causes triggering a construction impulse for the city, in some ways truly and still today unmatched. The interventions, coordinated by an effected program approved by the City Council had - as their first objective - the recovery of the vast municipal property inside the Historic Center, including the ex Convent of *Sant'Anna la Misericordia* located at the *Lattarini* quarter.

The convent was originally the residence of the Bonet Catalan merchant family in the fifteenth century, the palace and its appurtenances then had passed first to the Jesuit Congregation and later to the Bologna family, and finally to the Franciscans, who enlarged and transformed them - in the second half of the sixteenth century - into a convent. [3]

With the suppression of religious Orders and Corporations by Italian State, starting from 1866, the church and the annexed convent were destined to profane uses; thus began the phase of decadence and transformation of the religious complex. Almost completely unusable after the damages caused by the earthquake of March 1968, the monument was abandoned and in a state of disrepair until the mid-1990s.

In April 1996 the restoration works were started, accompanying the monument to represent the headquarters of the Civic Gallery of Modern Art (G.A.M.).

At that historical time the building site, due to the amount of restoration works and for its historical-artistic importance, assumed a strong media value for the municipal administration, precisely identifying in the recovery of historic center one of its main force points.

Sicily in general and particularly Palermo, in those years has been lived a season of strong social and cultural redemption after the massacres of the year 1992 (the judges Giovanni Falcone and Paolo Borsellino and their body guards murdered in a *mafia* attack) and the attacks of cultural heritage in the 1993 (the *Georgofili* Tower, alongside the *Uffizi* museum in Florence, the Pavilion of Contemporary Art (PAC) in Milan and the basilicas of *San Giovanni in Laterano* and *San Giorgio al Velabro* in Rome). A new civic conscience permeated broad categories of civil society and, especially after the courageous example of the entrepreneur Libero Grassi (killed in 1991), also the entrepreneurial world, was permeated by a renewed legality.

Despite these premises, in September 1996 the entrance gate of the construction site of *Sant'Anna la Misericordia* convent was found closed and also many requests of money began to arrive, what the chronicle taught us to call "*pizzo*"

1. INTRODUZIONE E STATO DELL'ARTE. RICOSTRUIRE VOLTE LAPIDEE E LATERIZIE NELL'EX CONVENTO DI SANT'ANNA LA MISERICORDIA E ALTRI CANTIERI DI RESTAURO

Nell'arco temporale dal 1994 al 2001, il Centro Storico della città di Palermo venne interessato da una straordinaria attività di recupero: oltre 600 miliardi delle vecchie lire, più di 200 cantieri di iniziativa pubblica e altrettanti di iniziativa privata, questi i grandi numeri che raccontano quella fortunata stagione. [1]

Una normativa dedicata [2], la strumentazione urbanistica (il centro Storico della Città di Palermo veniva in quegli anni dotato di un P.P.E., Piano Particolareggiato Esecutivo approvato con decreto assessoriale D.A.R.T.A. della Regione siciliana n.525 del 13 luglio 1993), la creazione di un Ufficio speciale dotato di vasta autonomia di azione (Ufficio e Assessorato al Centro Storico), competenze tecniche e attrezzature, la disponibilità di risorse economiche specifiche, rappresentarono le cause scatenanti un impulso costruttivo senza pari per la città, per alcuni versi davvero e ad oggi ritenuto ancora senza eguali.

Gli interventi, coordinati da programma attuativo approvato dal Consiglio Comunale, ebbero come primo obbiettivo il recupero della vasta proprietà comunale ricadente all'interno del Centro Storico, tra cui anche l'ex Convento di Sant'Anna la Misericordia nel quartiere dei Lattarini, all'interno del cosiddetto mandamento Tribunali.

Originaria residenza nel XV secolo della famiglia di mercanti catalani Bonet, il palazzo e le sue pertinenze transitarono prima all'ordine dei Gesuiti e - successivamente - alla famiglia Bologna, passando ai Francescani del Terzo Ordine Rinnovato, che li ampliarono e trasformarono - nella seconda metà del XVI secolo - in convento. [3]

Con la soppressione degli Ordini e delle Corporazioni religiose voluta dallo Stato italiano, a partire dal 1866, la chiesa e l'annesso convento furono destinati ad usi profani; iniziò, così, la fase di maggiore decadenza e di pesante trasformazione del complesso religioso. Quasi completamente inagibile dopo i danni del terremoto del marzo 1968, il monumento risultava sino alla metà degli anni '90 da oltre un ventennio inutilizzato e in stato di abbandono. Nell'aprile 1996 si avviavano i lavori di restauro, che avrebbero portato il monumento a rappresentare la sede della Civica Galleria d'Arte Moderna (G.A.M.).

In quel momento storico il cantiere, per importo dei lavori e per importanza storico-artistica, assunse un forte valore mediatico per l'amministrazione comunale, che aveva individuato proprio nel recupero del Centro storico uno dei principali punti programmatici.

