

L'ARENA DI MONTE SENARIO

Caratteristiche composizionali, tecniche e confronto con la Pietra Serena

Nicola Cipriani - Fabio Fratini - Massimo Nebbiai - Rino Sartori

da ARKOS ABSTRACT N° 9 del gennaio/marzo 2005

La Pietra Serena caratterizza da secoli l'architettura fiorentina e con la sua buona qualità e lavorabilità ha contribuito a esaltare la bellezza di molti edifici, non solo a Firenze. La Pietra Serena era estratta nei dintorni della città da alcune cave impostate sulla Formazione delle Arenarie di Monte Modino (Fiesole) o del Macigno (Gonfolina e Monti del Chianti). Entrambe queste formazioni appartengono alla stessa successione, sono di età oligocenico-miocenica inferiore e si trovano al tetto della Falda toscana. Le regole del mercato, mutevoli nel tempo, hanno determinato la chiusura di tutte le cave da cui questa pietra era estratta. Per l'Arenaria di Monte Senario, affiorante nella zona montuosa tra Firenze e il Mugello, mancano notizie storiche del suo impiego in città e risulterebbe quindi un utilizzo solo locale (ad esempio, Convento di Monte Senario e Pieve di San Martino a Lobaco, entrambi del XIII secolo). Solo recentemente questa pietra ha fatto la sua comparsa ufficiale in Firenze in sostituzione di parti deteriorate (Villa Fabbricotti, Santa Maria Novella, Uffizi, Boboli, Palazzo Pandolfini) integrandosi perfettamente con la preesistente Pietra Serena. Le Arenarie di Monte Senario hanno età oligocenica inferiore e appartengono all'Unità di Canetolo (Unità Subligure)

Le analisi composizionali evidenziano modeste differenze tra le due pietre, mentre quelle fisicomeccaniche non consentono di distinguerle e ciò permette di ritenerle completamente interscambiabili per un uso in architettura. Va comunque segnalato che è possibile distinguere le due pietre sulla base di alcuni parametri petrografici deducibili da una semplice analisi modale. Ciò dà la possibilità di verificare se l'Arenaria di Monte Senario sia stata usata anche in passato in sostituzioni di manufatti in Pietra Serena deteriorati.

INTRODUZIONE ALLE PROBLEMATICHE STORICHE E SCIENTIFICHE

Dopo la chiusura delle cave fiesolane di Pietra Serena (Salvianti, Latini, 2001), architetti e restauratori hanno sentito la necessità di trovare un tipo sostitutivo, avente aspetto e caratteristiche simili, da poter impiegare nei restauri e/o integrazioni delle opere architettoniche fiorentine. A questo scopo sono stati utilizzati vari materiali, provenienti da altre formazioni geologiche anche al di fuori della Toscana, a volte definiti merceologicamente Pietra Serena. Queste, pur avendo aspetto quasi simile, non hanno le stesse caratteristiche mineralogiche e petrografiche della pietra fiesolana e la verifica della durabilità effettuata solo dopo alcuni anni dagli interventi non è stata, salvo eccezioni, lusinghiera. La recente riapertura di due cave di arenaria nella Formazione di Monte

Senario, ha stimolato uno studio comparativo tra le caratteristiche di questo litotipo e quelle della Pietra Serena classica.

PIETRA SERENA

Il nome Pietra Serena era attribuito alla pietra estratta nei dintorni di Fiesole già da Giorgio Vasari (1568), da Filippo Baldinucci (1681) e da Giovanni Targioni Tozzetti (1773); anche Agostino del Riccio (1597), nella *Istoria delle Pietre*, tratta le sue particolari caratteristiche. La denominazione Pietra Serena è stata utilizzata storicamente solo nell'area fiorentina ed essa quindi rappresenta il 'marchio depositato' da secoli nell'architettura di questa città. Su queste basi storiche, quindi, questa denominazione così peculiare non dovrebbe essere attribuita a nessun altro litotipo anche se a essa somigliante. La Pietra Serena trovò il suo massimo impiego nelle opere architettoniche fiorentine del Rinascimento con Brunelleschi prima, Michelangelo poi.

