
Segni, Immagini e Storia dei centri costieri euro-mediterranei

Varianti strategiche e paesistiche

a cura di
Alfredo Buccaro, Ciro Robotti



Federico II University Press



fedOA Press

**Segni, Immagini e Storia
dei centri costieri euro-mediterranei**
Varianti strategiche e paesistiche

a cura di
Alfredo Buccaro, Ciro Robotti

Federico II University Press



fedOA Press

Federico II University Press



e-book edito da
Federico II University Press
con
CIRICE - Centro Interdipartimentale di Ricerca sull'Iconografia della Città Europea

Collana

Storia e iconografia dell'architettura, delle città e dei siti europei, 4

Direzione

Alfredo BUCCARO

Co-direzione

Francesca CAPANO, Maria Ines PASCARIELLO

Comitato scientifico internazionale

Aldo AVETA

Gemma BELLI

Annunziata BERRINO

Gilles BERTRAND

Alfredo BUCCARO

Francesca CAPANO

Alessandro CASTAGNARO

Salvatore DI LIELLO

Antonella DI LUGGO

Leonardo DI MAURO

Michael JAKOB

Paolo MACRY

Andrea MAGLIO

Fabio MANGONE

Brigitte MARIN

Bianca Gioia MARINO

Juan Manuel MONTEROSO MONTERO

Roberto PARISI

Maria Ines PASCARIELLO

Valentina RUSSO

Carlo TOSCO

Carlo Maria TRAVAGLINI

Massimo VIGONE

Ornella ZERLENGA

Guido ZUCCONI

Segni, Immagini e Storia dei centri costieri euro-mediterranei

Varianti strategiche e paesistiche

a cura di Alfredo BUCCARO e *Ciro* ROBOTTI

© 2019 FedOA - Federico II University Press

ISBN 978-88-99930-04-2

Contributi e saggi pubblicati in questo volume sono stati valutati preventivamente secondo il criterio internazionale della Double-blind Peer Review. I diritti di traduzione, riproduzione e adattamento totale o parziale e con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi. L'editore è a disposizione degli aventi diritto per eventuali riproduzioni tratte da fonti non identificate.

Studio Minerolo-Petrografico delle malte di allettamento come strumento per stabilire le fasi costruttive della cattedrale di Šibenik (Sebenico)

Mineral-Petrographic study of bedding mortars as a tool for establishing the construction phases of the Šibenik cathedral

MARINA ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, STEFANO CANCELLIERE

Università di Zagreb, Università Iuav di Venezia

Abstract

La cattedrale di San Giacomo a Sebenico è il più importante monumento architettonico della Croazia del primo Rinascimento. È stato inserito nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO nel 2000, a causa delle sue "caratteristiche strutturali che lo rendono un edificio unico ed eccezionale" secondo il Comitato del Patrimonio Mondiale dell'Unesco, è il risultato fruttuoso di notevoli scambi di influenze tra le tre diverse culture tra regioni del Nord Italia, la Dalmazia e la Toscana nei secoli XV e XVI. Questi scambi hanno creato le condizioni per soluzioni uniche ed eccezionali per i problemi tecnici e strutturali della costruzione della volta e la cupola della cattedrale.

In questo lavoro di ricerca si sono analizzate le malte di allettamento utilizzate nelle fasi costruttive legate alle varie fasi costruttive variate negli anni. La tipologia dei tre tipi di malte individuate, diverse tra loro, danno uno spazio interpretativo legato ai diversi protomagister che hanno eseguito i lavori. Ognuno di essi sulla base delle proprie conoscenze ha utilizzato malte con tecnologia e composizione diverse.

The Cathedral of St. James in Šibenik is the most important architectural monument in Croatia of the early Renaissance. It was included in the UNESCO World Heritage List in 2000, because of its "structural features that make it a unique and exceptional building" according to the UNESCO World Heritage Committee, it is the fruitful result of significant exchanges of influences between the three different cultures between regions of Northern Italy, Dalmatia and Tuscany in the 15th and 16th centuries. These exchanges created the conditions for unique and exceptional solutions for the technical and structural problems of the construction of the vault and the dome of the cathedral.

In this research work we analyzed the mortars used during the construction phases linked to the various construction phases changed over the years. The typology of the three types of mortars identified, different from each other, give an interpretative space linked to the different Protomagisters who performed the works. Each of them based on their knowledge has used mortars with different technology and composition.

Keywords

Protomagister, Malte, Tecnologia.

Protomagister, Mortar, Technology.