La Sicilia in genere, in particolare Palermo, in quegli anni viveva una stagione di forte riscatto sociale e culturale dopo le stragi del 1992 (nel maggio e luglio erano stati assassinati i giudici Giovanni Falcone, la sua compagna e anche Paolo Borsellino, con le loro scorte) e quelli al patrimonio culturale del

bribe: the I.T.E.R (*Ravennate Cooperative of Interventions in the Territory*), executing company of building works, with great courage chose the path of denunciation, shared also by the coeval Direction of Works (architects Mario Li Castri and Carmelo Bustinto and engineer Giuseppe Letizia) and the Municipal Administration.

Police forces intervened with the presecende day and night of watchmen and plain clothes policemen on site; during the morning of 15th February 1997, at the opening of the construction site, the tragedy manifested itself: the southern branch of the sixteenth-century cloister had collapsed, or rather, a collapse had been provoked, making a revenge against the rejection of the “pizzo” bribe and the choice of legality pursued by the building company and the client. “Unknowns people” introduced themselves into the building site, operated a working machine, attached one of the gray stone columns of *Billiemi*, a compact gray limestone of the cloister, with a steel cable and caused it to tip over.

2. METHODOLOGY

2.1. COLLAPSE AND RECONSTRUCTION: THE CONTEMPORANEITY OF CONSTRUCTION TRADITION

The same column, mentioned in the preceding paragraph, in the impact broke with a plane of rupture inclined at about 30° centigrade and the cross vault collapsed itself, being an unicum construction system with the respective supporting stony columns: another column was divided into two parts, with a nearly horizontal fracture plane, and the other one resting on the collapse material of the vaults, miraculously intact. (Figures 1, 2)

On reconstruction interventions in architectural restoration the theoretical schools have been confronting each other for years; in those years had

1993 (ricordiamo gli attentati di matrice mafiosa che interessarono la Torre dei Georgofili, a fianco degli Uffizi a Firenze, il Padiglione di Arte Contemporanea (PAC) di Milano e le basiliche di San Giovanni in Laterano e San Giorgio al Velabro a Roma). A seguito di ciò, una nuova coscienza civica permeava sempre più vaste categorie della società civile, soprattutto dopo il coraggioso esempio dell'imprenditore Libero Grassi (ucciso nel 1991): anche il mondo imprenditoriale, in particolare le imprese edili siciliane, furono permeate da un rinnovato anelito di legalità.

Malgrado queste premesse, nel settembre del 1996 il cancello di ingresso al cantiere venne ritrovato più volte chiuso con catenacci sostituiti e iniziarono ad arrivare richieste di denaro per presunte guardiane e protezioni, ciò che la cronaca ci ha insegnato a denominare “il pizzo”: la ITER (Cooperativa Ravennate Interventi sul Territorio), impresa esecutrice dei lavori, con grande coraggio scelse la strada della denuncia, condivisa anche dalla Direzione dei Lavori e dall'Amministrazione Comunale (archh. Mario Li Castri e Carmelo Bustinto, ing. Giuseppe Letizia).

Le forze di polizia intervennero con la presenza in cantiere di agenti in borghese e con vigilanza notturna; la mattina del Febbraio 1997, all'apertura del cantiere, la tragedia però si manifestò agli occhi dei primi operai arrivati in loco: il braccio meridionale del chiostro cinquecentesco era crollato, o meglio, era stato fatto crollare, concretizzando la vendetta contro il rifiuto del “pizzo” e la scelta di legalità perseguita da impresa e committenza. “Ignoti” si introducevano nel cantiere, azionavano una macchina operatrice, agganciavano con un cavo di acciaio una delle colonne del chiostro in pietra grigia di Billiemi, calcare grigio compatto diffuso in loco e ne provocavano il ribaltamento.

2. METODOLOGIA

2.1. CROLLI E RICOSTRUZIONI: LA CONTEMPORANEITA' DELLA TRADIZIONE COSTRUTTIVA

La colonna di Billiemi, nel precedente paragrafo menzionata, nell'urto



Figures 1, 2. Collapse following a mafia-style vandalism and related survey construction phases.

appeared recent the restoring experience of the portico of the *San Giorgio in Velabro* church in Rome; the “political value” of the restoration intervention has been extensively analyzed by Paolo Marconi.

For the *Sant’Anna la Misericordia* cloister the municipal administration intended precisely to pursue - also acquired the opinion of the engineer and historian Rosario La Duca, professor at university (a greatest connoisseurs of the history and evolution of Palermo) - the path of restoration as the only viable one.

Facing the (re)construction of a masonry vault in the XX century was not an ordinary activity; the training of construction engineers - and even more so that of architects - but also and above all of the workforce, has for too many years taken away from knowledge of materials and construction techniques.

The first activity was the survey of collapse, useful to determine the trajectories that columns, ashlars of arches, vaults and - in general - of all the demolished elements, they had followed at the moment of collapse: the geometric-dimensional and material survey, highlighted the originary construction technique.

