

M. FRANZINI (*), A. GIONCADA (*), M. LEZZERINI (*)

LE PIETRE DELL'EDILIZIA MEDIEVALE PISANA E LUCCHESE (TOSCANA OCCIDENTALE). 5 - LA MAIOLICA E IL NUMMULITICO DELLA BASSA VALLE DEL FIUME SERCHIO

Riassunto - Le rocce delle formazioni della Maiolica e del Nummulitico, appartenenti alla Successione Toscana non metamorfica, sono state ampiamente utilizzate in epoca medievale per la costruzione delle chiese della bassa valle del fiume Serchio, nella zona compresa tra Borgo a Mozzano e Ponte a Moriano. In questo lavoro viene fornita una descrizione mineralogica e petrografica delle diverse varietà di rocce impiegate, ne vengono definite le principali proprietà fisiche e formulate ipotesi sulla loro provenienza. Nell'area in studio, le Formazioni della Maiolica e del Nummulitico sono costituite da rocce calcaree, più o meno pure. La composizione dei campioni è data dalla somma di una componente carbonatica predominante e di una componente terrigena, che è più abbondante nei campioni di Maiolica. La componente terrigena è costituita da quarzo e, subordinatamente, da fillosilicati e ossidi ed idrossidi di ferro. La porosità delle rocce è generalmente bassa (in media 1% in volume), mentre la resistenza meccanica alla compressione è piuttosto variabile, decresce salendo nella successione stratigrafica ed è correlata positivamente con il contenuto di fillosilicati.

Parole chiave - Pietre da costruzione, chiese medievali, Maiolica, Nummulitico, Toscana, Italia.

Abstract - *The stones of medieval buildings in Pisa and Lucca provinces (western Tuscany). 5 - The Maiolica and Nummulitico Formations from the valley of the lower Serchio River.* The rocks of the Maiolica and Nummulitico Formations, belonging to the non-metamorphic Tuscan Sequence, were widely employed in medieval times for the edification of the religious buildings in the valley of the lower Serchio River, between the villages of Borgo a Mozzano and Ponte a Moriano. This work gives a description of the different varieties of the employed rocks, defines their chemical, mineralogical and petrographic characteristics and their main physical properties, and makes hypotheses about their provenance. In the study area, the Maiolica and Nummulitico Formations consist of calcareous rocks, more or less pure. The composition of the samples is made up of a predominant carbonatic component and of a terrigenous one, which is more abundant in the Maiolica samples. The terrigenous component involves quartz and subordinately phyllosilicates, iron oxides and hydroxides. Rock porosity is generally low (in average 1% in volume), while the compressive strength is mostly variable in the different rock varieties, decreases from the base to the top of the stratigraphic sequence and shows a positive correlation with the content of phyllosilicate minerals.

Key words - Building stones, medieval churches, Maiolica, Nummulitico, Tuscany, Italy.

INTRODUZIONE

Nell'ambito delle ricerche finalizzate allo studio delle proprietà, caratteristiche e provenienze delle pietre utilizzate nell'edilizia medievale lucchese, si riportano in questo lavoro i dati raccolti sulle rocce di due formazioni della Successione Toscana non metamorfica: la Maiolica e il Nummulitico.

Questi litotipi, dotati di buone caratteristiche tecniche e facile reperibilità, sono stati ampiamente impiegati, in epoca medievale, nell'edilizia civile e religiosa della città di Lucca e del territorio a nord e a nord-est della città (Franzini, 2002). In particolare, l'edilizia religiosa d'epoca medievale della bassa valle del fiume Serchio, tra Borgo a Mozzano e Ponte a Moriano, è realizzata quasi esclusivamente con questi materiali.

Scopo di questa nota è fornire una descrizione delle diverse varietà impiegate, formulare ipotesi sulla loro provenienza e definirne le caratteristiche chimiche, mineralogiche, petrografiche e le principali proprietà fisiche, analizzando campioni provenienti da cave storiche o affioramenti naturali situati in prossimità dei luoghi di edificazione delle chiese di questa area. Pertanto, sono stati integrati ed elaborati i dati raccolti nelle tesi di laurea di Degli Innocenti (1996) e Gini (1996), completandoli con nuove determinazioni fisico-meccaniche.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella bassa valle del fiume Serchio, compresa tra Borgo a Mozzano e Ponte a Moriano (provincia di Lucca), affiorano termini della Successione Toscana non metamorfica d'età compresa tra il Lias superiore e l'Oligocene, rappresentati in ordine stratigrafico crescente dalle unità litostratigrafiche delle Marne e calcari a *Posidonomya*, dei Calcari grigio scuri con selci nere, dei Diaspri, della Maiolica, della Scaglia, del Nummulitico e del Macigno (Fig. 1). Queste formazioni sono state ampiamente studiate dal punto di vista geologico-stratigrafico e tettonico (Trevisan *et al.*, 1971; Fazzuoli *et al.*, 1985).

Di seguito sono riportati soltanto i caratteri distintivi delle due formazioni principalmente utilizzate per edificare le chiese medievali della bassa valle del fiume Serchio: la Maiolica e il Nummulitico.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, via S. Maria 53, I-56126 Pisa, Italia. E-mail: lezzerini@dst.unipi.it

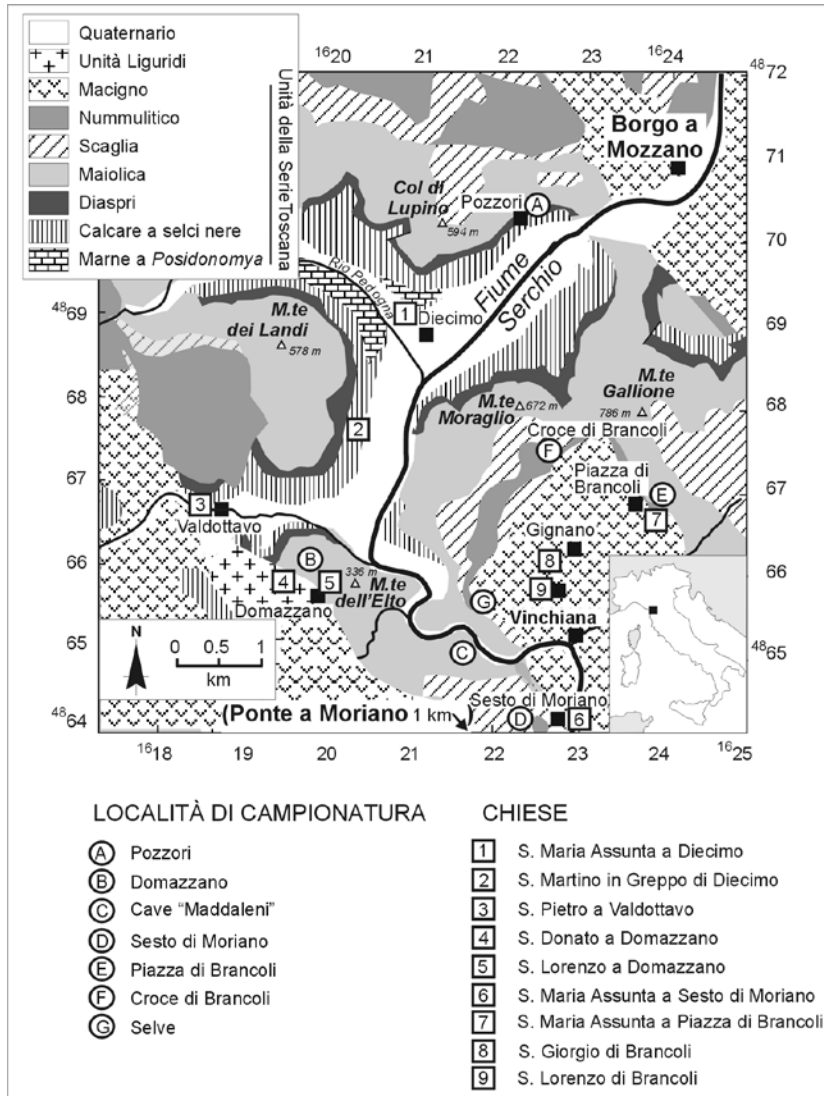


Fig. 1 - Schema geologico semplificato della bassa valle del fiume Serchio (modificato da Squarci *et al.*, 1963; geologia dal Foglio 105-IV NO della Carta d'Italia in scala 1:25.000. Coordinate geografiche UTM riferite all'Ellissoide Internazionale, Longitudine Ovest dal Meridiano di Monte Mario), con ubicazione delle chiese esaminate e delle località di campionatura.