La Pietra Serena era estratta dalla litologia arenacea a grana medio fine della Successione Macigno/Arenarie di Monte Modino di età Oligocene sup. - Miocene inf. che a sua volta fa parte della Falda toscana. I sedimenti di questa successione sono essenzialmente arenacei e di origine torbiditica. I clasti sabbiosi che li compongono sono costituiti da una frazione derivante dal disfacimento di rocce metamorfiche di medio e basso grado, granitiche in senso lato e da una frazione proveniente da altre rocce silicoclastiche: sono presenti granuli di quarzo, frammenti metamorfici e granitici, feldspati e fillosilicati. Il legante è prevalentemente costituito da una matrice argillosa ricristallizzata (epimatrice) anche se risulta presente, in minima quantità, un cemento calcitico. Dal punto di vista petrografico tale arenaria viene classificata da arcose ad arenite feldspatica. La granulometria è variabile, da medio-fine a grossolana (Cipriani, 1958, 1961; Cipriani, Malesani, 1963a. b; Bruni, Pandeli, 1980; Bruni et al., 1994). Al taglio fresco in opera mostra un colore grigio-azzurrognolo.

A Fiesole, Settignano, Vincigliata, Valle del Mugnone, affiora la Formazione dell'Arenaria ili Monte Modino (Abbate, Bruni, 1987), costituita da una facies arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea con strati arenacei a grana medio-fine. Il Vasari ricorda ne *Le Vite* che, lungo il fossato del Torrente Mensola tra il Monte Ceceri e Vincigliata, nella Cava delle Colonne era estratto un materiale di particolare pregio e resistenza grazie all'elevato contenuto in calcite (Eldmann, 1950). Tale pietra era detta Pietra del Fossato. La Formazione del Macigno invece è costituita da facies arenacee e arenaceo-pelitiche con strati arenacei a grana medio-grossa e affiora nell'area di Montebuoni Tavarnuzze (Impruneta), Gonfolina e Carmignano (Lastra a Signa). La pietra della Gonfolina, nel corso del Cinquecento venne trasportata a mezzo barconi fino a Pisa dove era conosciuta come Macigno della Gonfolina (Rodolico, 1953). La tessitura è generalmente omogenea e uniforme ed è caratterizzata spesso da laminazioni e gradazioni (variazioni della granulometria entro lo spessore dello stesso strato); rara la presenza di vene di calcite spatica che possono rappresentare zone di debolezza e che generalmente venivano considerate deturpanti dell'omogeneità della pietra. Quando utilizzata negli interni la sua resistenza nel tempo è praticamente illimitata (Del Riccio. 1597) ma quando esposta all'esterno, la sua resistenza

si riduce sensibilmente fino a rendere necessaria la sua sostituzione dopo alcune decine di anni (fanno eccezione il colonnato degli Uffizi, la Loggia del Mercato Nuovo e il porticato di piazza Santissima Annunziata dove la Pietra Serena si presenta ancora in buone condizioni di conservazione). Le forme di degrado sono: formazione e cadute di croste parallele alle superfici a vista indipendentemente dall'orientazione dei piani di stratificazione, polverizzazioni e disgregazioni superficiali, talora fessurazioni parallele ai piani di stratificazione (Malsani, Vannucci. 1974). L'alterazione che porta la pietra ad assumere una colorazione avana è dovuta alla decomposizione della clorite: questo minerale può trasformarsi in clorite-vermiculite e il ferro può variare il suo stato di ossidazione. Entrambi questi fenomeni inducono la trasformazione cromatica e un peggioramento delle caratteristiche di resistenza della pietra (Cipriani, Malesani, 1995).

ARENARIA DI MONTE SENARIO

La Formazione dell' Arenaria di Monte Senario affiora, se pur con estensioni limitate, in una vasta area dell'Appennino settentrionale. Nei dintorni di Firenze si trova a Montesenario, Polcanto, Santa Brigida, Monte Giovi e in un piccolissimo affioramento sulle colline di Scandicci nei pressi di Mosciano. Affiora inoltre nel Valdarno Superiore, nel Casentino e in Val Marecchia. Mentre per le Arenarie Macigno e quelle di Monte Modino esistono moltissimi studi stratigrafici e petrografici, per l'Arenaria di Monte Senario sono state fatte pochissime ricerche (Rodolico, 1941; Valduga, 1957; Micheli, 1967; Chiocchini et al, 1996). Le Arenarie di Monte Senario sono caratterizzate da un'alternanza di arenarie e argilliti con intercalazioni di lenti conglomeratiche. Gli strati arenacei, a granulometria da fine a grossolana, presentano gradazione semplice, ripetuta o inversa a causa delle frequenti amalgamazioni.