1. La cattedrale di Sebenico

La cattedrale di San Giacomo a Sebenico è il più importante monumento architettonico della Croazia del primo Rinascimento. È stato inserito nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO nel 2000, con riferimento alle sue "caratteristiche strutturali che lo rendono un

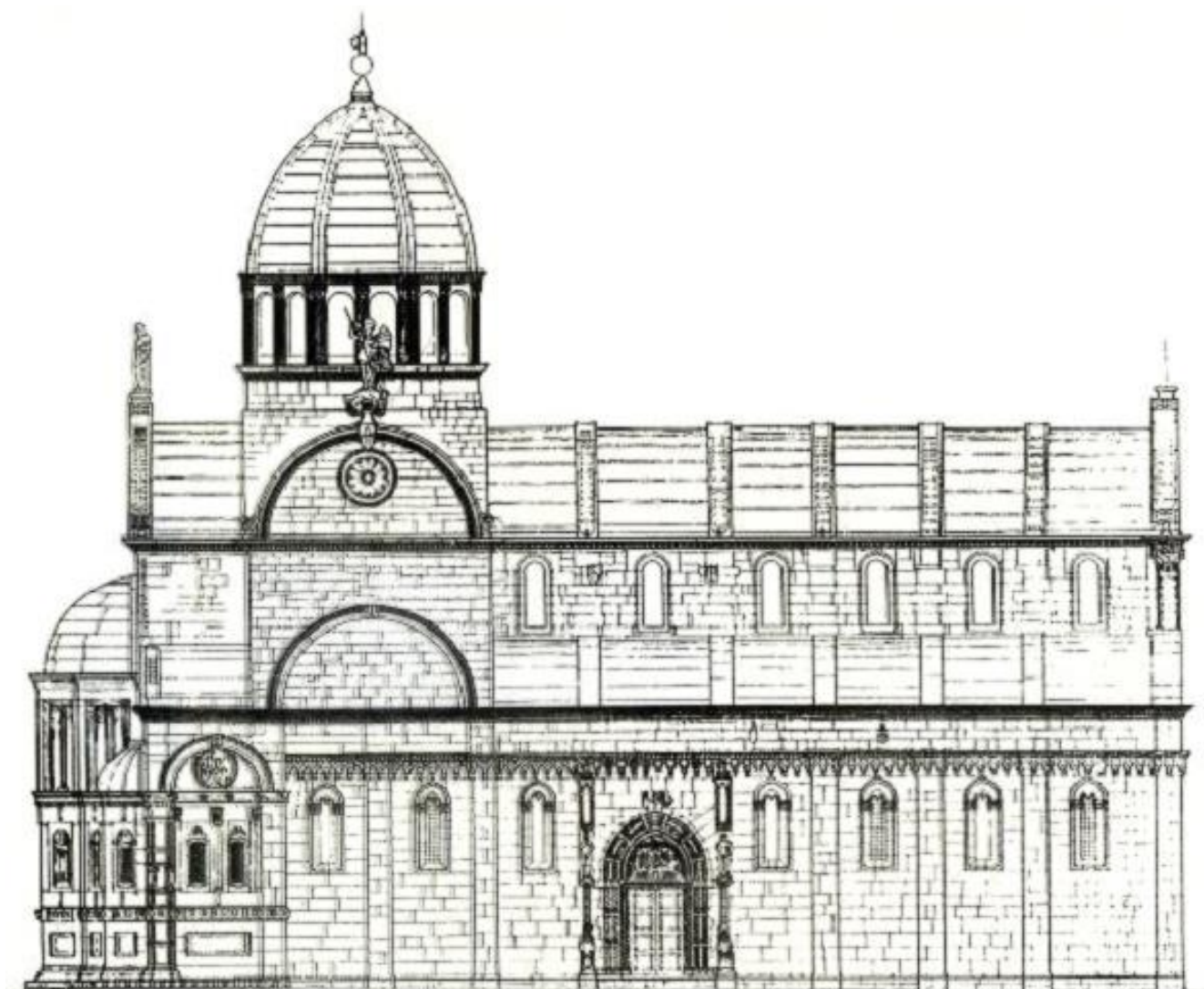
MARINA ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, STEFANO CANCELLIERE

edificio unico ed eccezionale”. Sono le volte della cattedrale che la rendono importante nella storia dell’architettura; costruite con un metodo originale e audace, le volte di pietra sottili costituiscono anche la copertura dell’edificio, cosicché la facciata trilobata occidentale riflette la forma delle volte.



1. Šibenik (Sebenico), cattedrale di San Giacomo, la più importante opera architettonica del Quattrocento in Croazia, (M. Šimunić Buršić).

Le innovazioni costruttive, strutturali e architettoniche-formali sono, secondo il Comitato del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO, il risultato fruttuoso di notevoli scambi di influenze tra le diverse culture di regioni del mediterraneo quali: Lombardia, Veneto, Dalmazia e Toscana nei secoli XV e XVI. Questi scambi hanno creato le condizioni per soluzioni uniche ed eccezionali per i risvolti tecnici e strutturali della costruzione delle volte e la cupola della cattedrale.



2. Rilievo fotogrammetrico della facciata settentrionale. Il muro della navata laterale settentrionale fu costruito nella prima fase. La parte orientale (le absidi) furono completate nella seconda fase della costruzione, sotto il protomagister Giorgio il Dalmata.

2. Costruzione

La costruzione della cattedrale di San Giacomo a Sebenico fu iniziata nel 1431; la maggior parte dell'edificio fu eseguita nel Quattrocento. Solo per problemi finanziari la costruzione non fu completata per la fine del secolo. Dopo alcune sospensioni dei lavori, l'ultima campata della volta della navata centrale fu costruita solo nel 1536.