La formazione della Maiolica è costituita da un calcare litografico siliceo, che presenta una notevole variabilità litologica. Nella parte bassa della serie prevale una calcilutite chiara, con colori che variano, salendo nella serie, dal verde, al rosa, al bianco (il colore prevalente) e, infine, al grigio. Sono frequenti le intercalazioni di calcari marnosi, di noduli e di liste di selce chiara e, raramente, di selce scura. La parte intermedia della Formazione della Maiolica è costituita da calcilutiti, di colore grigio chiaro o grigio scuro. Nelle calcilutiti di tonalità scura sono frequentemente osservabili noduli e liste di selce nera. Al tetto la formazione della Maiolica è costituita da calcareniti e calciruditi, più o meno grossolane, di colore grigio scuro.

Nell'area compresa tra Borgo a Mozzano e Ponte a Moriano, le rocce della Formazione della Maiolica rag-

giungono uno spessore massimo di 450 metri e, secondo Fazzuoli *et al.* (1985), si sarebbero deposte nella zona assiale del bacino Serchio-Lima.

L'età della Maiolica è compresa tra il Titoniano superiore/Berriasiano e il Valanginiano/Hauteriviano per quanto riguarda le calcilutiti chiare (Fazzuoli *et al.*, 1985), mentre la parte superiore della formazione si può datare all'Hauteriviano/Barremiano (Cerrina Feroni & Patacca, 1975).

Nell'area in esame, il Nummulitico è composto di brecce e calcareniti con elementi di natura calcarea e silicea. In questa formazione si possono osservare, anche se raramente, strati di calcare di colore grigio, a grana fine e frattura concoide. Al passaggio tra Nummulitico e Scaglia, la grana della roccia è più minuta, e alle bancate calcaree sono intercalati livelli argillitici rossi o ver-

di di spessore variabile. Talvolta, nella formazione del Nummulitico si osservano strati con evidente struttura gradata che facilita il riconoscimento dei piani di stratificazione e la polarità del sedimento. I passaggi tra brecchie e calcareniti sono, per lo più, bruschi con superfici di separazione irregolari, tipiche di una sedimentazione per onde di torbida (Migliorini, 1949), avvenuta tra il Cretaceo superiore e l'Eocene medio-superiore (Cerrina Feroni & Patacca, 1975; Fazzuoli *et al.*, 1985).

METODI

Campionatura

La scelta dei siti di prelievo dei campioni da studiare è stata effettuata dopo aver individuato, in base ai caratteri macroscopici (quali colore, granulometria, presenza e colore dei noduli e delle liste di selce, potenza degli strati) delle pietre in opera, le diverse varietà di Maiolica e di Nummulitico impiegate per costruire le strutture murarie esterne delle chiese medievali della bassa valle del fiume Serchio (Santa Maria Assunta a Diecimo, San Martino in Greppo di Diecimo, San Pietro a Valdottavo, San Donato e San Lorenzo a Domazzano, Santa Maria Assunta a Sesto di Moriano, Santa Maria Assunta a Piazza di Brancoli, San Giorgio e San Lorenzo di Brancoli nei pressi di Gignano).

Complessivamente, sono stati prelevati 14 campioni di Maiolica (8 dalla porzione inferiore, 3 da quella intermedia ed altri 3 da quella superiore) e 12 campioni di Nummulitico. In Tabella 1 sono riportate, per ciascun campione, le indicazioni relative a: formazione di appartenenza, località di campionamento, principali caratteri macroscopici (colore e granulometria delle rocce) e terminologia classificativa basata sulla tessitura deposizionale.

Metodologie analitiche

I componenti chimici maggiori (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3) sono stati determinati in fluorescenza a raggi-X, utilizzando la metodologia messa a punto da Franzini *et al.* (1975); i componenti volatili (CO_2 , H_2O e sostanza organica) sono stati determinati globalmente come perdita alla calcinazione (P.C.) a 950°C su polveri precedentemente essiccate a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

La composizione mineralogica qualitativa è stata determinata in diffrazione di polveri a raggi-X e mediante osservazioni in microscopia ottica di sezioni sottili lucidate (Bertagnini *et al.*, 1983). Lo studio in microscopia ottica ha permesso di determinare anche la tessitura e la granulometria delle rocce.

La massa volumica apparente allo stato secco (γ_d), le capacità di assorbimento d'acqua riferite al peso (CI_p) e al volume (CI_v) e la quantità d'acqua assorbita per capillarità in funzione del tempo, espressa come coefficiente di assorbimento capillare (CA), sono state determinate su parallelepipedi regolari, secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10859 (2000) e dalla Racc. NorMaL 7/81. La resistenza meccanica alla compressione di 11 campioni di Maiolica e di 4 campioni di Nummulitico è stata determinata con una pressa Tecnotest - mod. KL

300/CE, misurando, su 15 provini cubici di 3 cm di lato, il carico di rottura (UNI EN 1926, 2000) perpendicolarmente ai piani di sedimentazione.

DATI RACCOLTI E LORO DISCUSSIONE

Caratteristiche chimiche

I campioni di Maiolica e di Nummulitico analizzati in questo studio sono caratterizzati da una componente carbonatica predominante (Tab. 2a), con tenore di CaO variabile da 37% (campione 6) a 55% in peso (campioni 15, 16, 18, 20, 23, 24, 25). La perdita alla calcinazione è in tutti i campioni di poco superiore alla quantità stechiometrica necessaria per formare CaCO_3 e, pertanto, risulta costituita essenzialmente da CO_2 .

Alla componente carbonatica si associano tenori non trascurabili e fortemente variabili di silice e modeste quantità degli altri componenti chimici comuni nelle rocce. Tuttavia anche questi tenori modesti sono sufficienti ad evidenziare differenze sistematiche fra campioni appartenenti a litotipi o a livelli stratigrafici differenti. I tenori di Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 diminuiscono, come valore medio, salendo nella successione stratigrafica, ossia passando dai livelli inferiori della Maiolica, a quelli intermedi, a quelli superiori ed al sovrastante Nummulitico. I contenuti di MgO hanno il medesimo andamento anche se in modo non così rigoroso (Tab. 2b).