Analogamente alla Pietra Serena anche l'Arenaria di Monte Senario ha una genesi torbidityca. È attribuita al Complesso di Canetolo (Unità Subligure) e ha un'età oligocenica inferiore (Valduga. 1957). Generalmente si trova posta tettonicamente sopra la Formazione del Macigno s.l.. Le arenarie sono classificate come arenile da feldspatica a litica. La granulometria normalmente è medio-grossolana e talora medio-fine come a Santa Brigida. Come per la Pietra Serena, il legante è prevalentemente argilloso, ricristallizzato (epimatrice), ma è presente anche una non trascurabile quantità di cemento calcitico. In cava, al taglio fresco, mostra un colore azzurrognolo che poi in opera si trasforma in grigio-azzurrognolo. Il Vasari e Targioni Tozzetti riportano indicazioni delle opere ove la Pietra Serena è stata impiegata, come per le colonne e gli interni di San Lorenzo e di Santo Spirito, per la Biblioteca Laurenziana, per il colonnato degli Uffizi e i loggiati di piazza Santissima Annunziata, mentre per quanto riguarda l'Arenaria di Monte Senario non è stato possibile rintracciare fonti storiche che ne segnalino località di scavo per il suo uso in Firenze.

In ogni caso il suo impiego si può osservare in varie opere, quali il Convento di Monte Senario, fondato nel XIII secolo dall'Ordine dei Serviti, sorto proprio sopra l'affioramento dell'omonima arenaria e che aveva attiva, fino a qualche anno fa, una propria cava. Il convento presenta le mura esterne di questa arenaria senza particolari segni di degrado.

Anche la Pieve di San Martino a Lobaco, vicino a Santa Brigida, del XIII secolo, ha parte delle strutture esterne realizzate con l'arenaria di Monte Senario (una parte è in alberese), prelevata localmente e in buono stato di conservazione. Questo per le costruzioni più antiche, ma negli ultimi decenni il litotipo è stato impiegato pure in molte sostituzioni di opere poste all'esterno, tra cui citiamo; le scalinate di accesso a Villa Fabbricotti in Firenze, Villa Guicciardini a Sesto Fiorentino, parti ornamentali sul campanile di Santa Maria Novella, alcuni tratti del cordonato delle scalinate esterne al Loggiato degli Uffizi, scalinate alla base della fontana del Carciofo in Boboli (situata sulla terrazza prospiciente il cortile dell'Ammannati in Palazzo Pitti) e, nella varietà tipo Pietra Bìgia, alcune specchiature sotto le finestre del Palazzo Pandolfini in via San Gallo. A distanza di diversi anni queste sostituzioni non presentano particolari segni di alterazione e degrado e si integrano perfettamente con la preesistente Pietra Serena.

CAMPIONAMENTI E METODOLOGIE DI STUDIO

Il campionamento dell'Arenaria di Monte Senario è stato effettuato nell'unica cava attiva situata a Santa Brigida e nei due strati attualmente coltivati. I campioni sono stati indicati con le sigle SB (Santa Brigida) seguiti da T (posizione alta o tetto dello strato), C (centro), B (base dello strato). Su tali campioni sono state svolte le seguenti indagini:

- studio petrografico in sezione sottile al microscopio polarizzatore mediante analisi modale;
- determinazione del contenuto in calcite mediante calcimetro Dietrich-Fruhling;
- determinazione della composizione dei minerali argillosi mediante diffrattometria a raggi X;
- determinazione di alcuni parametri fisici (densità reale, peso di volume, porosità totale aperta, coefficiente d'imbibizione in volume e indice di assorbimento) secondo metodologie messe a punto presso il CNR-ICVBC di Firenze;
- determinazione di alcune caratteristiche meccaniche (resistenza a flessione, resistenza a compressione, modulo elastico) effettuate presso l'Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Costruzioni, Laboratorio Ufficiale Prove Materiali.

RISULTATI DELLE INDAGINI

ANALISI PETROGRAFICHE

Due campioni rappresentativi degli strati coltivati in cava (SB-B, SB-C), sono stati studiati mediante analisi modale al microscopio polarizzatore attrezzato con un sistema integrato software/hardware che consente di memorizzare tutto il tracciato e i risultati analitici. I risultati analitici sono stati confrontati con quelli relativi alla successione Macigno-Arenarie di Monte Modino studiati nelle aree circostanti la città di Firenze, per la quale esiste un'ampia bibliografia e numerose analisi. I due campioni analizzati sono molto simili, com'era da attendersi, e sono caratterizzati dall'abbondanza di quarzo sia in forma