Il concetto della cattedrale, costruita tutta con pietra calcarea locale soprattutto proveniente dalla non lontana isola di Brač (Brazza), detta per il suo bel colore chiaro "il marmo di Brazza", come pure le soluzioni originali della sua struttura, furono sviluppati dai più importanti maestri e artisti che furono attivi in Dalmazia nel Quattrocento.

Da un documento datato circa 1430, risulta che il primo progetto della chiesa sia dovuto al *primus magister ecclesie nove sancti Jacobi* detto Bonino da Milano [Stošić, Krsto 1950] (nativo della Lombardia), però, egli muore prima dell'effettivo inizio della costruzione [Kolendić 1924].



3. Iscrizione posta da Giorgio il Dalmata (M. Šimunić Buršić).

Secondo l'analisi stilistica, basata sulla comparazione con le sculture sicure di Bonino eseguite a Spalato (Split) e altre città dalmate, gli storici dell'arte hanno concluso che Bonino abbia scolpito alcune sculture che furono incorporate nel cosiddetto portale dei leoni nella facciata nord della Cattedrale [Meyer 1894].

Nella prima fase della costruzione fu nominato un certo *Franciscus quondam Jacobi de Venetiis* (Francesco Di Giacomo da Venezia) come *protomagister*; egli, però, è menzionato nei documenti dell'Archivio vescovile di Sebenico solo nel primo anno della costruzione [Kolendić 1924]. Nel decennio seguente, non appare più il suo nome, perciò sembra che la costruzione della Cattedrale fu guidata dai due maestri minori: Lorenzo Pincino e Antonio Busato, nativi di Venezia.

Questi sono spesso menzionati nei documenti sebenzani, ma mai come *protomagistri*, forse proprio perché i due maestri non erano ritenuti molto competenti. Nel 1441 furono messi in luce dei gravi errori costruttivi (*errores*): «Cum in fabricatione Ecclesiae Cathedralis Sancti Jacobi de Sibenico commissi fuerunt multi errores et defectus [...] et factae fuerunt magnae expensae pro ornamento et decore ipsius Ecclesiae, quae expensae quasi abjectae fuerunt, quoniam aedificia et partimenta ipsius Ecclesiae non fuerunt dibitis modis composita et fabricata» [Fosco 1891].

A fronte di questi *errores*, che hanno persino minacciato la continuazione della costruzione - nel 1441 la costruzione fu sospesa [Fosco 1891] -, i Sebenzani hanno invitato da Venezia il maestro *Georgius Mathei* di Zara (Giorgio Di Mateo) che viene nominato *protomagister* della Cattedrale. Tale architetto sicuramente era già rinomato a Venezia, noto come Giorgio il Dalmata - appellativo che ovviamente non ha acquisito in Dalmazia. Inoltre, risulta dai documenti di archivio che i Sebenzani gli hanno dato un'ottima paga e ulteriori privilegi [Frey 1913].

La costruzione fu ricominciata nel 1443, come testimonia l'iscrizione sul muro settentrionale: sotto l'iscrizione "ufficiale", portata dai due putti, il Dalmata ha iscritto: *Hoc opus cuvarum fecit Georgius Mathei Dalmaticus*.

Il nuovo *protomagister* cambiò il concetto spaziale e tipologico dell'edificio, allungandolo e inserendo il transetto, ma la sua più importante innovazione fu nel metodo di costruzione. Egli eresse i paramenti murari della parte orientale della cattedrale (cioè il presbiterio e le absidi) incastrando i pannelli litici di gran formato nelle "cornici" costituite da lunghi elementi monolitici. Questa tecnica è completamente diversa dal precedente modo di costruzione fatto con blocchi squadrati di pietra, con cui furono eseguiti i muri della prima fase della Cattedrale. Infatti, i muri costruiti prima della venuta di Giorgio il Dalmata, furono eseguiti in muratura tradizionale cioè mettendo insieme piccoli elementi (mattoni o blocchi di pietra) e collegandoli con malta, mentre la tecnica costruttiva introdotta da Giorgio è una tecnica di montaggio di grandi elementi litici, completamente innovativa, che si differenzia sostanzialmente dal solito metodo di costruire.