In Tabella 2c sono riportati i coefficienti di correlazione lineare fra le concentrazioni degli ossidi più abbondanti (MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , TiO_2 , Fe_2O_3), calcolati per i 26 campioni. Tutti i coefficienti di correlazione dei diversi ossidi con il CaO sono negativi, mentre sono positivi tutti gli altri. I campioni sono dunque descrivibili come formati dalla somma di due componenti: una componente carbonatica costituita da CaO e CO_2 , e una componente che comprende tutti gli altri ossidi. Si osserva, tuttavia, che sono ben correlati tra loro Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 e Fe_2O_3 , mentre è più debole la correlazione fra questi ossidi e i restanti MgO e SiO_2 . La stessa indicazione si ottiene dall'esame delle equazioni delle rette di correlazione lineare fra coppie di ossidi. Le equazioni sono state calcolate per i primi quattordici campioni nei quali è più abbondante il contenuto di ossidi non legati alla frazione carbonatica. Risultati molto simili si ottengono eseguendo i calcoli sull'insieme dei 26 campioni.

$$\text{MgO} = 0,2105 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,4826 \quad (r = 0,800)$$

$$\text{K}_2\text{O} = 0,2676 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,0079 \quad (r = 0,987)$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3583 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,1084 \quad (r = 0,935)$$

$$\text{SiO}_2 = 10,1580 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,0440^*$$

$$\text{TiO}_2 = 0,0408 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,0002 \quad (r = 0,984)$$

* Esclusi i campioni 6 e 12. Coefficiente di correlazione lineare uguale a 0,936.

Le rette di correlazione lineare di K_2O e TiO_2 con Al_2O_3 passano sostanzialmente per zero, quelle relative a SiO_2 , Fe_2O_3 e, soprattutto, MgO hanno un termine costante sensibilmente diverso da zero. Questo indica che una frazione non trascurabile di questi componenti chimici non è direttamente legata ai tenori di Al_2O_3 , K_2O e TiO_2 . Per spiegare la composizione delle rocce

Tab. 1 - Campionatura, caratteri macroscopici e classificazione tessiturale dei campioni di Maiolica e di Nummulitico prelevati nella bassa valle del Fiume Serchio.

| Campione | Formazione | Località di campionamento | Colore | Granulometria* | Classificazione** |
|----------|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | Maiolica (inferiore) | Domazzano, M.te dell'Elto | Bianco | Lutite | Mudstone |
| 2 | Maiolica (inferiore) | Domazzano, M.te dell'Elto | Bianco | Lutite | Mudstone/wackestone |
| 3 | Maiolica (inferiore) | Domazzano, M.te dell'Elto | Bianco | Lutite | Mudstone/wackestone |
| 4 | Maiolica (inferiore) | Domazzano, M.te dell'Elto | Bianco | Lutite | Mudstone |
| 5 | Maiolica (inferiore) | Piazza di Brancoli | Bianco | Lutite | Mudstone |
| 6 | Maiolica (inferiore) | Piazza di Brancoli | Bianco | Lutite | Mudstone |
| 7 | Maiolica (inferiore) | Piazza di Brancoli | Bianco | Lutite | Mudstone/wackestone |
| 8 | Maiolica (inferiore) | Piazza di Brancoli | Bianco | Lutite | Mudstone/wackestone |
| 9 | Maiolica (intermedia) | Pozzori | Grigio scuro | Lutite | Mudstone |
| 10 | Maiolica (intermedia) | Selve | Grigio scuro | Lutite | Mudstone |
| 11 | Maiolica (intermedia) | Sesto, Cave Maddaleni | Grigio scuro | Lutite | Mudstone/wackestone |
| 12 | Maiolica (superiore) | Selve | Grigio scuro | Arenite media-grossolana | Packstone |
| 13 | Maiolica (superiore) | Selve | Grigio scuro | Rudite media | Packstone |
| 14 | Maiolica (superiore) | Selve | Grigio scuro | Arenite grossolana | Packstone |
| 15 | Nummulitico | Croce di Brancoli | Grigio chiaro | Arenite fine-media | Packstone |
| 16 | Nummulitico | Croce di Brancoli | Grigio chiaro | Lutite | Packstone |
| 17 | Nummulitico | Croce di Brancoli | Grigio scuro | Arenite grossolana/rudite fine | Packstone |
| 18 | Nummulitico | Croce di Brancoli | Grigio scuro | Arenite fine | Packstone |
| 19 | Nummulitico | Croce di Brancoli | Grigio scuro | Arenite fine | Packstone |
| 20 | Nummulitico | Croce di Brancoli | Grigio chiaro | Rudite fine-media | Packstone |
| 21 | Nummulitico | Sesto, Villa Maddaleni | Grigio chiaro | Arenite fine | Packstone |
| 22 | Nummulitico | Sesto, Villa Maddaleni | Grigio chiaro | Arenite grossolana/rudite fine | Packstone |
| 23 | Nummulitico | Selve | Grigio chiaro | Arenite media | Packstone |
| 24 | Nummulitico | Selve | Grigio scuro | Arenite fine | Packstone |
| 25 | Nummulitico | Selve | Grigio chiaro | Arenite media-grossolana | Packstone |
| 26 | Nummulitico | Selve | Grigio chiaro | Rudite fine-media | Packstone |

* Secondo Folk (1959, 1962); ** in accordo con la tessitura deposizionale (Dunham, 1962).

analizzate bisognerà dunque ricorrere alla combinazione di più di due componenti.

Caratteristiche petrografiche e mineralogiche

Le principali caratteristiche petrografiche dei campioni di Maiolica e di Nummulitico prelevati nella bassa valle del Fiume Serchio sono riportati in Tabella 1.

I campioni di Maiolica provenienti dalla porzione inferiore della formazione (campioni 1-8, prelevati nell'area di Domazzano e nei pressi di Piazza di Brancoli), sono

calcolitici compatte di colore bianco o bianco-rosato, a frattura concoide, classificabili in accordo con la tessitura deposizionale (Dunham, 1962) come «mudstone» o «mudstone/wackestone».

I campioni provenienti dalla porzione intermedia della formazione (campioni 9-11, prelevati in località Pozzori, in località Selve e nei pressi del centro abitato di Sesto di Moriano), sono calcilitici di colore grigio scuro, a frattura concoide e tessitura tipo «mudstone» o «mudstone/wackestone».