The attention paid to the materials of local building tradition, accustoms the eye to recognize the compact stone used for columns and capitals, the carving stone left in sight of *pulvini* and arches on external façade, as well as of that materials coarsely squared, tied with wide joints of mortar and used for the apparatus of the nails of cross vaults, not pleasant to the sight and therefore plastered to the intrados. Columns, Attic bases and capitals were made of “*Billiemi* stone”, while arches of façades, *pulvini* and cross vaults were made of conchiliary stone, called *calcarenite*, porous and easily workable. The restoration was carried out reusing all the surviving materials for anastylosis, which were been cataloged by type, origin and possibility of reuse.

The columns had been preliminarily restored, two by anastylosis and one by a new invoice, obtained from a monolithic block, expressly chosen in the *Billiemi* quarry.

The arches of façade were been restored using some special arching wooden framework, while for the blocks irreparably damaged, they had been replaced with elements of new workmanship, made *ex novo* using *Sabucina* stone; the quarries of *Sabucina* are located on the homonymous mountain, far about 10 km from Caltanissetta; it’s a *calcarenite* stone presenting excellent mechanical properties with a color and grain that makes it well distinguishable. The restoration of colonnade and arches was followed by substitution of *pulvini* along surrounding wall, also in this case using *Sabucina* limestone ashlars. (Figures. 3-7)

si spezzò con un piano di rottura inclinato a circa 30° e la volta a crociera sorretta dalla colonna crollò, trascinandosi nel collasso le due campate limitrofe, in uno con le rispettive colonne di sostegno: una ulteriore colonna si parzializzò in due parti presentando un piano di frattura pressoché orizzontale, l'altra si adagiò invece sul materiale del crollo delle volte e rimase miracolosamente integra. (Figg.1, 2)

Sul ripristino nel restauro architettonico le scuole teoriche si sono confrontate per anni; recente era in quegli anni l'esperienza di ricostruzione del portico della chiesa di San Giorgio in Velabro a Roma, crollato a seguito del già citato attentato mafioso del 1993. Il “valore politico” dell'intervento di ripristino è stato ampiamente analizzato da Paolo Marconi in numerosi saggi; per il chiostro di Sant'Anna l'Amministrazione comunale intese perseguire - acquisito anche il parere di Rosario La Duca, ingegnere e storico, docente universitario (uno dei più grandi conoscitori della storia e dell'evoluzione della città) - proprio la strada del ripristino come unica percorribile. Affrontare nel XX secolo la (ri)costruzione di una volta in muratura non rappresentò per allora una attività ordinaria; la formazione degli ingegneri edili - e ancor di più quella degli architetti - ma anche e soprattutto delle maestranze si era per troppi anni sottratta alla conoscenza dei materiali e delle tecniche costruttive.

Prima attività fu quella di rilievo del crollo per potere determinare le traiettorie che le colonne, i conci degli archi e delle volte e - in generale - tutti gli elementi abbattuti, avevano seguito al momento del collasso: il rilievo diretto, sia geometrico-dimensionale che materico evidenziò la tecnica costruttiva adoperata.

L'attenzione rivolta ai materiali della tradizione costruttiva locale, abituò l'occhio al riconoscimento dei lapidei compatti utilizzati per le colonne e i capitelli, la pietra da intaglio lasciata a vista dei pulvini e degli archi sulla fronte esterna del portico, così come dei materiali grossolanamente squadri, legati con ampi giunti di malta impiegati per l'apparecchio delle unghie delle crociere, poco gradevoli alla vista e pertanto intonacati all'intradosso. Colonne, basi attiche e capitelli erano stati realizzati in pietra di Billiemi, mentre gli archi delle fronti, i pulvini e le crociere erano costruiti con calcarenite conchiliare, porosa e facilmente lavorabile. Il ripristino venne condotto riutilizzando per anastilos tutti i materiali superstiti, che vennero catalogati per tipologia, provenienza e possibilità di riutilizzo. Si procedette preliminarmente alla ricostruzione delle colonne, due tramite anastilos e una di nuova fattura, ricavata da un blocco monolitico appositamente scelto in cava. Anche gli archi della fronte vennero ripristinati su apposite centinaie, parzialmente per anastilos, mentre i conci irrimediabilmente danneggiati furono sostituiti con elementi di nuova fattura, realizzati *ex novo* in pietra di Sabucina; le cave di Sabucina sono situate sull'omonimo monte, a circa 10 km dall'abitato di Caltanissetta:



Figures 3, 4, 5. Construction of scaffolding; positioning of a new Billiemi column, re-positioning of a capitals of collapsed portico.



Figures 6, 7. Realization of wooden supporting structure of stony arches and of the carved stony ashlars of portico arches.