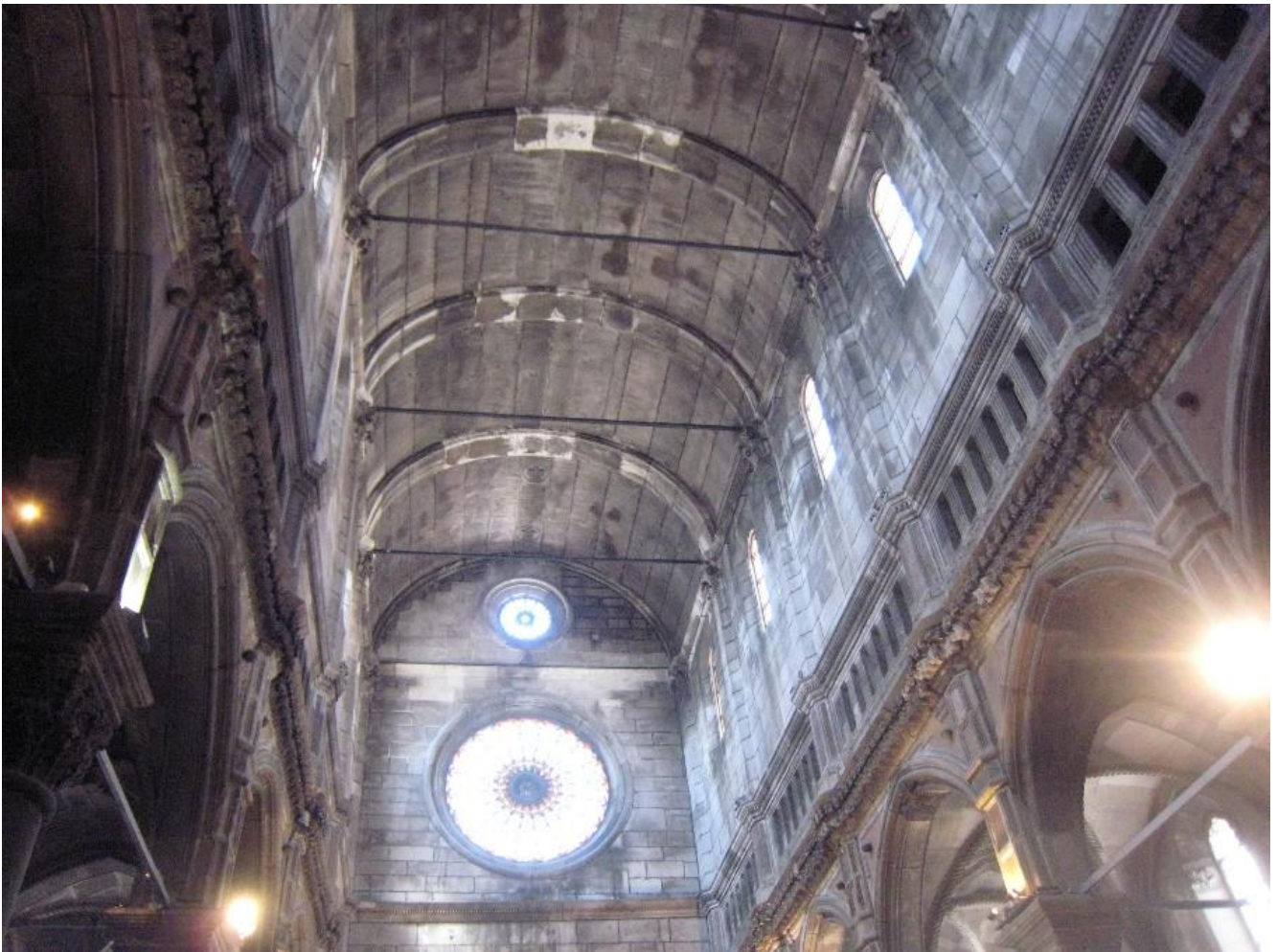
Dopo la morte di Giorgio (nel 1473), l'incarico di *protomagister* fu assegnato a *Nicolaus Joannis florentinus* (nel 1477). Dai documenti della fabbrica della Cattedrale risulta chiaro che Niccolò il Fiorentino ha costruito la maggioranza delle volte a botte e semi-botte del transetto e delle navate. Niccolò Il Fiorentino guidò la fabbrica fino alla sua morte nel 1505 [Frey 1913].

I successivi *protomagistri* della Cattedrale, *Bartolomeus Jacobi* da Mestre e, dopo la sua morte, il figlio *Jacobus Bartolomei*, hanno completato le volte della navata e la parte superiore della facciata occidentale [Frey 1913]. Nel 1536 la chiesa è completata [Fosco 1891].

Come le pareti delle absidi anche le volte sono costruite a montaggio con grandi lastre di pietra, lunghe circa 4 mt, incastrate negli snelli archi trasversali. Il metodo unico della costruzione delle volte risulta nel comportamento meccanico specifico: il carico delle lastre delle volte è trasferito agli archi e, quindi, concentrato nei punti discreti, negli appoggi degli archi. Qui la spinta orizzontale va efficacemente controbilanciata dai tiranti.

La struttura originale delle volte risulta molto elegante (le lastre sottili hanno spessori variabili tra 15 a 25 cm). Le volte di pietra creano anche la copertura dell'edificio; in questo modo, lo spazio interno è identico alla forma esterna, quindi la facciata trilobata occidentale riflette la forma delle volte. L'audace innovazione, ammirata già dai trattati rinascimentali, quali e.g. Fausto Veranzio (Faust Vrančić, che ha inserito la cattedrale di Sebenico nel libro delle sue invenzioni *Machinae novae* del 1615) è riconosciuta oggi dagli esperti dell'UNESCO, che nell'anno 2000 hanno iscritto la cattedrale di Sebenico nel *World Heritage List*.