monocristallina che policristallina; il loro rapporto medio (Q_m/Q_m+Q_p) è 0,68. Questo valore indica un tenore in quarzo policristallino molto più elevato rispetto a quello riscontrato per le Arenarie Macigno s.l. (0,83). Il quarzo monocristallino è caratterizzato dalla prevalenza di cristalli aventi ondulosità dell'estinzione maggiore di 5° e il rapporto tra cristalli a estinzione netta ($0-5^\circ$) sul totale ($Q_0/Q_{,,,}$) è di 0,32, mentre nel Macigno è di 0,42. Tra i feldspati prevalgono i plagioclasii sodici rispetto ai k-feldspati e il rapporto medio K/F è 0,24; nel Macigno invece il rapporto medio sale a 0,32. Il rapporto tra il quarzo e i feldspati è 0,66 nelle Arenarie di Monte Senario, mentre nel Macigno è 0,56, denotando un maggior tenore in quarzo nelle prime. La composizione dei frammenti litici è caratterizzata da un maggior tenore in metamorfici foliati in Monte Senario rispetto al Macigno in cui sono caratterizzanti, invece, i clasti vulcanici, prevalentemente riolitici rimaneggiati. I frammenti carbonarici sono molto rari in entrambe le arenarie, ma in Monte Senario si riscontrano, con relativa frequenza, frammenti di biocalcareni e bioclasti. Infine si nota una certa frequenza di clasti serpentinitici nel Macigno, mentre in Monte Senario appaiono decisamente più rari. Anche il cemento è un carattere distintivo. Infatti le Arenarie di Monte Senario contengono mediamente maggiori quantità di cemento carbonatico (7,2%) e di calcite di sostituzione (7,4%) rispetto alla Pietra Serena dei dintorni di Firenze (Gonfolina, Fiesole, Monti del Chianti) la quale presenta rispettivamente valori di 2 e 4,5%. Questo dato è confermato anche dai dati calcimetrici che indicano per Monte Senario un contenuto medio di calcite totale dell'11% rispetto a un contenuto medio del 5% per la Pietra Serena (Cantisani et al., 2002).

In tabella 1 sono riportati in dettaglio i risultati analitici dei due campioni analizzati, mentre in tabella 2 è visibile il confronto, sopra descritto, tra alcuni parametri. In figura 6 è riportato l'istogramma delle classi dell' ondulosità dell' estinzione del quarzo monocristallino da cui si nota una differente distribuzione di frequenza delle classi per le due Formazioni. In particolare, si nota una Frequenza minore nelle prime due classi ($0-5^\circ$ e $6-10^\circ$) e un aumento progressivo nelle altre tre, fino ad avere l'ultima classe ($>20^\circ$) con una frequenza molto maggiore per le Arenarie di Monte Senario rispetto al Macigno. In figura 7 è riportato il diagramma QFL+C in cui sono messe in evidenza le aree composizionali delle formazioni messe a confronto. Le aree in questione sono state disegnate in base al valore medio e alla deviazione standard relativi alle voci dei vertici. Come si può notare, i campi relativi alle tre sezioni stratigrafiche del Macigno (Fiesole, Monti del Chianti e Gonfolina), sono parzialmente sovrapposti tra loro, mentre, i punti rappresentativi delle Arenarie di Monte Senario sono chiaramente distinti. Anche se le indicazioni che emergono dal confronto dei parametri petrografici si basano sull'analisi di due soli campioni di Arenarie di Monte Senario, a fronte dell'analisi di 68 campioni delle Arenarie del Macigno, tuttavia risultano indicative se confrontate con gli altri dati presentati.

Tabella 1 : Composizione modale principale

	Arenarie di Monte Senario		Macigno		
	SB-base	SC-centro	Gonfolina	Fiesole	Monti del Chianti
Quarzo monocristallino a	6,4	8	11,3	10,2	11,8

estinzione netta					
Quarzo monocristallino a estinzione ondulata	14,8	15	15,7	13,6	17
Quarzo monocristallino	21,2	23	27,1	23,8	28,8
Quarzo policristallino	11	9,6	7,7	4,9	4,3
QUARZO	32,2	32,6	34,8	28,7	33,1
K-Feldspati	4,4	3,5	8,7	8,6	7,1
Plagioclasti	12,4	12,9	17,6	19,7	15,2
FELDSPATI	16,8	16,4	26,3	28,2	22,3
Frammenti di rocce intrusive	0,2	-	-	-	0,1
Frammenti di rocce vulcaniche acide	-	0,6	0,6	0,5	0,9
Frammenti di rocce vulcaniche intermedie	0,6	0,8	0,9	0,8	0,3
Frammenti di rocce metamorfiche	13	11,2	4,2	4,3	6
Serpentiniti	-	0,4	1,4	2,2	1,8
Frammenti di rocce sedimentarie clastiche	-	0,4	0,4	0,5	0,3
Dolomie	-	-	-	-	-
Calcari	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5
Selce	-	-	-	-	-
LITICI (L+C)	14,6	14	7,9	8,7	9,9
Muscoviti	7,2	9,4	9,5	10,6	9,2
Biotiti	3	1,6	6,8	4,6	6
Cloriti	1,4	1,2	1,6	1,6	3,2
Matrice detritica	-	-	1,3	2,8	1,8
Epimatrice	10,2	2,2	1,5	0,5	0,7
Pseudomatrice	0,2	-	1,9	0,7	1,7
Matrice secondaria	0,2	0,4	0,3	-	0,3
Cemento carbonatico	8,2	5,6	1,6	3,7	2,5
Calcite di sostituzione	3,4	11,4	2,1	5,9	5,7
Bioclasti	1,6	3,8	-	-	-
Minerali pesanti trasparenti	0,4	0,4	2,4	2,4	2,2
Minerali pesanti opachi	0,6	1	2	1,3	1,5
Totale	100	100	100	100	100