| Campione | P.C. | Na ₂ O | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | TiO ₂ | MnO | Fe ₂ O ₃ * |
|----------|-------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------|------------------|------|----------------------------------|
| 1 | 37,20 | 0,08 | 0,76 | 1,07 | 13,78 | 0,09 | 0,32 | 46,12 | 0,05 | 0,06 | 0,47 |
| 2 | 42,69 | 0,11 | 0,51 | 0,43 | 2,37 | 0,07 | 0,12 | 53,41 | 0,02 | 0,05 | 0,22 |
| 3 | 39,38 | 0,13 | 0,62 | 0,74 | 9,33 | 0,07 | 0,21 | 49,04 | 0,03 | 0,07 | 0,38 |
| 4 | 40,44 | 0,08 | 0,80 | 0,92 | 6,56 | 0,07 | 0,22 | 50,36 | 0,04 | 0,06 | 0,45 |
| 5 | 36,33 | 0,09 | 0,69 | 1,41 | 15,40 | 0,08 | 0,42 | 44,94 | 0,06 | 0,08 | 0,50 |
| 6 | 29,72 | 0,05 | 0,76 | 1,04 | 30,76 | 0,06 | 0,23 | 36,54 | 0,04 | 0,07 | 0,73 |
| 7 | 40,29 | 0,10 | 0,71 | 0,92 | 7,03 | 0,06 | 0,25 | 50,17 | 0,03 | 0,06 | 0,38 |
| 8 | 40,63 | 0,08 | 0,52 | 0,46 | 7,05 | 0,06 | 0,13 | 50,73 | 0,02 | 0,05 | 0,27 |
| 9 | 42,94 | 0,06 | 0,48 | 0,38 | 1,89 | 0,06 | 0,11 | 53,76 | 0,01 | 0,10 | 0,21 |
| 10 | 42,95 | 0,06 | 0,48 | 0,37 | 1,91 | 0,06 | 0,13 | 53,74 | 0,01 | 0,08 | 0,21 |
| 11 | 42,99 | 0,07 | 0,50 | 0,30 | 1,79 | 0,05 | 0,12 | 53,82 | 0,01 | 0,12 | 0,23 |
| 12 | 36,71 | 0,06 | 0,48 | 0,19 | 16,34 | 0,06 | 0,06 | 45,87 | 0,01 | 0,04 | 0,18 |
| 13 | 42,16 | 0,04 | 0,78 | 0,10 | 3,75 | 0,06 | 0,02 | 52,86 | 0,01 | 0,05 | 0,17 |
| 14 | 42,25 | 0,05 | 0,46 | 0,19 | 3,72 | 0,06 | 0,05 | 52,93 | 0,01 | 0,11 | 0,17 |
| 15 | 43,95 | 0,06 | 0,41 | 0,04 | 0,16 | 0,06 | < 0,01 | 55,23 | 0,01 | 0,02 | 0,06 |
| 16 | 43,74 | 0,05 | 0,46 | 0,16 | 0,48 | 0,06 | 0,03 | 54,87 | 0,01 | 0,02 | 0,12 |
| 17 | 41,99 | 0,06 | 0,62 | 0,14 | 4,05 | 0,09 | 0,02 | 52,66 | 0,01 | 0,25 | 0,11 |
| 18 | 43,53 | 0,05 | 0,50 | 0,22 | 0,70 | 0,06 | 0,02 | 54,59 | 0,01 | 0,12 | 0,20 |
| 19 | 43,40 | 0,06 | 0,58 | 0,23 | 0,94 | 0,07 | 0,02 | 54,45 | 0,01 | 0,06 | 0,18 |
| 20 | 43,88 | 0,04 | 0,36 | 0,05 | 0,34 | 0,06 | 0,01 | 55,08 | 0,01 | 0,05 | 0,12 |
| 21 | 43,43 | 0,06 | 0,52 | 0,26 | 0,88 | 0,07 | 0,03 | 54,45 | 0,01 | 0,07 | 0,22 |
| 22 | 43,03 | 0,06 | 0,54 | 0,19 | 1,89 | 0,07 | 0,03 | 53,98 | 0,01 | 0,05 | 0,15 |
| 23 | 43,85 | 0,07 | 0,40 | 0,08 | 0,29 | 0,06 | 0,01 | 55,06 | 0,01 | 0,10 | 0,07 |
| 24 | 43,82 | 0,06 | 0,46 | 0,11 | 0,33 | 0,05 | 0,01 | 55,01 | 0,01 | 0,03 | 0,11 |
| 25 | 43,72 | 0,05 | 0,59 | 0,14 | 0,37 | 0,07 | 0,01 | 54,91 | 0,01 | 0,07 | 0,06 |
| 26 | 42,49 | 0,08 | 0,71 | 0,27 | 2,80 | 0,07 | 0,02 | 53,28 | 0,01 | 0,16 | 0,11 |

P.C.: perdita alla calcinazione; Fe₂O₃*: ferro totale espresso come Fe₂O₃.

| Campioni | | MgO | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ * |
|----------|------------|-----------|--------------------------------|------------------|----------------------------------|
| 1-8 | Media | 0,671 | 0,874 | 0,238 | 0,425 |
| | Intervallo | 0,51-0,80 | 0,43-1,41 | 0,12-0,42 | 0,22-0,73 |
| 9-11 | Media | 0,487 | 0,350 | 0,120 | 0,217 |
| | Intervallo | 0,48-0,50 | 0,30-0,38 | 0,11-0,13 | 0,21-0,23 |
| 12-14 | Media | 0,573 | 0,160 | 0,043 | 0,173 |
| | Intervallo | 0,46-0,78 | 0,10-0,19 | 0,02-0,06 | 0,17-0,18 |
| 15-26 | Media | 0,513 | 0,158 | 0,019 | 0,126 |
| | Intervallo | 0,36-0,71 | 0,04-0,27 | 0,01-0,03 | 0,06-0,22 |

Fe₂O₃*: ferro totale espresso come Fe₂O₃.

Tab. 2c - Coefficienti di correlazione lineare tra i principali componenti chimici.

| | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | K ₂ O | CaO | TiO ₂ | Fe ₂ O ₃ * |
|----------------------------------|--------|--------------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|----------------------------------|
| MgO | 1,000 | | | | | | |
| Al ₂ O ₃ | 0,668 | 1,000 | | | | | |
| SiO ₂ | 0,537 | 0,708 | 1,000 | | | | |
| K ₂ O | 0,556 | 0,974 | 0,651 | 1,000 | | | |
| CaO | -0,575 | -0,759 | -0,997 | -0,702 | 1,000 | | |
| TiO ₂ | 0,650 | 0,964 | 0,697 | 0,943 | -0,743 | 1,000 | |
| Fe ₂ O ₃ * | 0,652 | 0,915 | 0,840 | 0,855 | -0,873 | 0,865 | 1,000 |

Fe₂O₃*: ferro totale espresso come Fe₂O₃.

I campioni provenienti dalla porzione superiore della formazione (campioni 12-14, prelevati in località Selve), sono calcareniti (campioni 12 e 14) o calciruditi (campione 13) di colore grigio scuro, a frattura concoide e tessitura tipo «packstone».

I campioni di Nummulitico (campioni 15-26, prelevati in affioramenti naturali nei pressi di Croce di Brancoli, Sesto di Moriano ed in località Selve) sono calcareniti compatte e, più raramente, calciruditi o calcilutiti, di colore grigio chiaro o grigio scuro, classificabili tessituralmente come «packstone».

L'analisi mineralogica qualitativa effettuata in diffrattometria di polveri a raggi-X ha messo in evidenza la presenza di predominante calcite, quarzo e minori quantità di fillosilicati, tipo illite. In sezione sottile si osserva la presenza di quarzo, neogenico e detritico, di diffusi ossidi e idrossidi di Fe e, nei soli campioni 13 e 26, di rari cristalli di dolomite.

Combinando i dati mineralogici qualitativi con quelli chimici, i campioni analizzati risultano costituiti in prevalenza di calcite, contenente circa 0,5% in peso di MgO, accompagnata da quarzo detritico per circa 2% in peso, ossidi di ferro liberi per circa 0,1% in peso e, per il resto, da un materiale contenente, per una parte di Al₂O₃, 0,211 parti di MgO, 10,158 parti di SiO₂, 0,268 parti di K₂O, 0,041 parti di TiO₂ e 0,358 parti di Fe₂O₃. In fase diagenetica questo materiale potrebbe aver generato quarzo e fillosilicati tipo illite. Nei campioni 6 e 12 sono, inoltre, presenti maggiori quantità di quarzo di origine detritica o appartenente a liste di selce. Per ottenere una stima quantitativa della composizione mineralogica, è stato effettuato un calcolo normativo con le seguenti condizioni: tutto il P₂O₅ ed il CaO stechiometrico a formare apatite; tutto il CaO residuo con una quota fissa dello 0,4% di MgO e la CO₂ stechiometrica a formare calcite debolmente magnesiacca; 0,1% di Fe₂O₃ e tutto il MnO ad ossidi e idrossidi liberi; tutto l'Al₂O₃ a formare un fillosilicato con MgO, Fe₂O₃ e P.C. residui, tutto il Na₂O, il K₂O, il TiO₂ ed una quantità di SiO₂ in rapporto in peso di 3:1 con l'Al₂O₃; quarzo con il residuo di SiO₂. La Tabella 3 riporta i risultati dei calcoli normativi.

