

Proprietà tecnologiche e provenienza delle materie prime impiegate per la produzione delle statue menhir di Aiodda-Nurallao (Sardegna centrale): il contributo dell'archeometria

Marco Serra – Valentina Mameli – Carla Cannas

Macroscopic examinations and chemical measurements by non destructive pXRF, ICP-OES and ICP-MS have been applied on 10 geological samples collected from the fossiliferous limestone of the Villagreca Unit, outcropping in Nurallao (central Sardinia). The results of this study have allowed to determine the geochemical intra-source variability of the lithic raw material while the mineralogical investigation performed by PXRD on the same geological samples have led to define some technological properties of the limestone. Then, on 13 Eneolithic menhirs coming from the archaeological site of Aiodda-Nurallao (dating back to the 3rd millennium BC) non destructive pXRF measurements and visual observations have been carried out according to conservative limitations. Through the comparison between artifacts and lithological outcrop's analytical data, the authors have been able to define the geological source of the raw materials employed in megalithic sculptures manufacturing. Basing on the raw material technological properties, it has been possible to record the trend to select soft stones easy to work by prehistoric technologies.

Introduzione

Negli anni '70 del XX secolo la sepoltura dell'età del Bronzo sita nella località rurale di Aiodda, in agro di Nurallao (CA) (figg. 1, 2), fu oggetto di un'indagine stratigrafica condotta dalla cattedra di Preistoria e Protostoria dell'Università degli Studi di Cagliari. Durante le operazioni di scavo l'apparecchio murario della tomba nuragica, interamente realizzato in opera ciclopica, restituì, in evidente condizione di riuso antico, numerosi esemplari di sculture antropomorfe eneolitiche afferenti al tipo della statua menhir¹. Diversi dei suddetti megaliti furono rimossi dalle murature della sepoltura nuragica e furono esposti nei locali del Museo Archeologico Nazionale "Giovanni Antonio Sanna" di Sassari, presso i quali sono visibili ancora oggi². Alcuni decenni più tardi, nell'area denominata Perda Tellada, ubicata nei pressi della tomba di Aiodda, fu individuata un'antica cava di blocchi calcarei³ (fig. 3) il cui settore occidentale, escludendo le tracce chiaramente riferibili all'età romana, mostra negativi di estrazione geometricamente e dimensionalmente compatibili con i supporti scultorei dei menhir nurallaesi⁴.

¹ ATZENI 1982: 30-31; SANGES 1985: 36-38; 2001b: 88.

² CANU, FARINA 2016: nel lavoro di censimento citato, successivo all'avvio dell'indagine archeometrica presentata in questa sede a seguito dell'ottenimento dell'autorizzazione rilasciata dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali (Soprintendenza per i Beni Archeologici per le province di Sassari e Nuoro) con nulla osta prot. n. 1927 34.04.07/2.42 del 21/2/2013, le statue menhir di Aiodda compaiono con denominazioni differenti rispetto a quelle proposte dagli autori del presente contributo.

³ SABA 2000: 133.

⁴ SERRA 2015.