This construction experience allowed us to go beyond the pragmatism of the building yard's need and to review the construction phases as a fundamental chapter of stereotomic knowledge of an historical building: "doing" also resulted "explaining" how this architecture had been constructed, in a continuous and renewed dialogue between designer and employed stone masons; not only, through (re)construction phases the acquisition of knowledge reached high levels of technical depth, denouncing constructive defects and quality of technical elements, often being able to have true constructive sections, that only the collapse could determine. (Figures 8, 9)

Once these operations were completed, a wooden supporting framework was built, realizing the nails of the cross vaults. The curving wooden structure was made adapting it to the geometries of pre-existing structures, so as to guarantee the continuity of intrados and the mutual solidarity between all the vault parts. It's clear that wooden carpentry assured a great safety for

si tratta di una calcarenite con ottime proprietà meccaniche con una cromia e grana che la rende distinguibile. Al rispristino del colonnato e degli archi seguì la sostituzione dei pulvini sulla parete d'ambito, anche in questo caso tramite conchi di calcarenite nissena. (Fig. 3, 4, 5, 6, 7)

Questa esperienza costruttiva consentì - ben oltre il pragmatismo della necessità del cantiere - di rivedere le fasi costruttive quale un capitolo fondamentale di conoscenza stereotomica della costruzione storica: "fare" risultò anche "spiegare" come era stata costruita l'architettura, in un continuo e rinnovato dialogo fra progettisti e maestranze di lapicidi impiegati; non solo, attraverso la (ri)costruzione e l'acquisizione di conoscenza si raggiunsero alti livelli di approfondimento tecnico, denunciando difetti costruttivi e qualità di elementi tecnici, potendo spesso disporre di sezioni costruttive al vero che il crollo aveva determinato. (Figure 8, 9) Terminate queste operazioni, venne realizzata una centinatura lignea a sostegno delle unghie delle crociere. La centinatura venne realizzata adattandola alle geometrie delle preesistenze, in

operators, but mainly allowed to replicate the original construction technique, using limestone ashlars roughed out on site and tied with a mixed lime mortar (*grassello*), hydraulic lime and aggregates, controlling its granulometric spindle. The experience showed that with only few days of technical training the workers acquired specialized and manual skills. The quality and speed of execution increased exponentially after the first tests and a small pilot building yard. (Figure 10-13)

Those workers were shortly thereafter called to intervene in other restoration interventions on vaulted systems. We are referring here to the interesting reconstruction - for its reproposing construction phases, masonry equipment and constituent materials - of thin brick vaults defined in the Mediterranean area such as *bóvedas tabicadas*, *timbrel vaults*, the so-called “*dammusi realini*”

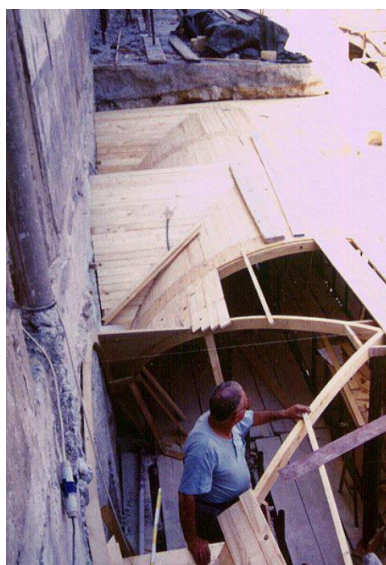
maniera da garantire la continuità dell'intradosso e la mutua solidarietà tra le parti. Questa consentì la realizzazione delle crociere in grande sicurezza per gli operatori, ma principalmente permise di replicare la tecnica costruttiva originaria utilizzando conci di calcarenite che venivano sbazzati in cantiere e legati con malta bastarda di grassello di calce, calce idraulica e aggregati a fuso granulometrico controllato. (Figure 10, 11, 12, 13)

L'esperienza dimostrò come solo con poche giornate di formazione tecnica le maestranze e gli operatori di cantiere acquisirono alte competenze specialistiche e manualità. La qualità delle lavorazioni e la velocità di esecuzione si incrementarono esponenzialmente dopo i primi test di esecuzione e di un piccolo cantiere pilota, condotto a margine e preliminarmente all'avvio.

Quelle maestranze furono da lì a poco chiamate a intervenire in altri



Figures 8, 9. “Pulvini” ashlars newly made from the stonemason, ready to receive the starting device of the stony cross vault.



Figures 10, 11. Ribs of wooden centering and view of continuous intrados of the same supporting framework.

according to Sicilian language; in the particular case of *S. Anna la Misericordia* convent the construction typology is declined in cross vaults set on brick arches and pillars, featuring nails realized using flat tiles, horizontally placed on their flat surface and plastered with gypsum paste-mortar, following the appropriate realization of a wooden supporting framework. Singular appears the lightening and stiffening structural system of dome-shaped counter-vaults, presenting a lowered shape, then recovered and re-proposed. (Figures 14-19) It will be pointed out that this construction practice finds positive feedback from philological reconstructions for construction geometries and technological modalities in other Palermitan building yards, reiterating the contemporary challenge of the construction tradition, such as in the *Bonocore* palace near the *Vigliena* square. Reasons of cheapness, material-constructive compatibility, reduced invasiveness, lightness, insulation make the re-proposal of this construction technique an opportunity and an equally reassuring possibility in the recovery and/or restoration yard, often the only way to proceed, avoiding the replacement of ancient vault systems, considered - wrongly - more reassuring than others. (Figures 20, 21)