La composizione normativa ripropone quanto già rilevato sulla base dei dati chimici grezzi e, in particolare, le variazioni salendo nella serie stratigrafica con un

passaggio verso l'alto a termini sempre più ricchi di calcite fino a calcari praticamente puri nei livelli di Nummulitico.

Principali proprietà fisiche e meccaniche

In Tabella 4 sono riportati i valori della massa volumica assoluta (G), della massa volumica apparente allo stato secco (γ_d), del coefficiente di assorbimento capillare (CA), della capacità di imbibizione in peso (CI_p), della porosità totale (P) misurati su tutti i campioni e i valori di resistenza meccanica alla compressione (σ_c) determinati su 11 campioni di Maiolica e 4 campioni di Nummulitico. I valori delle masse volumiche assolute sono stati calcolati dalle composizioni mineralogiche normative di Tabella 3 e, da questi valori, sono stati calcolati i valori di porosità con la relazione $P = 100 \cdot (1 - \gamma_d/G)$.

Le masse volumiche apparenti allo stato secco, variabili da 2,705 g/cm³ (campione 11) a 2,653 g/cm³ (campione 25), consentono di classificare i campioni esaminati come rocce pesanti. I campioni analizzati sono caratterizzati da una bassa porosità totale. Considerando i dati medi, la porosità totale dei campioni analizzati, pari a circa 1% del volume complessivo della roccia, risulta costituita per circa 2/3 da una porosità riempibile dall'acqua e per circa 1/3 da una porosità non riempibile dall'acqua, come testimoniano i valori medi di capacità d'assorbimento d'acqua riferiti al volume pari a 0,66%. I valori delle masse volumiche apparenti sono fortemente ($r = -0,924$) correlati linearmente con la capacità di imbibizione in volume e sono esprimibili con la relazione $\gamma_d = 2,706 - 0,034 \cdot CI_p$. Il termine noto inferiore al valore 2,71, densità della calcite, ed il coefficiente 0,034, superiore al teorico 0,027, confermano che la porosità totale è superiore a quella riempibile dall'acqua.

I valori del coefficiente d'assorbimento capillare, sebbene piuttosto variabili da campione a campione, evidenziano in generale la presenza di una struttura porosa con pori di diametro minore nei campioni di Maiolica prelevati dalla parte inferiore rispetto sia a quelli di altre porzioni di questa stessa formazione sia a quelli di Nummulitico.

I dati di resistenza meccanica alla compressione (ultima colonna di Tab. 4), anche se determinati su provini di dimensioni non standard, consentono di evidenziare una variazione considerevole di questa proprietà nei

Tab. 3 - Composizione mineralogica (% in peso) stimata mediante il calcolo normativo indicato nel testo.

| Campione | Calcite | Quarzo | Fillosilicati | Ossidi | Apatite |
|----------|---------|--------|---------------|--------|---------|
| 1 | 82,98 | 10,57 | 6,08 | 0,16 | 0,21 |
| 2 | 96,04 | 1,08 | 2,56 | 0,15 | 0,17 |
| 3 | 88,24 | 7,11 | 4,31 | 0,17 | 0,17 |
| 4 | 90,60 | 3,80 | 5,27 | 0,16 | 0,17 |
| 5 | 80,90 | 11,17 | 7,56 | 0,18 | 0,19 |
| 6 | 65,95 | 27,64 | 6,10 | 0,17 | 0,14 |
| 7 | 90,29 | 4,27 | 5,14 | 0,16 | 0,14 |
| 8 | 91,29 | 5,67 | 2,75 | 0,15 | 0,14 |
| 9 | 96,70 | 0,75 | 2,21 | 0,20 | 0,14 |
| 10 | 96,66 | 0,80 | 2,22 | 0,18 | 0,14 |
| 11 | 96,82 | 0,89 | 1,95 | 0,22 | 0,12 |
| 12 | 82,61 | 15,77 | 1,34 | 0,14 | 0,14 |
| 13 | 95,09 | 3,45 | 1,17 | 0,15 | 0,14 |
| 14 | 95,22 | 3,15 | 1,28 | 0,21 | 0,14 |
| 15 | 99,32 | 0,04 | 0,38 | 0,12 | 0,14 |
| 16 | 98,68 | 0 | 1,06 | 0,12 | 0,14 |
| 17 | 94,66 | 3,63 | 1,15 | 0,35 | 0,21 |
| 18 | 98,18 | 0,04 | 1,42 | 0,22 | 0,14 |
| 19 | 97,90 | 0,25 | 1,52 | 0,16 | 0,17 |
| 20 | 99,05 | 0,19 | 0,47 | 0,15 | 0,14 |
| 21 | 97,90 | 0,10 | 1,66 | 0,17 | 0,17 |
| 22 | 97,06 | 1,32 | 1,30 | 0,15 | 0,17 |
| 23 | 99,02 | 0,05 | 0,59 | 0,20 | 0,14 |
| 24 | 98,95 | 0 | 0,80 | 0,13 | 0,12 |
| 25 | 98,67 | 0 | 0,99 | 0,17 | 0,17 |
| 26 | 95,81 | 1,99 | 1,77 | 0,26 | 0,17 |

* Fillosilicati (illite, clorite s.l.), ossidi e idrossidi.

campioni provenienti dalla Maiolica inferiore (in media pari a $219,7 \pm 19,5$ N/mm²), intermedia (in media pari a $182,8 \pm 14,3$ N/mm²) e superiore (in media pari a $153,3 \pm 17,9$ N/mm²). I 4 campioni di Nummulitico analizzati mostrano un valor medio di resistenza meccanica alla compressione ($167,7 \pm 19,9$ N/mm²) di poco superiore a quello dei campioni prelevati al tetto della formazione della Maiolica. I valori di resistenza meccanica alla compressione sono correlati positivamente ($r = 0,86$) con il tenore in Al₂O₃, che esprime la presenza di minerali diversi da calcite e quarzo, e sono esprimibili con l'equazione: σ_c (N/mm²) = $61,89 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 155,5$.

I PARAMENTI ESTERNI DELLE CHIESE MEDIEVALI DELLA BASSA VALLE DEL FIUME SERCHIO

Le calcilutiti della Maiolica e, meno frequentemente, le calcareniti del Nummulitico sono state utilizzate,

in epoca medievale, per costruire le chiese romaniche della zona di Diecimo, Valdottavo, Domazzano e Sesto di Moriano, in riva destra, e della Brancoleria, in riva sinistra del fiume Serchio (Fig. 1).

Riva destra del fiume Serchio

Pieve di Santa Maria Assunta a Diecimo

Nei pressi di Diecimo, paese situato alla confluenza del rio Pedogna con il fiume Serchio, al decimo miglio romano della strada «Lodovica», che da Lucca conduce a Castelnuovo Garfagnana, sorge la Pieve di Santa Maria Assunta. Edificata anteriormente al 919 d.C., la Pieve fu distrutta completamente nel 979 d.C. e ricostruita, con pianta a tre navate ed abside rivolta verso sud-est, verso la fine del XII secolo e l'inizio del XIII secolo.