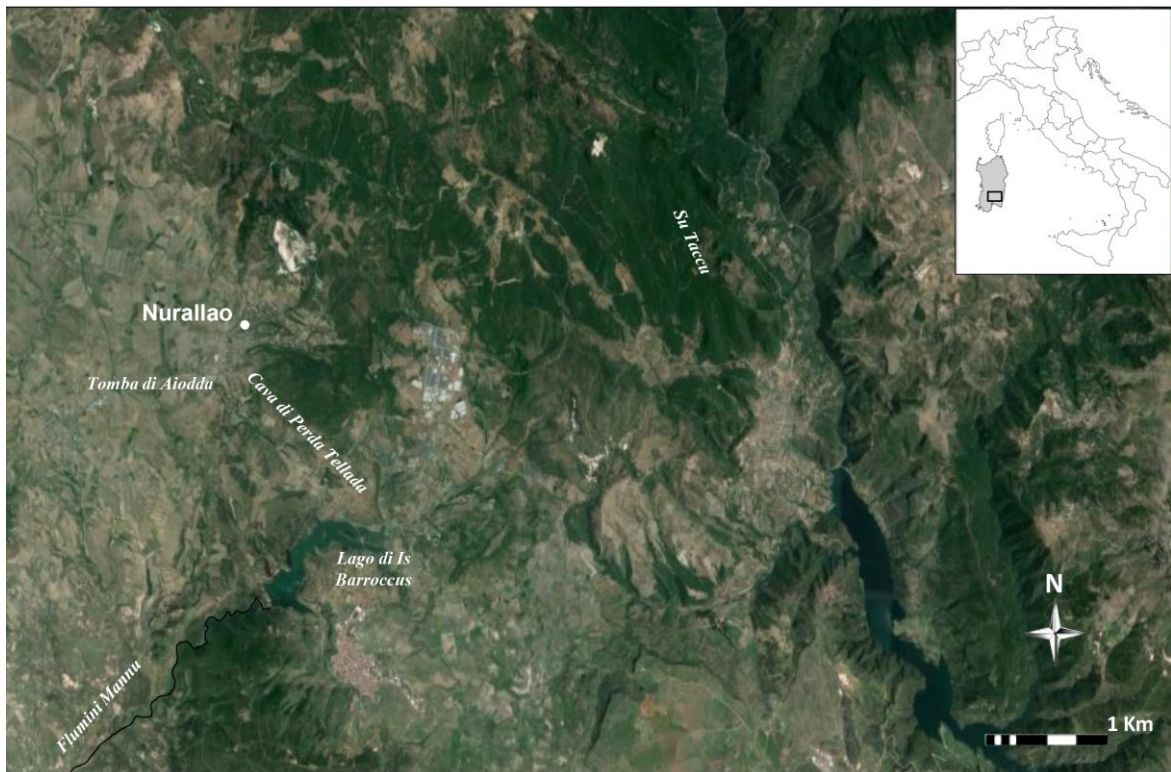


Fig. 1. Contesto geografico del territorio di Nurallao.



Fig. 2. Aiodda-Nurallao: veduta aerea della sepoltura nuragica (rielab. da Canu, Farina 2016: 23, fig. 9. Ph. N. Castangia).