Le indagini di tanti studiosi, sin dai tempi degli storici-amatori (e.g. il vescovo sebenzano Antonio Giuseppe Fosco nel 19 sec.), hanno chiarito molti fatti sulla modalità di costruzione della Cattedrale; rimangono però ancora alcuni enigmi. Si tratta soprattutto della datazione di alcune parti/elementi della Cattedrale su cui non si sono preservati documenti. In questi casi gli strumenti delle scienze umanistiche non sono sufficienti, per questo abbiamo intrapreso delle ricerche interdisciplinari. Ai metodi della storia dell'arte e alle considerazioni sulla logica di costruzione, abbiamo aggiunto le indagini petrografiche.



4. La volta della navata principale (foto conc. L.M.F. Fabris).

L'enigma più interessante per la storia dell'architettura è l'attribuzione del sistema costruttivo delle volte. La maggior parte degli storici dell'arte croati sono inclini all'ipotesi che Niccolò Fiorentino abbia ideato la soluzione delle volte.

Però, il metodo di costruire delle volte, l'innovativo principio di montaggio dei grandi elementi litici, viene prima sviluppato da Giorgio il Dalmata per i paramenti murari delle absidi. Si può ipotizzare che Giorgio il Dalmata, grande innovatore, abbia ideato anche il sistema delle volte a botte della Cattedrale. Siccome nell'Archivio vescovile non esistono dati che potrebbero confermare l'una o l'altra teoria, in questo lavoro si è pensato di avviare un'indagine mineropetrografica preliminare, delle malte di allettamento utilizzate nei giunti delle lastre in pietra calcarea in diversi punti della cattedrale. Per la costruzione della cattedrale si è usata la pietra calcarea dell'isola di Brazza, di alta qualità (elevata resistenza alla compressione tensile, con porosità molto bassa [Šimunić Buršić, Cancelliere, Fistrić 2004]. Per la sua qualità e il suo bel colore chiaro, quasi bianco, talvolta è stata chiamata marmo.

Se i *protomagistri* succedutosi nel tempo hanno utilizzato tecniche diverse di preparazione delle malte, si potrà stabilire l'autore delle diverse parti dell'edificio. Essendo lo scopo della futura analisi quella di stabilire l'autorialità del sistema costruttivo delle volte, sono stati analizzati campioni da tre punti caratteristici.

Campione 1- preso dalla cornice bassa dell'abside centrale, per cui si sa con certezza che fu costruito da Giorgio Dalmata.

Campione 2 - preso dal muro sopra l'arco trionfale (l'arco orientale dell'incrocio). I quattro archi dell'incrocio sono stati eseguiti dal protomaestro Niccolò Fiorentino prima del 1491 e i muri soprastanti sicuramente prima del 1499, data in cui fu finita la cupola [Frey, 1913].

Campione 3 – preso dalla parte superiore della volta a botte della navata laterale a sud del presbiterio, nel giunto con il muro soprastante. Sul tempo di costruzione di questa volta e di conseguenza sulla sua paternità mancando dati, varie ipotesi attribuiscono le volte a botte delle navate laterali del presbiterio sia a Giorgio il Dalmata sia a Niccolò Fiorentino.

3. Analisi minero-petrografiche delle malte originali

I campioni di materiale litoide sono stati studiati con metodologie d'indagine minero-petrografiche e chimiche secondo le raccomandazioni NORMAL (quando esistenti) che hanno compreso le seguenti tecniche:

Stereografia sui campioni tal quali utile per individuare gli orientamenti stratigrafici preventivi all'inglobamento in resina poliesteri degli stessi.

Microscopia ottica su sezioni lucide e/o sottili in luce riflessa e in luce polarizzata trasmessa (su sezioni sottili) per la determinazione dei componenti mineralogici fondamentali, accessori e per una stima semi-quantitativa della porosità.

Diffrazione dei raggi X (Radiazione $\text{CuK}\alpha/\text{Ni}$ a 40 Kv e 40 mA) su polveri dei campioni tal quali.

4. Risultati delle analisi

Immagini delle campionature eseguite.

Campione 1

Posizione: cornice bassa dell'abside centrale, all'angolo con il muro dell'abside sinistra, alla profondità di 10 cm (vedi foto).

Del campione è stata allestita una sezione sottile che studiata al microscopio minero-petrografico in luce polarizzata ha mostrato di essere costituita da un legante a cemento carbonatico con aspetto micritico colloforme con evidente porosità medio alta (tra 25-30%), aperta, dovuta a bollosità e ritiro. L'aggregato, abbondante a granulometria arenacea presenta una classazione elevata con una distribuzione omogenea, addensamento >30% non presenta orientamento, è costituito da:

- Clasti carbonatici (+++), bioclastici, sub-arrotondati, sfericità media;
- Clasti dolomitici (++) sub-arrotondati sfericità media;
- Quarzo (+), angoloso con sfericità medio-bassa, sub-arrotondato sfericità media, quarzo policristallino in singoli individui.