Once the woodworking structure has been made, either continuous or partial, the first dry layer of bricks is placed on the extrados of the same, taking care of the well settlement and then it's possible to carry out the first layer of gypsum paste and water (often applied to portions of vault that are easy to manage by the employed workers, so as to quickly allow the laying of the next layer, sheet, when the gypsum paste is still fresh and in a plastic state), even of millimeter thickness and taking care that this fills the joints between adjacent bricks. The different layers of juxtaposed bricks must not have coinciding joints and the bricks are also arranged in a different direction, with respect to the underlying layer, being very careful to clamp the vault well to the masonry, after making the suitable traces into the same masonry. [4] [5] [6]

interventi di ripristino su sistemi voltati.

Ci si riferisce, in questa sede, alla interessante ricostruzione - per riproposizione di fasi costruttive, apparecchiatura muraria e materiali costitutivi - di volte sottili in laterizio definite in area mediterranea quali bóvedas tabicadas, timbrel vaults, "dammusi realini", nella fattispecie nel convento di S. Anna declinate in crociere impostate su archi e pilastri in laterizio, presentanti unghie costruite utilizzando mattoni sottili, piastrelle, posti in piano e allettati con malta di gesso, a seguito di opportune realizzazioni di centinatura lignea di supporto. Singolare è il sistema di alleggerimento e irrigidimento rinvenuto e riproposto nelle strutture ripristinate, costituito da controvolte a cupola ribassata. (Figure 14, 15, 16, 17, 18, 19)

Andrà precisato che questa pratica costruttiva trova riscontri positivi di ricostruzioni filologiche per geometrie costruttive e modalità tecnologiche in altri cantieri palermitani, reiterando la sfida contemporanea della tradizione costruttiva, come ad esempio nel palazzo Bonocore presso la piazza Vigliena. Fattori di economicità, compatibilità materico-costruttiva, ridotta invasività, leggerezza, coibenza rendono la riproposizione di questa tecnologia un'opportunità e una altrettanto rassicurante possibilità nel cantiere di recupero e/o restauro, spesso l'unica strada da percorrere, evitando così la sostituzione di antichi orizzontamenti con altri ritenuti - a torto - più rassicuranti. (Figure 20, 21)

Realizzata la carpenteria lignea di centinatura, continua o per parti, il primo strato di mattoni si pone all'estradosso della stessa a secco, curando bene l'assessamento e, in una fase successiva, si può procedere ad effettuare il primo strato di pasta di gesso e acqua (spesso applicata su porzioni di volta di facile gestione da parte della maestranze impegnate, in modo tale da consentire velocemente la posa dello strato consecutivo, definite foglio, quando ancora la pasta di gesso risulta fresca e allo stato plastico), anche di spessore millimetrico, avendo cura che questo riempia i giunti fra mattoni contigui. I diversi strati di mattoni giustapposti non devono avere giunti coincidenti e



Figures 12, 13. Construction of stony vaults on the realized wooden supporting structure.



Figures 14, 15, 16. Construction of perimeter arches, using solid bricks and supporting the timber vaults.



Figures 17, 18, 19. First "sheet" of thin dry bricks and second sheet of bricks overposed on the still fresh layer of gypsum paste.



Figures 20, 21. Cutting and shaping of dry bricks in the construction site of Palazzo Bonocore.

2.2. KNOWLEDGE AND INTERVENTION IN STEREOTOMY UNIVERSITY LABORATORIES. “KNOWING HOW TO DO” FOR THE ACQUISITION OF A TECHNICAL EXPERIENCE

It has been a few years since the Italian degree courses of the LM4 class are pervaded by a yearning of renewal, inspired by the idea that “knowing” means above all “knowing how to do”, involving students, architects and architectural engineers in the context of professional experiences, exactly starting from university studies. The students, getting their hands dirty and fatigued, reach the heart of working and professional world that will compete them, also discovering the potential of artisan technique, through collaboration with local authorities and building companies and with the support of the municipal administration, in a constant exchange of ideas with other european professors and universities.

The creation of a “*Stereotomy Laboratory*”, which sees the interchange between the disciplinary Italian sectors of ICAR/10, ICAR/17 and ICAR/18, has made possible to carry out studies applied to the cutting of stone, constituting itself not only a mere and academic application, but also a concrete way of managing the building design of a philological reconstruction in the context of recovery and/or restoration, directly controllable and verifiable on site, becoming a clear application of team work, aimed to simulating shipbuilding operations - from preliminary knowledge phases to the constructive material choices, to the executive phases - which, even transversally, could mark the realization steps of a stony vaulted structure.