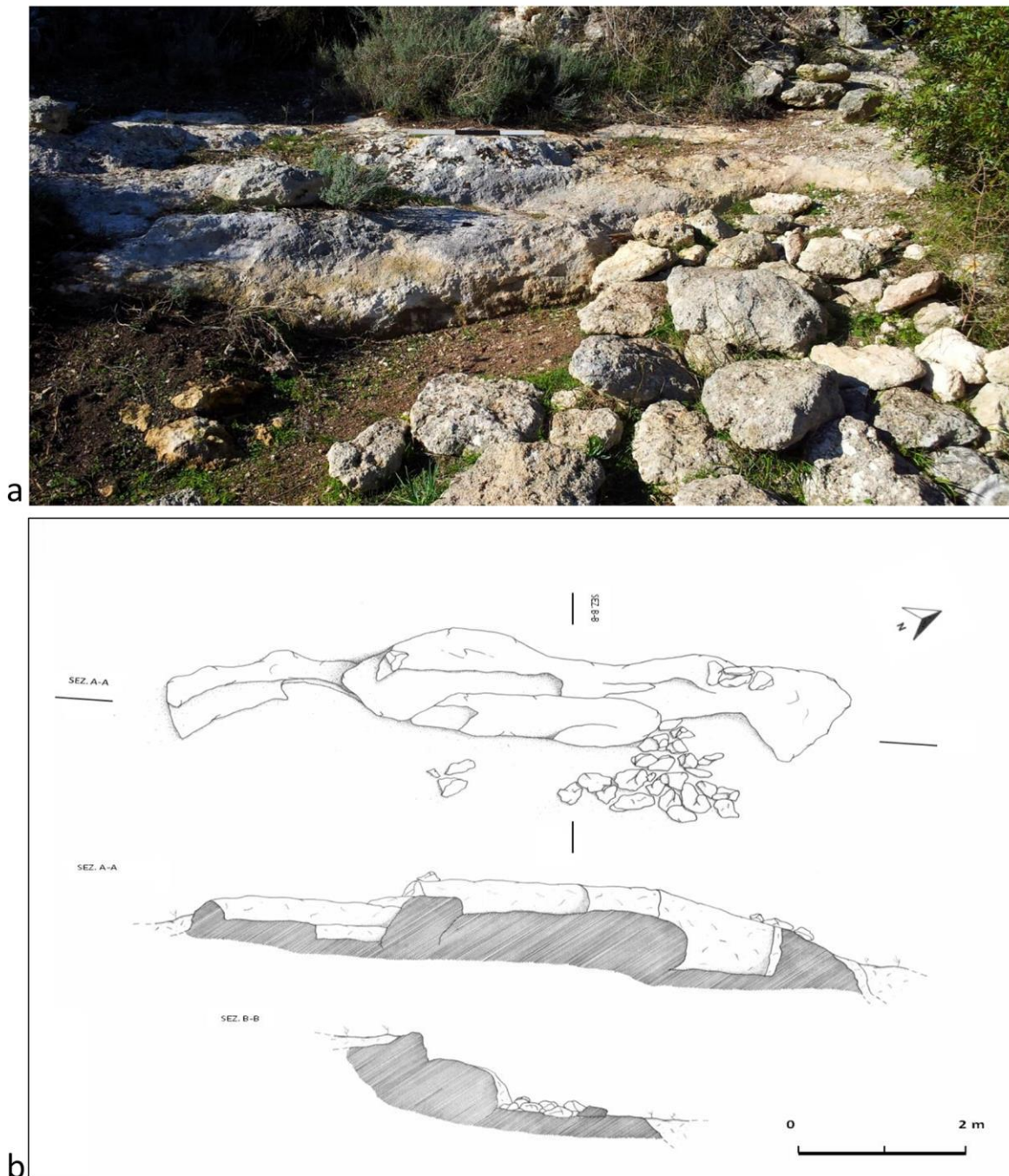


Fig. 3. Vista orientale (a), pianta e sezioni (b) della cava di Perda Tellada.

Lo studio qui presentato pertiene a 13 delle statue eneolitiche fatte oggetto di musealizzazione presso la suddetta struttura sassarese. Le statue mostrano una peculiare conformazione della norma frontale (caratterizzata dal profilo ogivale o centinato), una sezione trasversale abitualmente piano-convessa e una connotazione di genere quasi sempre maschile, trasparente dalla rappresentazione simbolica del capovolto e, soprattutto, del pugnale con singola o doppia lama triangolare (fig. 4). A quest'ultimo stilema simbolico-decorativo andrebbe attribuita, infatti, la valenza concettuale di segno del potere militare⁵. Esclusivo di Aiodda IV è, invece, un indecifrabile motivo a "V" profondamente inciso sotto il capovolto (fig. 4.3) mentre un ampio elemento circolare

⁵ ATZENI 1982: 30-32; ARNAL *et al.* 1983: 147-148.

compare sulla porzione mediana della statua denominata Aiodda 13 quale presumibile attributo femminile deputato a rappresentare il ventre materno (fig. 4.12).

Di seguito si presentano i risultati scaturiti dal lavoro archeometrico di caratterizzazione, definizione tecnologica e diagnosi della provenienza geologica e geografica delle materie prime lapidee utilizzate nella produzione delle sculture eneolitiche in oggetto. Lo studio si è avvalso di esami autoptici e strumentali condotti sia sul materiale proveniente dall'affioramento calcareo dell'Unità geologica di Villagrega (su cui sorge il sito estrattivo di Perda Tellada), che sui supporti scultorei delle statue menhir di Aiodda. Fino alla pubblicazione del presente contributo, la letteratura archeologica annoverava esclusivamente brevi note relative allo studio formale e tipologico delle sculture preistoriche provenienti dal sito di Aiodda⁶. Pertanto, quello presentato in questa sede è il primo caso di indagine archeometrica applicata alle statue menhir di Nurallao.