Il paramento murario di questa chiesa è stato realizzato, quasi interamente, utilizzando una calcilutite di colore grigio chiaro. Frequentemente, si osservano noduli

Tab. 4 - Principali proprietà fisiche e resistenza meccanica alla compressione.

| Campione | G | γ_a | CA | CI _p | P | σ_c |
|----------|-------|------------|--------|-----------------|------|------------|
| 1 | 2,711 | 2,686 | 0,0049 | 0,20 | 0,92 | 225,3 |
| 2 | 2,713 | 2,686 | 0,0076 | 0,35 | 1,00 | n.d. |
| 3 | 2,711 | 2,691 | 0,0053 | 0,11 | 0,74 | 192,6 |
| 4 | 2,714 | 2,700 | 0,0082 | 0,09 | 0,52 | 241,2 |
| 5 | 2,712 | 2,674 | 0,0175 | 0,44 | 1,40 | 231,9 |
| 6 | 2,700 | 2,675 | 0,0100 | 0,40 | 0,93 | 207,5 |
| 7 | 2,714 | 2,702 | 0,0063 | 0,05 | 0,44 | n.d. |
| 8 | 2,710 | 2,673 | 0,0117 | 0,33 | 1,37 | n.d. |
| 9 | 2,713 | 2,694 | 0,0092 | 0,21 | 0,70 | 194,6 |
| 10 | 2,713 | 2,670 | 0,0512 | 0,46 | 1,58 | 166,9 |
| 11 | 2,713 | 2,705 | 0,0199 | 0,10 | 0,29 | 187,0 |
| 12 | 2,703 | 2,686 | 0,0112 | 0,15 | 0,63 | 167,1 |
| 13 | 2,710 | 2,681 | 0,0125 | 0,21 | 1,07 | 133,1 |
| 14 | 2,711 | 2,678 | 0,0264 | 0,28 | 1,22 | 159,6 |
| 15 | 2,712 | 2,698 | 0,0017 | 0,15 | 0,52 | 170,8 |
| 16 | 2,712 | 2,666 | 0,0241 | 0,51 | 1,70 | n.d. |
| 17 | 2,712 | 2,700 | 0,0047 | 0,04 | 0,44 | 164,4 |
| 18 | 2,713 | 2,701 | 0,0068 | 0,09 | 0,44 | n.d. |
| 19 | 2,713 | 2,699 | 0,0117 | 0,09 | 0,52 | n.d. |
| 20 | 2,712 | 2,692 | 0,0301 | 0,18 | 0,74 | n.d. |
| 21 | 2,713 | 2,654 | 0,0586 | 0,53 | 2,17 | n.d. |
| 22 | 2,712 | 2,677 | 0,0105 | 0,24 | 1,29 | 192,0 |
| 23 | 2,712 | 2,654 | 0,0588 | 0,46 | 2,14 | n.d. |
| 24 | 2,712 | 2,695 | 0,0111 | 0,13 | 0,63 | 143,6 |
| 25 | 2,713 | 2,653 | 0,0309 | 0,48 | 2,21 | n.d. |
| 26 | 2,713 | 2,687 | 0,0086 | 0,17 | 0,96 | n.d. |

G: massa volumica assoluta (g/cm³); γ_a : massa volumica apparente allo stato secco (g/cm³); CA: coefficiente di assorbimento capillare (mg/cm² · s^{0,5}); CI_p: capacità di imbibizione riferita al peso (%); P: porosità (% in volume); σ_c : resistenza meccanica alla compressione uniaxiale (N/mm²); n.d.: non determinato.

e liste di selce chiara. I conci di calcilutite sono stati messi in opera con superficie esposta sia parallela sia perpendicolare alla stratificazione. Questi ultimi, favorendo in maggior misura l'assorbimento d'acqua, hanno consentito un più rigoglioso sviluppo di forme biologiche, che hanno alterato il colore dei conci verso tonalità più scure. Le porzioni di paramento interessate da azioni di restauro sono facilmente identificabili per la presenza di elementi in muratura, arenaria Macigno e marmo.

San Martino in Greppo di Diecimo

Piccola chiesa ad aula unica absidata, edificata in prossimità della strada «Lodovica», qualche chilometro a valle di Diecimo. Costruita nella prima metà dell'XI secolo, presenta un'ampia varietà di litotipi: calcilutite bianca priva di selci, calcilutite grigio chiaro con selci chiare, calcilutite grigio scuro con selci nere, e

rari conci di calcare rossastro e di calcarenite di colore grigio. Sono presenti, inoltre, ciottoli di arenaria Macigno, probabilmente prelevati dal greto del vicino fiume Serchio. Nell'abside compaiono bozze di arenaria Macigno (lesene, archetti e mensole), rari frammenti di laterizio e, ancor più rare, concrezioni di grotta. L'area di approvvigionamento della calcilutite utilizzata nelle due chiese della zona di Diecimo è di difficile individuazione, poiché un materiale analogo a quello impiegato è presente in numerosi affioramenti utilizzati per estrazione, anche in tempi recenti, nella zona che va da Pozzori (sito A, in Fig. 1) fino alle Cave Maddaleni (sito C, in Fig. 1).

San Pietro a Valdottavo

Costruita nella seconda metà del XII secolo, con facciata rivolta quasi esattamente ad ovest, mostra una sostanziale analogia con le chiese di San Giorgio di Brancoli

nei pressi di Gignano e di Sant'Alessandro a Lucca. Si tratta di edifici senza dubbio assai simili, con la quasi assoluta coincidenza di piante, stili e strutture. Il paramento esterno di questa chiesa, ad eccezione della parte absidale, è costituito quasi esclusivamente da una calcilutite di colore grigio, che può assumere tonalità più chiara, a causa di una patina biancastra d'alterazione, o tonalità più scura, per lo sviluppo di forme biologiche pervasive. La prima forma alternativa è particolarmente evidente nel fianco destro della chiesa, esposto all'insolazione diretta per gran parte della giornata, mentre la seconda si sviluppa nel fianco sinistro ed in facciata, soprattutto in corrispondenza dei corsi di conci messi in opera con la superficie esposta perpendicolare alla stratificazione.

In facciata sono presenti, inoltre, marmo bianco (con il quale sono stati scolpiti gli elementi della bifora centrale), malta e rari frammenti di laterizio; un concio di marmo, due di arenaria Macigno, malta e laterizi sono i materiali impiegati insieme alla calcilutite grigia nel fianco destro della chiesa. Il tamponamento della parte absidale è costituito da malta e laterizi, arenaria Macigno e rari conci di una calcilutite di colore grigio. Come già indicato a proposito delle chiese esaminate nella zona di Diecimo, l'area di approvvigionamento della calcilutite utilizzata nella chiesa di Valdottavo non può essere individuata con certezza poiché un materiale analogo a quello impiegato in questa chiesa affiora estesamente nella zona che va da Pozzori (sito A, in Fig. 1) fino alle Cave Maddaleni (sito C, in Fig. 1).

San Donato e San Lorenzo a Domazzano

Queste due chiese sono state costruite agli inizi del XII secolo, utilizzando principalmente una calcilutite di colore bianco, ricca di selci chiare. Una litologia simile affiora diffusamente a Domazzano (sito B, in Fig. 1), e nel luogo di edificazione della chiesa di San Lorenzo è ancora identificabile una zona di escavazione con antichi sbancamenti. Nell'abside e parte del fianco destro della chiesa di San Donato è presente anche un numero limitato di elementi di arenaria Macigno e di un calcare marnoso attribuibile alla Formazione del Flysch a Elmintoidi delle Unità Liguridi, che affiora limitatamente nel luogo di edificazione della chiesa. Sostituzioni in arenaria Macigno, frammenti di laterizio e tamponamenti vari, invece, sono presenti nella facciata e nel fianco destro della chiesa di San Lorenzo.