ANALISI DEI MINERALI ARGILLOSI

Come osservato tramite analisi modale, la matrice argillosa (epimatrice) nelle Arenarie di Monte Senario è mediamente superiore a quella presente nell'Arenaria Macigno. Il riconoscimento dei minerali argillosi viene effettuato comunemente mediante la diffrazione a raggi X. Le due metodologie forniscono risultati differenti, in quanto l'analisi a raggi X coinvolge tutti i componenti del sedimento oltre alla voce epimatrice dell'analisi modale. La diffrattometria a raggi X consente di riconoscere, quindi, la composizione fillosilicatica globale dei campioni che, nel caso dell'Arenaria di Monte Senario è costituita dall'associazione clorite, illite e caolinite. Questa composizione è leggermente diversa da quella riscontrata nei numerosi campioni di Macigno s.l. (Pietra Serena), come si può osservare in tabella 3. In particolare bisogna evidenziare l'assenza di minerali a reticolo espandibile (clorite-vermiculite), che invece sono presenti nell'Arenaria Macigno (Banchelli et al., 1997). Lo strato misto clorite-vermiculite è considerato un minerale a reticolo espandibile in quanto la frazione vermiculitica, in presenza di liquidi (nel caso delle pietre esposte agli agenti atmosferici si tratta essenzialmente di acqua meteorica) tende a rigonfiarsi per adsorbimento di molecole d'acqua nella posizione interstrato. In generale comunque questo minerale ha una bassa espansibilità in quanto essa dipende, oltre che dalle caratteristiche strutturali della vermiculite, anche dalla percentuale presente all'interno dello strato misto. In altre parole una clorite-vermiculite sbilanciata quantitativamente verso la clorite si espanderà meno di una sbilanciata verso la vermiculite. È indubbio che, nel tempo, questo strato misto, per quanto con espansibilità contenuta, può comunque contribuire alla disgregazione delle rocce in cui è presente. Da questa considerazione deriva quindi che la durabilità delle pietre senza minerali a reticolo espandibile, a parità di altre condizioni, è generalmente superiore rispetto alle pietre che ne contengono.

Tabella 2: Caratteri distintivi principali tra le Arenarie Macigno e le Arenarie di Monte Senario

	Arenarie di Monte Senario	Arenarie Macigno		
	SantaBrigida	Gonfolina	Firesole	Monti del Chianti
Qm/Q	0,7	0,8	0,8	0,9
Q ₀ /Qm	0,3	0,4	0,4	0,4
K/F	0,2	0,3	0,3	0,3
Q/Q+F	0,7	0,6	0,5	0,6
Lm	12,3	5,5	6,5	7,8
Lv	1	1,5	1,3	1,2
Ls+C	0,9	0,8	0,9	0,9
Bioclasti	2,7	-	-	-

Qm=quarzo monocristallino; Q=quarzo totale;
Q₀=quarzo monocristallino con ondulosità dell'estinzione compresa tra 0-5°; K=feldspato potassico; F=feldspati totali;
Lm=litici metamorfici (+serpentiniti); Lv=litici vulcanici;
Ls+C=litici silicoclastici e carbonatici.

Tabella 3: Associazione dei minerali argillosi nella frazione inferiore a 4 mm

	Cl%	Cl-V%	I%	K%
SBB	15-20	-	35-40	45
SBC	10-15	-	45-50	40
SBT	20	-	35	45
P.Serena	20-30	10-30	25-35	25-50

Cl=clorite; Cl-V=clorite-vermiculite; I=illite; K=caolinite.

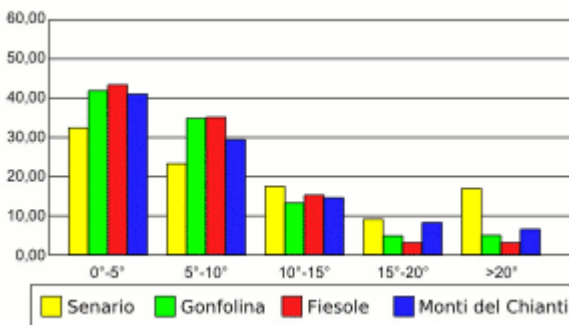


Figura 6: distribuzione dell'ondulosità del quarzo monocristallino per l' Arenaria di Monte Senario e per la Pietra Serena proveniente dalle cave della Gonfolina, di Fiesole e dei Monti del Chianti.