Fig. 4. Statue menhir analizzate in questo studio: 1) Aiodda I; 2) Aiodda II; 3) Aiodda IV; 4) Aiodda V; 5) Aiodda VI; 6) Aiodda 3; 7) Aiodda 7; 8) Aiodda 8; 9) Aiodda 9; 10) Aiodda 10; 11) Aiodda 11; 12) Aiodda 13; 13) Aiodda 15.

Lineamenti geologici del territorio di Nurallao

Durante l'Era Cenozoica, nel lasso di tempo intercorrente tra l'Oligocene e le fasi finali del Miocene (33-5 Ma), il territorio di Nurallao fu interessato da due differenti cicli sedimentari marini che portarono alla formazione di accumuli di oltre 1 km di potenza costituiti da litologie carbonatiche, conglomerati, arenarie e argille provenienti da ambienti fluviali, fluvio-deltizi e lacustri (fig. 5). Alla prima delle due fasi genetiche potrebbero appar-

⁶ SANGES 1985; 2001a; 2001b; CICILLONI 2008: 244-249; CANU, FARINA 2016.

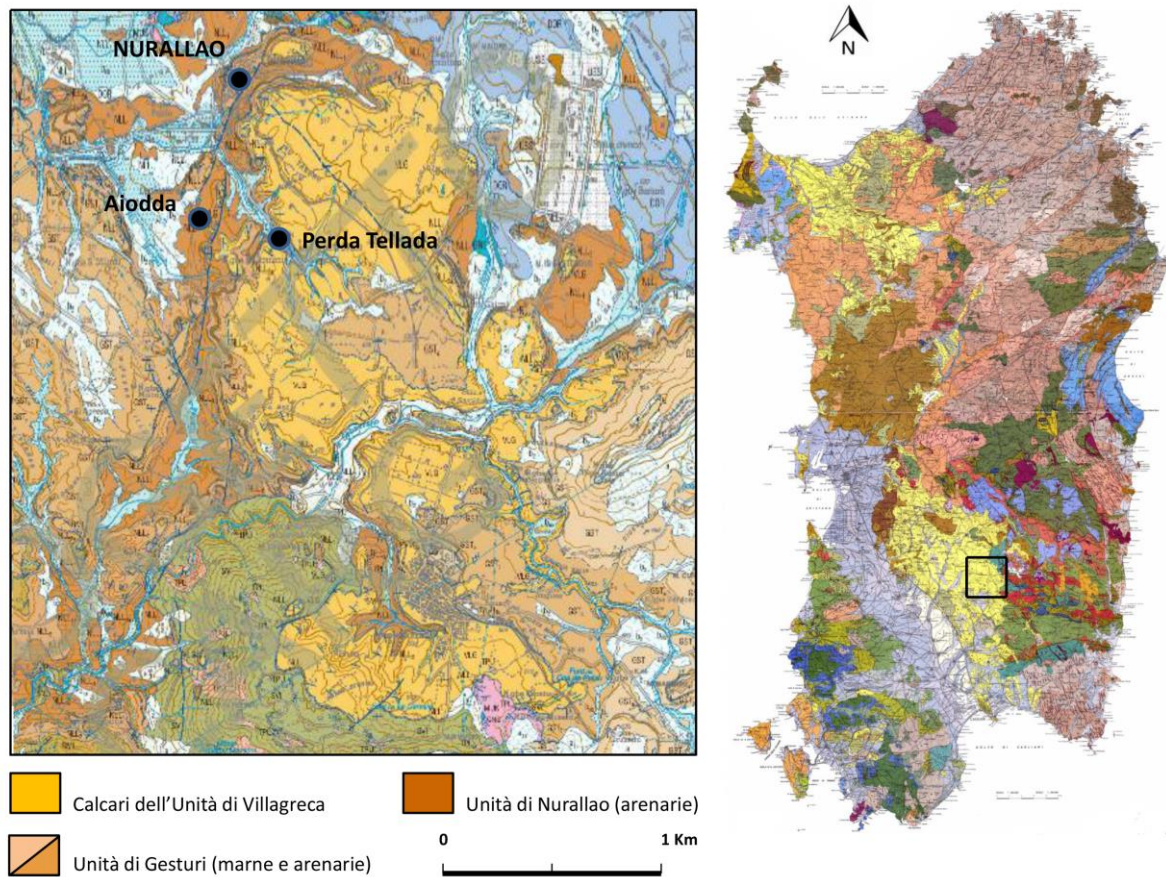


Fig. 5. Carta schematica della geologia del territorio di Nurallao (rielab. da Barca et al. 1997; ISPRA 2011).

tenere i sedimenti di ambiente continentale, prevalentemente fluvio-deltizi, della formazione di Riu Su Rettori, affioranti nel settore sarcidanese di Nurallao e di Isili. Si tratta di banchi calcareo-arenacei ricchi in quarzo, scisto e dolomia, con numerose testimonianze fossilifere rappresentate massimamente da echinodermi e coralli⁷. Sopra i depositi continentali di questa formazione poggiano le arenarie di Serralonga, afferenti alla Formazione di Nurallao. Questi depositi, che nella Sardegna centro-meridionale affiorano con notevole estensione e continuità, nell'area di studio sono limitati al settore posto a S-E rispetto all'abitato di Nurallao, dal quale prendono il nome. Si tratta di formazioni litologicamente eterogenee, caratterizzate nella parte inferiore da lenti di conglomerati e breccie, e in quella superiore da un'alternanza di arenarie grossolane e a grana minuta. Durante le fasi di sviluppo del medesimo processo sedimentario, l'impostarsi di condizioni di mare protetto nel settore occidentale del Basso Sarcidano, generarono una piattaforma carbonatica composta primariamente da calcari organogeni macrofossiliferi, alla quale è stato attribuito il nome di Unità di Villagrega⁸.