Pieve di Santa Maria Assunta a Sesto di Moriano

Costruita nell'XI secolo, è una delle più antiche e importanti fabbriche a navata unica absidata della Lucchesia. All'osservazione diretta, è accessibile soltanto la facciata che, nella parte inferiore, risulta costruita con conci ben squadri e levigati, separati da sottili strati di malta, disposti senza un perfetto allineamento, mentre nella parte superiore è costituita da conci più piccoli, appena sbazzati, collegati da uno spesso strato di malta e disposti ben allineati. Le principali rocce utilizzate in questa chiesa sono: una calcarenite a grana fine di colore grigio, che costituisce la gran parte del paramento, e una calcilutite bianca, priva di selci. Inoltre, sono presenti alcuni conci di calcilutite e di

calcarenite rossastra, di arenaria Macigno, oltre a vari frammenti di laterizio.

La calcarenite utilizzata per costruire la chiesa di Santa Maria Assunta a Sesto di Moriano potrebbe provenire dall'affioramento di Nummulitico in prossimità della pieve (sito D, in Fig. 1), nel quale la fratturazione e lo stato d'alterazione del materiale ben si accorda con il variabile spessore dei conci e la presenza di alcuni conci rossastri.

Riva sinistra del fiume Serchio. La Brancoleria

Questa zona comprende i versanti sud-occidentali di M.te Moraglio e di M.te Gallione, che delimitano ad oriente la bassa valle del Fiume Serchio, all'altezza del paese di Vinchiana. Le chiese studiate in quest'area sono: Santa Maria Assunta a Piazza di Brancoli, San Giorgio e San Lorenzo di Brancoli nei pressi di Gignano.

Lo stato di conservazione delle rocce utilizzate per edificare le chiese esaminate è generalmente buono. L'azione degli agenti atmosferici nel tempo è stata più o meno efficace nel degradare il materiale impiegato a seconda della composizione, porosità e modalità di messa in opera di questo ultimo. In genere, le forme di degrado più evidenti sono riconducibili a fenomeni di dissoluzione, incrostazione e, nelle parti più umide, a estesa proliferazione di forme biologiche.

Santa Maria Assunta a Piazza di Brancoli

Nel suo aspetto attuale, la chiesa risale alla prima metà dell'XI secolo, quando fu rielaborata la costruzione originaria, probabilmente del VIII secolo, della quale rimangono la pianta a navata unica absidata, l'alzato fino a circa 7 metri e l'abside; il campanile fu invece ricostruito in epoca cinquecentesca.

Il paramento della chiesa è costituito quasi integralmente da una calcilutite bianca, ricca di liste e noduli di selce chiara. Negli stipiti e archivolti delle monofore del fianco sinistro e nella parte absidale sono presenti, rispettivamente, conci di calcilutite grigia e di arenaria Macigno.

La zona di approvvigionamento della calcilutite è sicuramente da individuare nell'affioramento di Maiolica immediatamente a E del paese di Piazza di Brancoli (sito E, in Fig. 1), dove sono presenti evidenti segni di un'antica attività estrattiva.

San Giorgio di Brancoli, presso Gignano

La pieve risale alla seconda metà del XII secolo. La fabbrica, con pianta a tre navate ed abside rivolta ad est, è stata costruita con una calcarenite medio-fine di colore grigio, ben stratificata e gradata. Conci di calcilutite bianca sono presenti in facciata e in vari interventi di restauro effettuati nel fianco destro; l'architrave del portale è in marmo bianco. In facciata, inoltre sono numerose ed evidenti le stuccature di porzioni danneggiate durante l'ultimo evento bellico.

All'interno sono presenti un'acquasantiera, un fonte battesimale ed un ambone di pregevole valore artistico, realizzati con una calcarenite a grana grossa, simile macroscopicamente al materiale utilizzato nelle strutture portanti.

Le caratteristiche delle calcareniti suggeriscono un approvvigionamento di gran parte del materiale dai banchi di Nummulitico affioranti a N della chiesa (sito F, in Fig. 1). Infatti, lungo la strada che conduce a Croce di Brancoli sono presenti numerosi sbancamenti nei quali sono presenti una calcarenite medio-fine (simile per caratteristiche al materiale utilizzato per costruire le strutture portanti) ed una calcarenite più grossolana (adatta a fornire il materiale per le sculture interne).

San Lorenzo di Brancoli

La chiesa di San Lorenzo è attribuita alla prima metà del XII secolo. La fabbrica è ad aula unica con abside semicilindrica e campanile impostato su un arco appoggiato al fianco sinistro. Nelle strutture di questa chiesa sono presenti calcareniti di colore grigio a granulometria fine e media, raramente grossa, calcilutiti di colore grigio chiaro o bianco e, più raramente, rosa chiaro. Nel fianco destro alcuni conci presentano una struttura particolare, caratterizzata da una parte chiara calcilutitica a diretto contatto con una parte scura calcarenitica. La parte terminale del campanile è invece costruita con laterizi, arenaria Macigno e rari conci calcarei.

Per individuare l'area d'approvvigionamento delle litologie principali utilizzate per costruire la chiesa di San Lorenzo è opportuno considerare che questa sorge in un'area nella quale affiora estesamente l'arenaria Macigno. Qualche centinaio di metri a W della chiesa, affiora il contatto tra la parte alta della formazione della Maiolica, con livelli calcarenitici intercalati a calcilutiti, e il Nummulitico, costituito da banchi di calcareniti a granulometria variabile da media a grossa. Pertanto, è presumibile che la relativa vicinanza di questo affioramento (in località Selve, sito G, in Fig. 1) abbia favorito l'impiego di varie litologie: i conci calcarenitici di colore grigio a granulometria media o grossa, spesso di rilevanti dimensioni, possono essere

attribuiti al Nummulitico, mentre quelli calcilutitici o calcilutitici/calcarenitici, per la presenza di variazioni granulometriche all'interno dei singoli blocchi, possono essere attribuiti alla parte superiore della Maiolica.

CONCLUSIONI

Le chiese medievali della bassa valle del Fiume Serchio sono state costruite impiegando quasi esclusivamente rocce provenienti dalle formazioni della Maiolica e del Nummulitico (Tab. 5).

Le analisi effettuate hanno messo in evidenza che queste formazioni sono costituite da bancate di calcare chimicamente più o meno puro. La composizione complessiva dei campioni è data da una componente carbonatica (in quantità compresa tra 82,6 e 96,8% in peso, con eccezione di un valore 66,0%, nei campioni di Maiolica e tra 94,7 e 99,3% in peso nei campioni di Nummulitico) e da una componente terrigena. Quest'ultima, più abbondante nei campioni di Maiolica, è costituita prevalentemente da quarzo (variabile da 0,8 a 15,8% in peso, escluso un valore 27,6%, nei campioni di Maiolica e da 0 a 3,6% in peso nei campioni di Nummulitico) e, subordinatamente, da fillosilicati e ossidi ed idrossidi di ferro (complessivamente variabili da 1,5 a 7,9% in peso nei campioni di Maiolica e da 0,6 a 2,2% in peso nei campioni di Nummulitico).

La porosità delle rocce è generalmente bassa (in media 1% in volume), mentre la resistenza meccanica alla compressione (in media pari a 191,5 ± 33,4 N/mm² nei campioni di Maiolica, e pari a 167,7 ± 19,9 N/mm² nei campioni di Nummulitico) è piuttosto variabile nelle diverse varietà, decresce salendo nella successione stratigrafica ed è correlata positivamente con il contenuto di fillosilicati.