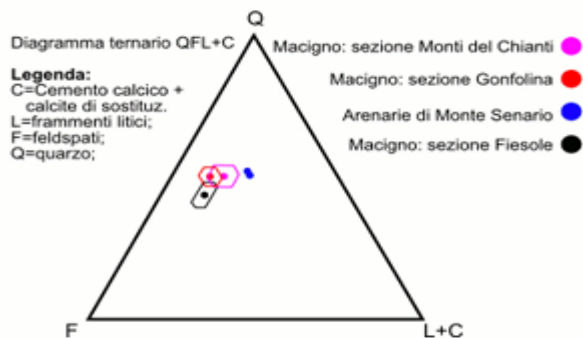


Figura 7

CARATTERISTICHE FISICHE

Lo studio delle caratteristiche fisiche, e in particolare della porosità, è molto importante per la comprensione delle caratteristiche di durabilità di un materiale lapideo. Infatti lo spazio poroso permette alla pietra stessa d'interagire con l'acqua, l'agente che maggiormente contribuisce al degrado delle rocce. Questo elemento, oltre ad agevolare le reazioni chimiche, agisce anche con fenomeni di tipo fisico. Tutte queste interazioni dipendono sia dalla quantità assoluta dei pori, sia dalla loro distribuzione dimensionale e dalla connessione reciproca. I pori più grossi (macropori, di raggio $>150 \mu\text{m}$) hanno la capacità di assorbire e di rilasciare velocemente l'acqua, mentre i mesopori (raggio compreso tra $0,0037-150 \mu\text{m}$) trattengono in misura variabile l'acqua e rendono possibile le reazioni chimiche e le azioni fisiche. I micropori (raggio $<0,0037 \mu\text{m}$) non permettono l'ingresso dell'acqua allo stato liquido, ma solo allo stato di vapore agevolando quindi le azioni chimiche ma non quelle fisiche. Lo studio di dettaglio della porosità unitamente alle analisi di tipo composizionale e meccanico permette quindi di esprimere una valutazione sulla qualità della pietra e d'inquadrarne le possibilità di utilizzo. Nel caso specifico sono stati analizzati 6 provini, per ciascun campione prelevato (SBB, SBC e SBT), su cui sono stati determinati i seguenti parametri:

- densità reale (γ);

- peso di volume (γ_s);
- porosità totale aperta (P%);
- coefficiente di imbibizione espresso in volume (Clv%);
- indice di saturazione (IS%).

La determinazione di queste grandezze non fa parte di una metodologia normalizzata bensì si tratta di misure messe a punto nel corso dell'attività di ricerca del CNR-ICVBC che forniscono informazioni di maggior completezza rispetto alle metodologie codificate per la descrizione dei materiali lapidei in uso nelle costruzioni. I risultati delle analisi sono riportati in tabella 4. La porosità totale aperta è relativamente bassa, compresa tra 4 e 5% ed è simile a quella della Pietra Serena. Anche il comportamento nei confronti dell'acqua è analogo, con un indice di saturazione compreso tra 83 e 98%, valore relativamente elevato che indica come in questo materiale la maggior parte dei pori abbia dimensioni favorevoli a trattenere l'acqua (mesopori).

Tabella 4 : Caratteristiche fisiche

Campione	γ	γ_s	P%	Clv%	IS%
SBB	2,67-2,68	2,53-2,55	4,5-5,2	4,4 - 4	92-98
SBC	2,68	2,54-2,56	4,5-5,2	4 - 4 ,2	83-91
SBT	2,67-2,68	2,48-2,50	4,7-7,4	6,5-6,7	97-98
P.serena	2,66-2,69	2,52-2,58	4,2-5,2	2,8-4,5	80-90

γ =densità reale (gr/cm^3);

γ_s =peso di volume (gr/cm^3); P%=porosità totale aperta;

Clv%=coefficiente di imbibizione espresso in volume;

IS%=indice di saturazione.