Al secondo ciclo sedimentario miocenico risalgono, invece, le Marne di Gesturi, affioranti al centro del territorio di Nurallao e rappresentate da una successione di marne con intercalazioni di arenarie più o meno coerenti, con matrice localmente carbonatica o argillosa e ricche di fauna fossile. La formazione delle piane alluvionali che costituiscono una buona porzione del territorio meridionale di Nurallao è inquadrabile, infine, entro i tempi dell'Era geologica Quaternaria (2,58 Ma-periodo attuale)⁹.

⁷ ASSORGIA et al. 1998: 15.

⁸ POMESANO CHERCHI 1968: 258; ISPRA 2011.

⁹ CHERCHI 1974; ISPRA 2011.

Tra le litologie menzionate, quella dotata delle caratteristiche tecnologiche maggiormente ambite dagli antichi costruttori attivi sul territorio, sembra essere quella costituita dai calcari dell'Unità di Villagreca, come dimostra il riconoscimento visuale di tale materiale lapideo su una consistente parte delle emergenze archeologiche monumentali nurallaesi. Detto fenomeno è certamente riconducibile alla bassa compattezza del litotipo, dalla quale dipende anche il requisito della elevata lavorabilità.

M.S.

Materiali e metodi

Campionamento e campionatura geologica

La popolazione bersaglio contemplata ai fini del campionamento geologico del territorio di Nurallao è rappresentata dalla locale formazione carbonatica bioclastica definita come Unità di Villagreca¹⁰, di seguito individuata dalla sigla "VLG". I suoi affioramenti si estendono a S del centro abitato di Nurallao per una superficie complessiva di circa 8 km² che, in ottemperanza alle procedure finalizzate alla raccolta del materiale geologico da sottoporre ad esame strumentale, è stata virtualmente inscritta entro un quadrilatero di 4 x 2 km con asse principale orientato secondo la direttrice N-S. Durante la definizione del piano per il campionamento geologico si è preferito estromettere l'estrema appendice meridionale dell'unità geologica in esame. L'esclusione è dipesa dall'assenza, presso la suddetta porzione del corpo geologico, della macro-fauna fossile che caratterizza il resto del giacimento calcareo e le statue menhir ritrovate nei suoi pressi, circostanza che ne ha evidenziato l'estraneità alla produzione delle sculture eneolitiche nurallaesi.