Launched in 2016 for the first time in Palermo (scientific leaders prof. Emanuela Garofalo, prof. José Carlos Palacios Gonzalo, prof. Tiziana Campisi; thanks to arch. Federico Giammusso), with an economic contribution for the start-up and development of international collaborations in the ambit of Co.R.I. Program, year 2014 - Action D (funding responsible, prof. E. Garofalo), the *Stereotomy Laboratory* has been provided the opportunity to invite prof. J. C. Palacios Gonzalo of the Universidad Politecnica de Madrid, which for many years has established the “*taller de construcción gótica*” at his Spanish university. The student have been reproduced in scale the rib stony vault with five vault-keys of the church of *S. Maria della Catena* in Palermo.

The initiative in that year was also a part of the activities of *COSMED Project*, titled “*From stereotomy to antiseismic criteria: crossroads of experimental design. Sicily and Mediterranean (XII-XVIII centuries)*”, principal investigator prof. Marco Rosario Nobile, funded by the ERC under the Advanced Investigator Grant 2011 actions.

i mattoni vengono disposti anche in direzione diversa rispetto allo strato sottostante, ponendo molta attenzione nell'ammorsare bene la struttura voltata alle murature d'ambito, previa realizzazione di tracce nella muratura.
[4] [5] [6]

2.2. CONOSCENZA E COSTRUZIONE NEI LABORATORI DI STEREOTOMIA. “SAPER FARE” PER L’ACQUISIZIONE DI ESPERIENZA

È ormai da qualche anno che i Corsi di laurea italiani della classe LM4 sono pervasi da un anelito di rinnovamento, ispirati all'idea che “sapere” significa soprattutto “saper fare”, coinvolgendo gli allievi architetti e ingegneri edili-architetti nell'ambito di esperienze professionalizzanti sin dagli studi universitari; sporcandosi le mani e con fatica, questi ultimi entrano nel vivo del mondo del lavoro che gli competerà, scoprono le potenzialità della tecnica artigianale, anche attraverso la collaborazione con Enti ed Imprese edili locali e con il sostegno della Amministrazione comunale, in un rapporto costante e attraverso lo scambio di idee con altri docenti e Atenei d'oltralpe.

L'istituzione di un “Laboratorio di stereotomia”, che vede l'inter scambio fra i settori ICAR/10, ICAR/17 e ICAR/18, ha consentito di effettuare studi applicati al taglio della pietra, costituendo esso stesso non solo una mera applicazione accademica, ma soprattutto un modo concreto di gestione del progetto di ricostruzione filologica nell'ambito dell'intervento di recupero e/o restauro, direttamente controllabile e verificabile sul campo, chiara applicazione del lavoro di squadra volto a simulare le operazioni cantieristiche – dalle fasi di conoscenza preliminari alle scelte materico costruttive, alle fasi esecutive – che, anche trasversalmente, scandiscono le fasi realizzative di una struttura voltata lapidea.

Avviato nel 2016 per la prima volta a Palermo (responsabili scientifici proff. Emanuela Garofalo, José Carlos Palacios Gonzalo e Tiziana Campisi), con un contributo per l'avvio e lo sviluppo di collaborazioni internazionali nell'ambito del Bando Co.R.I. 2014-Azione D (responsabile del finanziamento prof. E. Garofalo), il Laboratorio di stereotomia ha fornito l'opportunità di invitare presso il Dipartimento di Architettura (D'ARCH) il prof. J. C. Palacios Gonzalo dell'Universidad Politecnica de Madrid, che da molti anni ha istituito presso l'ateneo spagnolo il “Taller de construcción gótica”. Si è riprodotta in scala la volta lapidea a crociera a cinque chiavi costolonata della chiesa di S. Maria della Catena a Palermo.

L'iniziativa si è inserita tra le attività del progetto COSMED, From stereotomy to antiseismic criteria: crossroads of experimental design. Sicily and Mediterranean (XII-XVIII century), principal investigator prof. M.R. Nobile, finanziato dall'ERC tra le azioni Advanced Investigator Grant 2011. L'esperienza, in virtù del successo ottenuto, si è ripetuta anche nell'anno 2018, con la realizzazione in scala di una volta lapidea a padiglione della chiesa di S. Pietro a

The successful experience was repeated also in the year 2018, with the realization (also conveniently at scale) of a pavilion stony vault of the *S. Pietro* church in Modica (funding responsible of Co.R.I. Program prof. F. Agnello and also scientific responsible with prof. E. Garofalo, prof. J.C. Palacios Gonzalo and prof. T. Campisi). [7] (Figures 22, 23)



Figures 22,23. Carving phases related to rough-hewn cutting of ribs ashlars and completion operation of a cutting stone of the vault (Facebook page: Laboratorio di stereotomia- d'Arch UniPa, ©labstereounipa).