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le prove meccaniche più significative per la scelta di una pietra per manufatti o pavimentazioni dipendono dall'uso per cui è predisposta. Nel caso di rivestimenti per esterni e d'interventi di restauro-sostituzione le caratteristiche principali sono legate alla capacità d'imbibizione in acqua che in relazione alle caratteristiche meccaniche si traduce nella definizione della capacità di resistenza al gelo. A questo scopo si eseguono prove di rottura a compressione semplice sia di provini allo stato secco che di provini saturi e di provini che sono stati sottoposti a cicli di gelo-disgelo. L'Arenaria di Monte Senario mostra di avere una buona resistenza alla compressione (102 Mpa), valore sensibilmente maggiore della Pietra Serena fiesolana (40-70 Mpa - Malsani, Vannucci, 1974: note al Foglio 106 Carta Geologica d'Italia). Un dato molto importante è inoltre la resistenza alla gelività come risulta dalla differenza tra i valori di resistenza a compressione dei provini saturi (81 Mpa) e dei provini sottoposti a 20 cicli di gelo-disgelo (87 Mpa). Il Regio Decreto 16 novembre 1939 n. 2232 afferma infatti che un materiale non è da considerarsi gelivo se tale differenza è <20%.

Tabella 5 : Prove meccaniche su materiale lapideo effettuate presso il Laboratorio Ufficiale Prove Materiali del Dipartimento di Costruzioni dell'Università degli studi di Firenze

	Norma	Valore medio
UCS*	UNI EN 1926	102 (MPa) ± 6
UCS su provini sottoposti a cicli di gelo-disgelo**	R.D. 16.10.1939 n.2232	125 (MPa)
UCS su provini saturi**		81 (MPa)
UCS su provini sottoposti a 20 cicli di gelo-disgelo**		87 (MPa)
Resistenza a flessione sotto carico concentrato***	UNI EN 12372	12 (MPa) ± 1
Modulo elastico semplice****	UNI 9724 p.8°	E 804411 (Mpa)

* UCS=resistenza a compressione semplice su 6 provini. Carico applicato parallelamente ai piani di anisotropia.

** su 24 provini. Media per carichi applicati parallelamente e perpendicolarmente ai piani di anisotropia.

*** su 10 provini. Carichi applicati parallelamente ai piani di anisotropia.

**** su 3 provini. Carichi applicati parallelamente ai piani di anisotropia.

CONCLUSIONI

Negli interventi di restauro del territorio fiorentino si sente da tempo l'esigenza d'individuare una pietra che possa essere sostitutiva della Pietra Serena, materiale che caratterizza moltissime costruzioni storiche. Questa pietra da tempo non è più estratta a causa della mancanza di strati abbastanza integri da cui poter ricavare blocchi di volume adeguato ai processi di lavorazione industriale. Con questa ricerca è stato eseguito uno studio dell' Arenaria di Monte Senario che ha permesso un confronto delle caratteristiche composizionali, fisiche e meccaniche con quelle della Pietra Serena. I risultati raggiunti hanno permesso di evidenziare una forte analogia tra le due pietre, particolarmente per quanto riguarda le caratteristiche fisiche e meccaniche. La composizione mineralogico-petrografica invece, pur apparendo a prima vista simile, permette in realtà di distinguerle in modo univoco anche analizzando un solo campione mediante analisi modale. Questa possibilità è quindi particolarmente utile per indagini, anche storiche, sull'uso delle varie pietre utilizzate sul territorio fiorentino.

E' di particolare rilevanza anche il fatto che in alcuni affioramenti di Arenarie di Monte Senario è presente una varietà di colore avana del tutto simile alla Pietra Bigia fiesolana (varietà di Pietra Serena) che potrebbe essere impiegata nelle sostituzioni architettoniche per eccessivo deperimento di alcuni elementi.