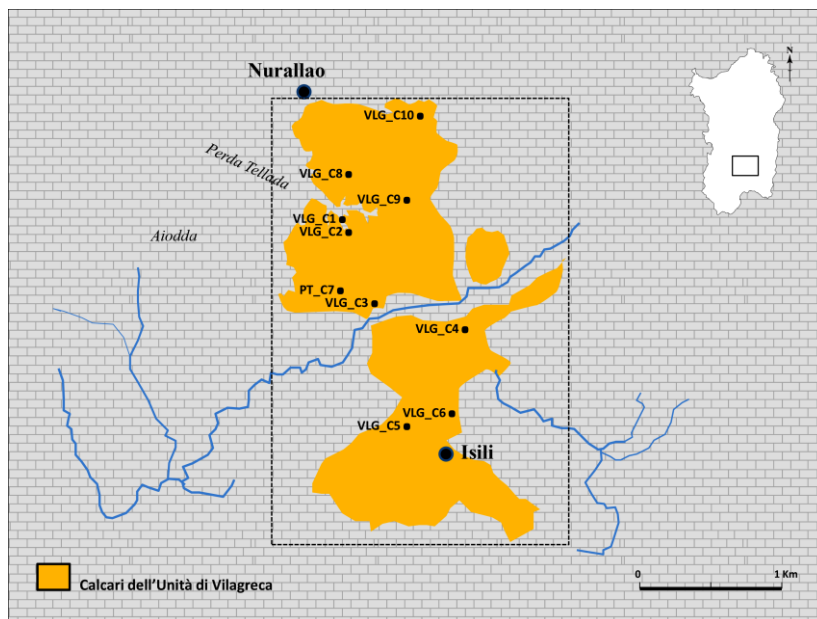


Fig. 6. Piano del campionamento geologico dei calcari di Villagreca.

sul resto dell'affioramento (campioni VLG_C3-10) (fig. 6). I campioni sono stati opportunamente georeferenziati secondo sistemi di posizionamento globale basati sul datum geodetico WSG84¹².

Quantunque una certa parte della letteratura geoarcheologica abbia proclamato la possibilità di dar vita ad attendibili lavori di caratterizzazione delle litologie calcaree basati su un campione numericamente modesto in virtù della loro sostanziale omogeneità composizionale¹¹, la campionatura delle georisorse in oggetto ha comunque optato per la realizzazione di una serie considerevole di prelievi, nel tentativo di tracciare un quadro geochemico della materia prima che fosse il più rappresentativo possibile. A tal fine la popolazione campionaria relativa all'Unità di Villagreca è stata assemblata procedendo all'isolamento, rispetto ai depositi carbonatici di pertinenza, di 10 frammenti lapidei. Le asportazioni sono state operate sulla sola roccia in banco, sia presso l'antica cava di Perda Tellada (campioni VLG_C1-2) che

¹⁰ POMESANO CHERCHI 1968: 258; ISPRA 2011.

¹¹ MIDDLETON, BRADLEY 1989; HARRELL 1992: 203.

¹² Cfr. FORNASERI *et al.* 1975: 113.

Campionamento archeologico

Il campione archeologico qui sottoposto a disamina archeometrica ha accolto 13 dei supporti statuari reimpiegati in qualità di materiale edilizio nella tomba nuragica di Aiodda (Aiodda I, II, IV, V, VI, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15) (fig. 4), attualmente ospitati presso gli spazi espositivi del Museo Nazionale "Giovanni Antonio Sanna" di Sassari. L'indagine è stata eseguita presso i locali del medesimo istituto di conservazione. Per ragioni derivanti dalle limitazioni tecniche imposte dal tipo di strumentazione disponibile per lo studio, le restanti due sculture di Aiodda, ancora in situ presso gli apparecchi murari della sepoltura dell'età del Bronzo¹³, non sono state incluse nella campagna di analisi.