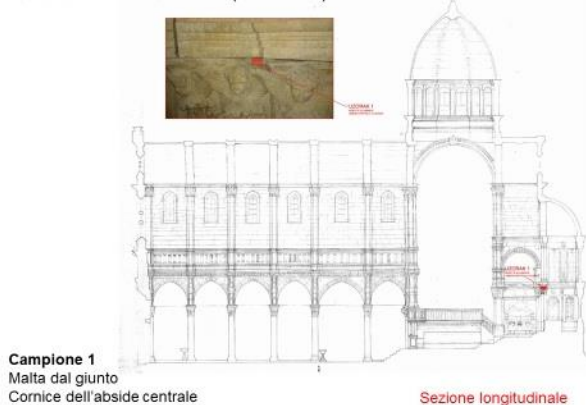
Campione 2

Posizione: preso dal muro immediatamente sopra l'arco trionfale, lato orientale dell'incrocio.

La sezione sottile allestita, studiata al microscopio minero-petrografico mostra una malta a cemento carbonatico con struttura e tessitura omogenee, aspetto micritico, porosità bassa ($\pm 20\%$) dovuta a bollosità e ritiro, mentre i clasti sono costituiti da frammenti di rocce carbonatiche, riferibili a calcari dolomitici grano-sostenuti (grainstone), sia a calcari micritici fango-sostenuti (mudstone), talora con rari fossili bivalvi e foraminiferi. Sono presenti clasti di quarzo cristallino angolosi e chert e singoli individui di plagioclasio.

MARINA ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, STEFANO CANCELLIERE

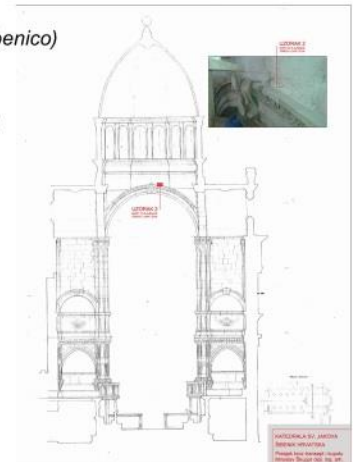
Cattedrale di Šibenik (Sebenico)



Cattedrale di Šibenik (Sebenico)

Campione 2
Malta dal giunto
arco trionfale – muro sopra di esso

Sezione attraverso il transetto
verso est



Cattedrale di Šibenik (Sebenico)



Campione 3
Malta dal giunto tra le lastre della volta a botte della navata laterale del presbiterio

Campione 3

Posizione: dalla parte superiore della volta a botte della navata destra del presbiterio, giunzione con il muro soprastante.

Anche questo campione è stato studiato mediante tecniche minero-petrografiche. La sezione sottile allestita mostra una malta a cocchiopesto costituita da un cemento Cocciopesto con matrice di tipo illitico ed aspetto microscopico a polarizzazione di aggregato, talora semisotropo, la massa carbonatica del legante (calce) presenta alcuni calcinelli, in essa sono inoltre presenti piccole particelle di ossidi di ferro di tipo ematitico, porosità medio bassa (< 20%). Lo scheletro sabbioso risulta mediamente abbondante ed è costituito da (fig. 1 e 2):

- quarzo angoloso, sub-angoloso sia mono- che poli- e micro-cristallino (chert) (+);
- plagioclasio angoloso (\pm);
- feldspato angoloso (\pm);
- muscovite sub-arrotondata (\pm).
- abbondanti frammenti di rocce calcaree bioclastiche con presenza di foraminiferi, calpionelle, frammenti di bivalvi.

Successivamente una ulteriore parte dei campioni sono state analizzate mediante diffrazione dei RX con diffrattometro Empryean della Panalitical (radiazione Cu K α /Ni a 40 Kv e 40 mA). I risultati ottenuti sono mostrati nella tabella:

Campione	Calcite	Dolomite	Quarzo	Plagioclasì	Min. argillosi
Sibenic1	+++	++	+	—	—
Sibenic2	+++	+	+	—	—
Sibenic 3	++	—	++	±	±

Dalla tabella risulta evidente la diversa composizione dei tre campioni in studio, i primi due simili per composizione, ma diversi per quantità dei componenti dell'impasto. Completamente diverso il campione 3 essendo una malta a cocchiopesto.

Conclusioni

Il campione 1 è stato preso dalla cornice bassa dell'abside centrale, all'angolo con il muro dell'abside meridionale. Questa parte della Cattedrale è stata costruita da Giorgio II Dalmata, come riportato dai documenti della curia vescovile [Frey 1913], ma anche dall'iscrizione in pietra sul muro settentrionale del presbiterio: *Hoc opus cuvarum fecit Georgius Mathei Dalmaticus*.

Le pareti delle absidi sono costruite in modo originale con montaggio delle grandi lastre di pietra fissate nei lunghi elementi monolitici.

La malta usata nel giunto della parete dell'abside risulta essere una malta aerea con abbondante frazione di calce, la frazione sabbiosa è composta da calcite, dolomite e poco quarzo.