Tab. 5 - Litotipi impiegati per edificare le strutture murarie delle chiese medievali della bassa valle del Fiume Serchio.

| Chiesa | Maiolica | | | Nummulitico | | | Altri materiali litici o litoidi | | | | | | |
|--|-------------|--------|-------------|-------------|-------|--------|----------------------------------|---|----|---|----|----|----|
| | Calcilutite | | Calcarenite | Calcarenite | | | A | B | C | D | E | F | |
| | Bianca | Grigia | Grigia | Fine | Media | Grossa | | | | | | | |
| Santa Maria Assunta a Diecimo | | +++ | | | | | tr | | | | tr | tr | tr |
| San Martino in Greppo di Diecimo | tr | +++ | tr | tr | tr | | tr | | tr | | tr | tr | |
| San Pietro a Valdottavo | | +++ | | | | | | | | | tr | tr | tr |
| Santa Maria Assunta a Sesto di Moriano | + | | | +++ | | | tr | | | | tr | tr | |
| San Donato a Domazzano | +++ | | | | | | + | + | | | tr | tr | |
| San Lorenzo a Domazzano | +++ | | | | | | tr | | | | tr | tr | |
| San Lorenzo di Brancoli | tr | ++ | ++ | ++ | ++ | + | tr | | | | | tr | tr |
| San Giorgio di Brancoli | tr | tr | | +++ | ++ | tr | | | | | tr | tr | |
| Santa Maria Assunta a Piazza di Brancoli | +++ | tr | | | | | tr | | | | | tr | |

A: Arenaria Macigno; B: Flysch ad Elmintoidi; C: Calcare a selci nere; D: Marmo; E: Malta; F: Laterizio.
 +++: molto abbondante; ++: abbondante; +: presente; tr = tracce.

I materiali impiegati per la costruzione delle varie chiese provengono, in generale, da affioramenti ubicati nelle immediate vicinanze degli edifici, se non addirittura dagli sbancamenti necessari per preparare i piani di fondazione degli edifici stessi. La corrispondenza fra le varietà affioranti in prossimità degli edifici ed i materiali in opera è particolarmente evidente per le chiese di San Lorenzo a Domazzano e San Martino in Greppo di Diecimo, ma può essere ipotizzata anche per le tre chiese della Brancoleria, per Santa Maria Assunta a Sesto di Moriano e per San Donato a Domazzano. Questo rapporto di vicinanza immediata fra edificio e provenienza del materiale non è, invece, verificabile per le due grandi chiese di San Pietro a Valdottavo e di Santa Maria Assunta a Diecimo, che sono costruite nel fondo valle su terreni alluvionali. Tuttavia, anche queste distano non più di due chilometri da affioramenti idonei a fornire il materiale visibile in opera.

Complessivamente, le calcilutiti della Maiolica, di colore bianco o grigio, sono le rocce maggiormente utilizzate per edificare le strutture murarie delle chiese nella zona esaminata. Seguono per abbondanza le calcareniti del Nummulitico. Limitata e circoscritta è la presenza di Calcari grigio scuri con selci nere, arenaria Macigno, marmo ed altri materiali artificiali quali laterizi e malte. La scelta fra l'impiego delle calcilutiti della Maiolica o le calcareniti del Nummulitico corrisponde dunque alla facilità di approvvigionamento dei due materiali che hanno peraltro caratteristiche tecnologiche assai simili. Lo scarso impiego di Macigno e calcari marnosi sembra invece rispondere a scelte costruttive ben precise. Il Macigno, infatti, è stato impiegato quasi esclusivamente in elementi scolpiti, quali mensole e cornici.

Passando da edifici più antichi (ad esempio San Martino in Greppo di Diecimo) ad edifici più moderni (San Pietro a Valdottavo), è osservabile un cambiamento delle tecniche di posa, con dimensioni dei blocchi messi in opera progressivamente più regolari, disposti ordinatamente e collegati da giunti di malta più sottili. In San Martino in Greppo di Diecimo (prima metà del XI sec.) sono presenti blocchi di dimensioni assai variabili (da un decimetro ad un metro quadrato), collegati da spessi strati di malta e disposti senza un regolare allineamento. In San Donato a Domazzano (inizi del XII sec.) i conci, di dimensioni più simili tra loro, sono disposti in filari quasi allineati. In San Pietro a Valdottavo (seconda metà del XII sec.) i conci sono di forma regolare e costituiscono ornamento del paramento esterno dell'edificio. Questi, infatti, sono disposti secondo una periodica sequenza, nella quale corsi di maggiore spessore e di colore più chiaro, con superficie esposta del blocco di pietra al «verso», si alternano a corsi di minore spessore e colore più scuro, con superficie del blocco di pietra al «contro». Una simile scelta costruttiva, realizzata con

maggiore perfezione utilizzando marmo anziché calcilutiti della Maiolica, è visibile nel paramento esterno della chiesa di Sant'Alessandro a Lucca.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il Prof. Roberto Mazzuoli per la revisione critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Bertagnini A., Franzini M., Gratzu C., Spampinato M., 1983. Sezioni lucide sottili o ultrasottili per lo studio al microscopio ottico delle rocce carbonatiche. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A* 90: 9-13.
- Cerrina Feroni A., Patacca E., 1975. Considerazioni preliminari sulla paleogeografia del Dominio Toscano interno tra il Trias superiore ed il Miocene medio. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Serie A* 82: 43-54.
- Degli Innocenti S., 1996. Le pietre da costruzione delle chiese della bassa valle del Serchio: la Brancoleria e Sesto di Moriano. Tesi di laurea, Università di Pisa, 206 pp.
- Dunham R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 1: 108-121.
- Fazzuoli G., Ferrini G., Pandeli E., Sguazzoni G., 1985. Le formazioni giurassico-mioceniche della Falda Toscana a nord dell'Arno: considerazioni sull'evoluzione sedimentaria. *Mem. Soc. Geol. It.* 30: 159-201.
- Folk R.L., 1959. Practical petrographic classification of limestone. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 43 (1): 1-38.
- Folk R.L., 1962. Spectral subdivision of limestones. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 1: 62-84.
- Franzini M., 2002. Provenienza dei materiali impiegati nelle mura medievali. In: Mencacci P., Lucca, le mura medievali (XI-XIII sec.). Accademia Lucchese di Scienze, Lettere e Arti, Studi e Testi, LXXV, Lucca.
- Franzini M., Leoni L., Saitta M., 1975. Revisione di una metodologia analitica per fluorescenza X, basata sulla correzione completa degli effetti matrice. *Rend. Soc. It. Mineral. Petrol.* 31: 365-378.
- Gini M., 1996. Le pietre da costruzione delle chiese della bassa valle del Serchio: la zona di Diecimo e la zona di Valdottavo. Tesi di Laurea, Università di Pisa, 216 pp.
- Migliorini C.I., 1949. Sedimentazione delle brecciole calcaree e del Macigno. *Atti Soc. Tosc. Sci. Mat. Mem., Serie A* 56: 21-41.
- NorMaL 7/81, 1981. Assorbimento d'acqua per immersione totale - Capacità di imbibizione. CNR - Centri di Studio di Milano e Roma sulle cause di deperimento e sui metodi di conservazione delle opere d'arte - ICR - Istituto Centrale per il Restauro, Roma.
- Trevisan L., Brandi G.P., Dallan L., Nardi R., Raggi G., Rau A., Squarci P., Taffi L., Tongiorgi M., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 105 - LUC-CA. Min. Ind. Comm. Art., Serv. Geol. d'It.
- UNI 10859, 2000. Beni culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua per capillarità. UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.
- UNI EN 1926, 2000. Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a compressione. UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