Analisi autoptica e strumentale

Campioni geologici

Il primo livello di indagine che ha interessato i campioni di calcare dell'Unità di Villagreca è stato eseguito a mezzo di analisi autoptica¹⁴. Tale approccio ha consentito di descrivere i caratteri strutturali macroscopici della litologia in parola e di valutare preliminarmente le relazioni esistenti tra tale litotipo ed il materiale costituente i supporti scultorei delle statue menhir rinvenute ad Aiodda.

Le successive analisi chimico-fisiche sono state condotte attraverso la tecnica della spettrofotometria di fluorescenza a raggi X a dispersione di energia (ED-XRF), con l'ausilio di un equipaggiamento portatile (pXRF) utilizzato secondo modalità non distruttive. Le misure sono state effettuate su tre differenti punti di ogni campione geologico, allo scopo di ottenere dati di elevata rappresentatività sia sotto il profilo della composizione chimica qualitativa che semi-quantitativa del materiale indagato.

I due campioni prelevati dalla cava di Perda Tellada (VLG_C1-2), assieme ad altri due selezionati secondo criteri di casualità¹⁵ tra quelli provenienti dal resto dell'affioramento di Villagreca (VLG_C7, 10), sono stati oggetto di una verifica analitica volta ad accertare l'attendibilità dei dati ottenuti attraverso la tecnica di fluorescenza a raggi X¹⁶. Pertanto un'aliquota di tali campioni, approssimativamente il 5% in peso, è stata preventivamente finalizzata con un mulino e una giara al carburo di tungsteno, al fine di evitare le contaminazioni da ferro generalmente causate dall'uso delle comuni giare in acciaio¹⁷. Le polveri così ottenute sono state analizzate tramite spettroscopia di emissione ottica (ICP-OES) e di massa (ICP-MS) al plasma accoppiato induttivamente, per la determinazione qualitativa degli analiti presenti e delle relative concentrazioni assolute.

Le polveri dei campioni geologici VLG_C1, 2, 7, 9, 10 sono state inoltre sottoposte ad un'indagine cristallografica realizzata tramite diffrazione di raggi X (PXRD), al fine di valutare alcuni importanti requisiti tecnologici del lapideo come la durezza e la lavorabilità, certamente suscettibili di interesse da parte degli operatori preistorici impegnati nella ricerca e nell'approvvigionamento delle materie prime da impiegare a fini scultorei¹⁸.

Statue menhir

In accordo con le istanze di natura conservativa imposte dalla cogente normativa nazionale in materia di patrimonio archeologico, l'approccio analitico adottato nei confronti delle 13 statue menhir di Aiodda si è avvalso di tecniche strumentali che non prevedessero alcuna fase preparativa dei materiali antichi capace di comprometterne l'integrità o di modificarne l'aspetto esteriore. Pertanto, all'esame autoptico è stata affiancata la sola tecnica pXRF impiegata secondo modalità non distruttive. L'adozione di un'ap-

¹³ SABA 1993: 154-155; 2000: 128-129.

¹⁴ SHOTTON, HENDRY 1979: 76.

¹⁵ ORTON 2000: 20.

¹⁶ SHOTTON, HENDRY 1979: 77; LUNDBLAD *et al.* 2008: 3; SHACKLEY 2011: 19.

¹⁷ JONES *et al.* 1997: 931; DJINDJIAN 2002: 341; SAMUEL *et al.* 2007: 298.

¹⁸ BEVAN 2007: 40; RUBINETTO *et al.* 2013: 20.

parecchiatura portatile ha permesso la realizzazione delle analisi presso gli stessi spazi museali ospitanti i manufatti, evitando complicate, se non inattuabili, operazioni di movimentazione dei reperti. Anche sulle statue sono state effettuate tre differenti misurazioni che hanno interessato altrettante porzioni dei supporti scultorei. Lo scopo è stato ancora una volta quello di raccogliere dati utili in ordine alla composizione elementale qualitativa e semi-quantitativa del materiale lapideo costituente i monoliti, oltreché sulla loro potenziale affinità con le georisorse calcaree dell'Unità di Villagrecia.