BIBLIOGRAFIA

- Abbate E, Bruni P: Modino-Cervarola o Modino e Cervarola Torbiditi Oligo-Mioceniche ed evoluzione del margine Nord-Appenninico. In: Mem. Soc Geol. It., 39, 1987; 19-33
- Baldinucci F: Vocabolario Toscano dell'Arte del Disegno, Firenze, 1681, 124.
- Banchelli, Fratini F, Germani M, Malesani P, Manganelli Del Fa' C The sandstones of the fiorentine historic buildings - individuation of the marker and determination of the supply quarries of the rocks used in some Florentine monuments. In: Science and Technology for Cultural Heritage, 6 (I), 1997; 13-22.
- Bruni P, Pandelli E: Torbiditi calcaree nel Macigno e nelle arenarie del Cervarola nell'area del Pratomagno e del Falterona (Appennino Sett.) In: Mem. Soc. Geol. It., 21, 1980; 217-230.
- Bruni P, Cipriani N, Pandelli E: Sedimentological and petrographical features of the Macigno and the Monte Modino sandstone in the Abetone area (Northern Appennines) In: Mem. Soc Geol. It., 48, 1994; 331-341
- Cantisani E, Fratini F, Rescic S: La Pietra Serena, impiego a Firenze composizione e curabilità. In: Arkos, 4.2002, 25-31
- Chiocchini U, Cipriani N, Coccioni R, Raffi I: New data on the Monte Senano Sandstone in the context of the Paleogene Ligurian-Piedmont Oceanic domain. In: Boll Ser. Geol. It. 115, 1996; 71 -86.
- Cipriani C: Ricerche sui materiali costituenti le arenarie. I) Sulla composizione mineralogica della frazione argillosa di alcune arenarie Macigno. In: Atti Soc Tosc. Scienze Nat., 65, 1958. 86-106.
- Cipriani C: Ricerche sulle Arenarie III) la composizione mineralogica di una serie di rocce della formazione del Macigno. In: Periodico di Mineralogia, 30, 1961. 23-59.
- Cipriani C, Malesani P: Ricerche sulle Arenarie: VIII) Determinazioni microscopiche sulle arenarie delle formazioni del macigno e marnosa-arenacea. In: Periodico di Mineralogia. 32.2-3, 1953; 343-345.
- Cipriani C, Malesani P: Le pietre fiorentine: caratteristiche e aspetto In Atti della Giornata di Studi in onore di Francesco Rodolico, 1993, 38.
- Cipriani C, Malesani P: Ricerche sulle arenarie- IX. Caratterizzazione e distribuzione geografica delle arenarie appenniniche oligoceniche e mioceniche In Mem. Soc Geol. It., IV, 1963; 339-374
- Del Riccio A: Istoria delle pietre, 1597. Riproduzione anastatica del MS 230 della Biblioteca Riccardiana (a cura di Barocchi P), SPES, Firenze. 1979; 82
- Edlmann L: Sulla Pietra del Fossato in: Boll. Soc Geol. It., 69, 1950; 89-93.
- Malesani P, Vannucci S: Pietra Serena e Pietraforte. in: Ricerche sulla degradazione delle pietre, Accademia Toscana di Scienze e Lettere La Colombaria, 3-43. Leo Olsclicki Ed Firenze. 1974.
- Micheli P: La serie di Monte Senario nei dintorni di Pergine Valdarno. In: Mem Soc Geol. It., 6, 1967; 489-502.
- Note al Foglio 106 (Firenze) della Carta geologica d' Italia scala 1-100.000, Istituto Poligrafico dello Stato.

- Rodolico F: Sulla presenza di rocce verdi nell'arenaria 'macigno'della valle dell'Aveto e del Monte Senario (Appennino Settentrionale) In: Atti Soc Tose. Se. Nat.,
- Rodolico F: Le pietre delle città d'Italia, Le Monnier. Firenze, 1953; 275-276
- Salvianti C, Latini M: La pietra color del cielo, Ed Minella Sani, Firenze, 2001.
- Targioni Tozzetti G: Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana, 1774. ristampa anast., Arnaldo Forni, Bologna, 1972; 16-19.
- Valduga A: La catena di Monte Senario e il gruppo di Monte Giovi. In: Boll Servizio Geol. d'Italia, 78, IV-V fase. 1957,637-682.
- Vasari G; Le vite de più eccellenti pittori, scultori et architettori, 1568, ed. Milanese, Firenze, 1878-1885, 125.

PROFILO AUTORI

Nicola Cipriani: Professore Associato presso il Dipartimento di Scienze della Terra di Firenze, ha svolto vari argomenti di ricerca, tra i quali il principale è la petrografia delle rocce sedimentarie. Lo studio ottico delle areniti ha permesso di giungere alla richiesta di brevetto di un sistema software-hardware per l'esecuzione dell'analisi modale.

Fabio Fratini: geologo, svolge la propria attività di ricerca presso il CNR-ICVBC di Firenze dove si occupa dello studio dei fenomeni di degrado dei materiali lapidei naturali utilizzati in architettura e dello studio della natura delle malte antiche e dei moderni leganti idraulici.

Massimo Nebbiai: laureato in Scienze Geologiche nel 1995 presso l'Università di Firenze con tesi sullo studio mineralogico e petrografico delle arenarie tra Le Piastre e Porretta Terme. Svolge ricerche sia sulle formazioni torbiditiche, sia come rilevatore di campagna per la nuova cartografia regionale (CARG).

Rino Sartori: laureato in Scienze geologiche nel 1996 presso l'Università di Firenze con una tesi sullo studio petrografico e geochimico dei Marmi rossi dell'architettura fiorentina. Ha proseguito le ricerche sulle pietre fiorentine partecipando a programmi di ricerca presso il Dipartimento di Scienze della Terra, sfociate nella monografia Pietre e marmi di Firenze.