Il campione 2 è preso dal muro orientale dell'incrocio, immediatamente sopra l'arco trionfale della cattedrale. Questa parte della struttura è stata costruita sotto la direzione del *protomagister* Niccolò il Fiorentino, come affermano i documenti sulla costruzione della Cattedrale, ed è anche confermato dallo studio degli elementi stilistici.

Il campione mostra di essere una malta aerea, ma più composita perché presenta nell'impasto anche cristalli di plagioclasio e una più elevata quantità di sabbia quarzosa.

Il Campione 3, preso dalla volta a botte della navata meridionale del presbiterio, immediatamente vicino al muro soprastante la volta, rappresenta la malta della fuga tra le lastre di pietra della volta laterale del presbiterio ed è anche la malta dei giunti della volta con il muro soprastante. Dal punto di vista della storia dell'architettura, questa è la posizione più importante e più interessante. Siccome mancano i documenti sulla costruzione delle volte delle navate laterali del presbiterio, vari storici dell'arte hanno differenti ipotesi sull'autore e costruttore di queste volte: alcuni le attribuiscono a Giorgio il Dalmata, altri invece a Niccolò Fiorentino.

Visto che Giorgio il Dalmata ha sviluppato il metodo originario di costruzione delle pareti delle absidi cioè il montaggio dei grandi pannelli di pietra, incastrati nell'intelaiatura fatta di lunghi elementi monolitici, è lecito ipotizzare che egli abbia concepito anche il metodo di costruzione delle volte con lo stesso sistema di montaggio. Infatti, queste due volte a botte furono costruite per prime. Le lastre di pietra di queste sono più spesse delle volte costruite più tardi, anche se quelle del transetto e delle navate hanno luci più grandi. Le lastre di pietra delle navate e del transetto sono più sottili, da 15 a 25 cm, con la lunghezza delle lastre di circa 4 m. Infatti le volte a botte del presbiterio sembrano proprio delle strutture sperimentali. L'analisi della malta utilizzate nei giunti, forse, può contribuire a stabilire il periodo esatto

MARINA ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, STEFANO CANCELLIERE

della costruzione delle stesse e a chiarire chi fosse l'autore della struttura unica della cattedrale di Šibenik.

L'analisi minerolo-petrografica ha dimostrato che le malte dei campioni 1 e 2 sono a base di calce, per cui sono malte aeree di composizione simile, ma con diverso rapporto tra i minerali delle sabbie utilizzate. La malta del campione 3 è diversa essendo costituita da sabbia mista ottenuta dalla macinazione di mattoni (cocciopesto) miscelati con sabbia calcarea/silicea, per cui, a differenza delle prime due, quest'ultima è una malta idraulica di colore rosso per la presenza di ossidi ferrosi. Essa risulta essere più impermeabile rispetto alle precedenti. L'uso di una malta più impermeabile è abbastanza logico in questo punto; si tratta della volta non coperta che funge da tetto: quindi, essa ha la funzione di proteggere l'edificio dalle infiltrazioni legati ai fenomeni piovosi.

La questione a cui tentiamo di dare risposta sono: quale dei *protomagistri* della fabbrica della Cattedrale di Sebenico era a conoscenza delle caratteristiche del cocciopesto in modo da utilizzarlo nella fase costruttiva delle volte? Quale di loro sapeva preparare una malta idraulica con quelle caratteristiche?

Il cocciopesto è il materiale principe degli intonaci veneziani e di malte idrauliche, già conosciuto e utilizzato dai romani. Dai documenti storici sappiamo che Giorgio il Dalmata viveva e lavorava a Venezia prima di venire a Sebenico, non sappiamo per quanto tempo, ma sembra ovvio che già a Venezia fosse un maestro rinomato. Per questo è lecito fare l'ipotesi che egli conoscesse vari metodi e materiali del costruire in uso a Venezia, tra i tanti anche l'uso del cocciopesto. Conoscendo la sua capacità e innovatività, ci sembra molto probabile che sia stato lui a costruire le volte a botte del presbiterio usando una malta idraulica a cocciopesto nelle fughe. Giorgio il Dalmata fu un grande inventore e innovatore; in particolare ha inventato il sistema di costruire la struttura verticale della parte orientale dell'edificio per cui è logico ipotizzare che ha sviluppato l'idea alla base del montaggio delle volte.

I risultati dell'analisi minerolo-petrografica, che ha dimostrato l'uso del cocciopesto nella volta laterale del presbiterio, e non nei paramenti murari, dimostra che sia Giorgio il Dalmata che Niccolò Fiorentino hanno utilizzato differenti malte per gli elementi verticali della struttura, applicandole indipendentemente dalle esigenze fisiche (camp. 1 e 2), mentre il Dalmata conoscendo bene le caratteristiche del cocciopesto, ha usato quest'ultimo nelle fughe delle volte. Sappiamo che Giorgio il Dalmata si era distinto già a Venezia, e nel contempo non ci sono riscontri sull'eventuale soggiorno e lavoro di Niccolò Fiorentino a Venezia, i risultati ottenuti sembrano corroborare l'ipotesi che Giorgio il Dalmata inventò l'originale, unico sistema costruttivo e strutturale delle volte a botte della Cattedrale di Sebenico. Ulteriori indagini sono in corso per confermare questa ipotesi.