3. WHAT RESULTS?

(Re)constructing the space in the actuality, simulating now the Gothic building site, the Renaissance one or other ones, align this didactic experience with the technical-cultural debate that has always found confirmation and this process - even more today – could find success and confirmation in the many congresses of construction history; starting from the ways of construction, architecture is understood and themes of applied research are explored: building a stony vault appears, in this way, an extraordinary experience, because the student applies what he/she studies and knows in a pragmatic way, declining the building-construction phases in the contents of drawing, of history of architecture and technology, of statics and construction science, without an interruption between theory and practice. [8] [9]

Through the *in situ* reading of studied or realized architectures, the history of the building does not remain a dead language but becomes a contemporary one, the only useful to suggest the guidelines that then direct a philological reconstruction, necessary to dictate the step of procedures to follow in the knowledge of used stone material, the right cutting of stone, the correct ways of realizing the masonry, any safeguards to introduce for technological-structural improvement, as well as for mitigating the seismic vulnerability.

The study of stereotomic genesis and its subsequent executive phase - often linked to the craftsmanship of entire categories of specialized workers - can

Modica (responsabili scientifici proff. E. Garofalo, F. Agnello, J.C. Palacios Gonzalo e T. Campisi). [7] (Figure 22, 23)

3. QUALI RISULTATI?

(Ri)costruendo lo spazio nella attualità, si simula ora il cantiere gotico, ora quello rinascimentale o

altri, allineando questa esperienza didattica al dibattito tecnico-culturale che ha trovato da sempre riscontro e, ancor più oggi, successo e conferme nei tanti congressi di storia della costruzione; proprio a partire dai modi della costruzione si comprende l'architettura, si approfondiscono temi di ricerca applicata: costruire una volta lapidea appare, così, una straordinaria esperienza, poiché lo studente applica ciò che studia e conosce in maniera pragmatica, declinandola nei contenuti del disegno, della storia dell'architettura e della tecnologia, della statica e scienza delle costruzioni, senza soluzioni di continuità tra teoria e pratica. [8] [9]

Attraverso la lettura in situ degli edifici che si studiano o su cui si interviene, la storia evolutivo-tecnologica non rimane una lingua morta ma contemporanea, la sola utile a suggerire le linee guida che indirizzano poi la ricostruzione filologica, a dettare il passo delle procedure da seguire nella conoscenza del materiale lapideo da utilizzare, il taglio della pietra, i modi di realizzare l'apparecchio, eventuali presidi da introdurre per il miglioramento tecnologico-strutturale, oltre che per l'attenuazione della vulnerabilità sismica.

Lo studio della genesi stereotomica e della successiva fase esecutiva – spesso legata alla perizia artigianale di intere categorie di maestranze specializzate – può risultare una chiave di analisi applicata non solo cantieristica o meramente didattica nelle scuole di Ingegneria ed Architettura, ma anche nelle Scuole edili e nella formazione di personale tecnico di cantiere specializzato. L'interesse, l'entusiasmo e l'abnegazione degli studenti che

be applied not only to shipbuilding, or merely educational application in engineering and architecture schools, but also in construction schools and in the training of specialized and technical personnel, directly operating in building yards.

The interest, enthusiasm and self-sacrifice of students who have participated in this experience, really clears the field from possible doubts about the validity of method, but not only: it calls to the conscience the indispensable collaboration, above all inside the fertile activity of the so-called university «*Third Mission*» between the academic world and the broad panorama of companies and associations - operating in the field of building construction, especially in the area of recovery and/or restoration - which constantly advocate a critical renewal of professional qualifications of designers or site technical directors, for a contemporary revisitation of construction tradition, actual or “actualizable” because it lives, wisely and conscientiously reinterpreted or re-interpretable in the optic of shared experiences, both of knowledge and continuous training. (Figures 24, 25)

The virtuous circle of processes and interventions draws the vital sap - also in this case - from the synergistic capacity to collaborate with the municipal administration and the protection bodies or superintendence, creating an industrious supply connection, able to establish a fervent exchange of protocols and guidelines, capable of interacting with the issues of static safety but also of conservation, especially in the field of architecture, presenting a strong monumental value.

Only then it does not possible to distinguish between those who learn and those who teach, those who know and those who reveal knowledge, since we firmly believe that - in the continuous process of formation and planning - rubble, architectures and perhaps technical identities are added and removed, during time demolishing and rebuilding again and again.

hanno partecipato a questa esperienza sgombra davvero il campo da eventuali dubbi sulla validità del metodo, ma non solo: richiama alla coscienza la indispensabile collaborazione nell'ambito della fertile attività di “Terza Missione” fra mondo universitario e l'ampio panorama di Imprese e Associazioni operanti nel campo della costruzione edilizia, soprattutto nell'indotto del recupero e/o restauro, che costantemente auspicano un rinnovamento critico delle qualifiche professionali dei progettisti, dei Direttori tecnici di cantiere, ai fini di una rivisitazione contemporanea della tradizione costruttiva, attuale o “attualizzabile” perché viva, sapientemente e coscientiosamente reinterpretabile alla luce di esperienze condivise sia di conoscenza che di formazione continua. (Figure 24, 25) Il circuito virtuoso di processi e di interventi trae linfa vitale - anche in questo caso - dalla capacità sinergica di collaborare con l'Amministrazione comunale e gli Enti di tutela, creando una filiera operosa e capace di instaurare un fervido scambio di protocolli e linee guida, capaci di interagire con le tematiche della sicurezza statica ma anche della conservazione, soprattutto nel campo dell'architettura a forte valenza monumentale. Solo allora non si distingue chi impara e chi insegna, chi conosce e chi disvela conoscenza, poiché si è fermamente convinti che - nel continuo processo di formazione e di progettualità - si aggiunge e si sottrae, demolendo e ricostruendo, macerie, architetture ma forse anche identità tecniche.

4. CONCLUSIONI

Nel panorama identitario dell'architettura italiana, l'attenzione verso il costruito prende sempre più piede, assumendo connotati di importanza sempre crescenti. L'attività edilizia ad esso correlata appare un indotto economico e una possibilità di lavoro indiscussa, laddove poco di ex novo si realizza e molto si deve invece recuperare e restaurare. Il cantiere di restauro dell'ex convento di S. Anna la Misericordia a Palermo, oggi prestigiosa sede della GAM, meta di tanti turisti che frequentano ogni periodo dell'anno Palermo, risulta



Figures 24, 25. Control of compliance of carved stone, respecting a “modano” model and realization of wooden centering, positioning the dry-carved ashlar to verify the exact matching of surfaces. (©labstereounipa).



Figures 26, 27. A stonemason shaping the arches ashlar or that supporting the vaults at S. Anna la Misericordia convent.

4. CONCLUSIONS

In the identity scene of Italian architecture, the attention towards the historic heritage grows more and more, increasingly acquiring some important connotations. The construction activity related to it appears an economic spin-off and also a real possibility of undisputed work opportunity, where little of ex novo architecture is realized and much building heritage must instead be recovered or restored.

The restoration site of the ex convent of *S. Anna la Misericordia* in Palermo, today the prestigious headquarters of the GAM, destination of many tourists who attend Palermo all period of the year, is one of the many virtuous exempla that - really - show us how much the challenge of the building tradition is current, even if the re-enactment of ancient magisteriums and construction processes at university teaching laboratories. [10]

We believe that these design choices are not anachronistic, but rather actual precisely by virtue of the possibility of looking at the past as a winning possibility for the future, albeit pursuing the necessary regulatory verifications and the absolute necessity of static security.

uno dei tanti virtuosi exempla che - davvero - dimostrano quanto la sfida della tradizione costruttiva sia attuale, ancorché la riproposizione di antichi magisteri e processi costruttivi nei laboratori didattici universitari. [10] Riteniamo che tali scelte progettuali non siano anacronistiche, anzi attuali proprio in virtù della possibilità di guardare al passato come possibilità vincente per il futuro, seppur perseguendo le necessarie verifiche normative e l'opportunità inderogabile di sicurezza statica.



Figure 28. The structural rib system of the S. Maria della Catena church's vault, following dismantle phase. (©labstereounipa).

5. REFERENCES

- [1] G. Di Benedetto, La città che cambia. Restauro e riuso nel Centro Storico di Palermo, (a cura di Assessorato al Centro storico), Palermo: Città di Palermo, Assessorato al Centro Storico, 2000.
- [2] Artt. 124, 125, 126 e 127 della L.R. 1 settembre 1993, n. 25. “Interventi straordinari per l’occupazione produttiva in Sicilia”.
- [3] Campisi T., Li Castri M., Da “domus magna” a convento: il complesso di Sant’Anna la Misericordia a Palermo. Storia, architettura, restauro. In <<Manierismo siciliano. Antonino Ferraro da Giuliana e l’età di Filippo II di Spagna>> (pp.129-144). Palermo: Ila Palma, 2010.
- [4] Fatta G., Campisi T., Li Castri M., Vinci C., Le volte sottili in mattoni in foglio in area siciliana, in <<Costruire “in pietra” tra tradizione e innovazione>>, (a cura di Calvanese V.), Napoli: Luciano editore, 2007.
- [5] Fatta G., Campisi T., Vinci C., “Timbrel vaults in Sicily: analysis of a little-known construction technique”, in <<International Journal of the Construction History Society>>, vol. 31, n.2, Cambridge: The Construction History Society, 2016.
- [6] Gulli R., Mochi G., Bóvedas tabicadas, architettura e costruzione, Roma: CDP editrice, 1995.
- [7] Garofalo E., Palacios Gonzalo J.C., Campisi T., (a cura di), Costruire in pietra. Pratica e Storia, Palermo: Caracol, 2016.
- [8] Palacios Gonzalo J.C., Taller de construcción gótica. Workshop on building gothic methods, Madrid: Ediciones Munilla-Lería, 2015.
- [9] Rutelli N., Sull’arte del taglio delle pietre in Sicilia, Palermo, 1897.
- [10] Cardamone G., Palazzo Bonet a Palermo oggi Civica Galleria d’Arte Moderna Empedocle Restivo, Palermo: Caracol, 2018.