Si ringrazia l'arch. Miroslav Škugor, principale architetto-conservatore della cattedrale di Šibenik per la sua disponibilità nel procurarci i campioni delle malte oggetto della presente ricerca.

Bibliografia

- DURM, J. (1903). *Handbuch der Architektur*. Vol. 5: *Die Baukunst der Renaissance in Italien*, Stuttgart.
- FOSCO, A.G. (1891). *Documenti inediti per la storia della fabbrica della cattedrale di Sebenico e del suo architetto Giorgio Orsini, detto Dalmatico*. Sebenico, Tipografia della curia vescovile.
- FRATINI, F.; GIOVANNINI, P.; MANGANELLI DEL FA, C. (1994). *La Pietra da calce a Firenze: ricerca e caratterizzazione dei materiali per la produzione di calcina forte e calcina dolce*, in *Bilanci e Prospettive*, atti del Convegno di Studi Scienza e Beni Culturali (Bressanone 5-8 luglio 1994). Padova, Libreria Progetto, pp. 189-199.
- FREY, D. (1913). *Der Dom von Sebenico und sein Baumeister Giorgio Orsini*, in «Jahrbuch des Kunsthistorischen Institutes der K. K. Zentralkommission für Denkmalpflege», VII, pp. 1-169.

- IVANČEVIĆ, R. (1998). *Šibenska katedrala*, Gradska knjižnica "Juraj Šižgorić". Šibenik.
- KARAMAN, L. (1931). *O šibenskoj katedrali: O petstogodišnjici početka njezine gradnje*. Zagreb, Općina grada Šibenika.
- KOLENDIĆ, P. (1924). *Šibenska katedrala pre dolaska Orsinijeva (1430, 1441)*, in «Narodna starina», ((/2, pp. 154-175.
- MEYER, A.G. (1894). *Studien zur Geschichte der oberitalienischen Plastik in Trecento*, in «Repertorium für Kunstwissenschaft», XVII.
- NORMA-UNI 10924, 2001, *Malte per elementi costruttivi e decorativi: classificazione e terminologia*. Ed. UNI (Ente Nazionale Italiano Unificazione), Milano.
- NORMA-UNI 11176, 2006, *descrizione Petrografiche di una Malta*. Ed. UNI (Ente Nazionale Italiano Unificazione), Milano.
- PECCHIONI, E.; FRATINI, F.; CANTISANI, E. (2014). *Atlante delle malte antiche*. Kermes Quaderni, Firenze, Nardini.
- PIANA, M. (2000). *La carpenteria lignea a Venezia nei secoli XIV e XV*, in *L'architettura gotica veneziana*, a cura di F. Valcanover e W. Wolters. Venezia, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, pp. 61-70.
- ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, M. (1991). *Prilog istraživanju klasičnih zidanih konstrukcija na primjeru šibenske katedrale*, M.Sc. tesi. Zagreb, University of Zagreb.
- ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, M. (2002). *Structural Failure During The Construction of the Cathedral of Šibenik (Croatia) and Lessons that its Architects Learned from it*, in *Structural Failures and Reliability of Civil Structures*, edited by R. Gori. Padova, Libreria Cortina, Istituto Universitario di Architettura di Venezia, pp. 73-82.
- ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, M. (2014). *Innovation in construction of stone vaults: the cathedral of Šibenik (15th-16th c.)*, in *Proceedings of the 9th International Masonry Conference*, edited by P. Lourenco, P.B. Haseltine, A. Barry, G. Vasconcelos. Guimaraes, Portugal, University of Minho, International Masonry Society, pp. 1-12.
- ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, M. (2018). *Innovative stone vaults in Dalmatia in Antiquity and Renaissance*, in *Structural Analysis of Historical Constructions: An Interdisciplinary Approach*, edited by R. Aguilar, D. Torrealva, S. Moreira, M.A. Pando, L.F. Ramos. Cham, RILEM Bookseries, vol 18. Springer, pp. 169-177.
- ŠIMUNIĆ BURŠIĆ, M.; CANCELLIERE, S.; FISTRIC, M. (2004). *Limestrone used for a unilayer vault-covering*, in *Proceedings of the International Conference Lux et Lapis (Light and Stone) - Architectural and sculptural stone in cultural landscape*, edited by R. Prikryl & P. Siegl. Prag, Charles University in Prague - The Karolinum Press, pp. 109-118.
- ŠKUGOR, M. (1997). *Tajna zaglavnog kamena*, in «Arhitektura», 213, pp. 136-145.
- STOŠIĆ, K. (1950). *Je li Bonin iz Milana radio na šibenskoj katedrali?*, in *Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku*, III, p. 130.
- VRANČIĆ [VERANTIUS], F. (1615). *Machinae novae Fausti Verantii Siceni cum declaratione Latina, Italica, Hispanica, Gallica et Germanica*. Venetiis.

Sitografia

<http://whc.unesco.org/en/news/184>, website of UNESCO, 2000.

<http://whc.unesco.org/en/list/963>, website of UNESCO, 2000.