Strumentazione e software

Le misure pXRF sono state effettuate tramite lo spettrofotometro ASSING LITHOS 3000. In fase di messa a punto delle impostazioni parametriche più efficaci per il tipo di campione in analisi, sono state definite le seguenti condizioni sperimentali: tempo di acquisizione pari a 600 s, tensione elettrica di 25 kV, intensità di corrente elettrica di 150 μ A, collimatore di diametro di circa 5 mm, distanza dal campione di 10 mm. Tali impostazioni sono state utilizzate sia per l'esame dei campioni geologici che dei manufatti archeologici.

Lo strumento utilizzato per le misure ICP-OES è lo spettrometro simultaneo Perkin Elmer OPTIMA 5300 DV con *detector* allo stato solido assiale rispetto alla torcia. Per le analisi ICP-MS è stato utilizzato lo spettrometro di massa Perkin Elmer ELAN DRC-e con sorgente di plasma ad accoppiamento induttivo, munito di auto-campionatore e cella di reazione per l'eliminazione degli interferenti.

Il diffrattometro utilizzato è il θ - θ Seifert X-3000, dotato di geometria focalizzante *Bragg Brentano*. La radiazione utilizzata è la Cu $K\alpha$ ($\lambda=1.54056 \text{ \AA}$). Per tutte le prove effettuate, le condizioni di lavoro sono state le seguenti: voltaggio di 40 kV, intensità di 30 mA, *range* angolare $10^\circ \div 65^\circ 2\theta$, step del goniometro di $0,05^\circ \theta$ e tempo di misura di 1 h.

La comparazione tra i campioni geologici e i manufatti è stata effettuata tramite i grafici a dispersione dei rapporti delle intensità di fluorescenza rivelati dal pXRF¹⁹, al fine di attenuare i fattori di influenza legati agli effetti di matrice e alla geometria del campione analizzato²⁰.

M.S., V.M., C.C.

Risultati

Campioni geologici

Analisi pXRF

La composizione chimica rilevata attraverso le misure pXRF non distruttive effettuate sui campioni geologici dell'Unità di Villagrecia, ha annoverato sistematicamente gli analiti K, Ca, Ti, Mn, Fe, Sr (fig. 7a). La successiva elaborazione dei dati analitici ha consentito di quantificare in cps (*counts per second*) le intensità dei segnali $K\alpha$ degli elementi sopra elencati. Tutti i valori ottenuti sono stati espressi come rapporto rispetto al picco più intenso, quello ascrivibile al segnale $K\alpha$ del Ca (analita preponderante dal punto di vista dell'intensità rivelata), e successivamente sono stati riportati su grafici binari alla ricerca di parametri utili ad una valutazione oggettiva della omogeneità composizionale del materiale analizzato²¹. Gli *scatter plot* dei tre rapporti K/Ca vs Sr/Ca, Ti/Ca vs Mn/Ca e Ti/Ca vs Sr/Ca hanno mostrato un chiaro fenomeno di variabilità intra-sorgente, il quale ha determinato la segregazione dei campioni prelevati presso la cava di Perda Tellada rispetto al resto della selezione campionaria geologica (fig. 8a). Tale comportamento geochimico da parte dei campioni di Perda Tellada è imputabile alla maggiore intensità dei rapporti K/Ca e Ti/Ca rispetto a quanto osservato nel resto dell'affioramento calcareo di Villagrecia.

¹⁹ Cfr. BANNING 2000: 28; SOLÉ *et al.* 2007.

²⁰ WARASHINA *et al.* 1978: 284; CATELANI *et al.* 1979: 397; JONES *et al.* 1997: 936; DE FRANCESCO *et al.* 2008; LUNDBLAD *et al.* 2008: 3.

²¹ DE FRANCESCO *et al.* 2008.

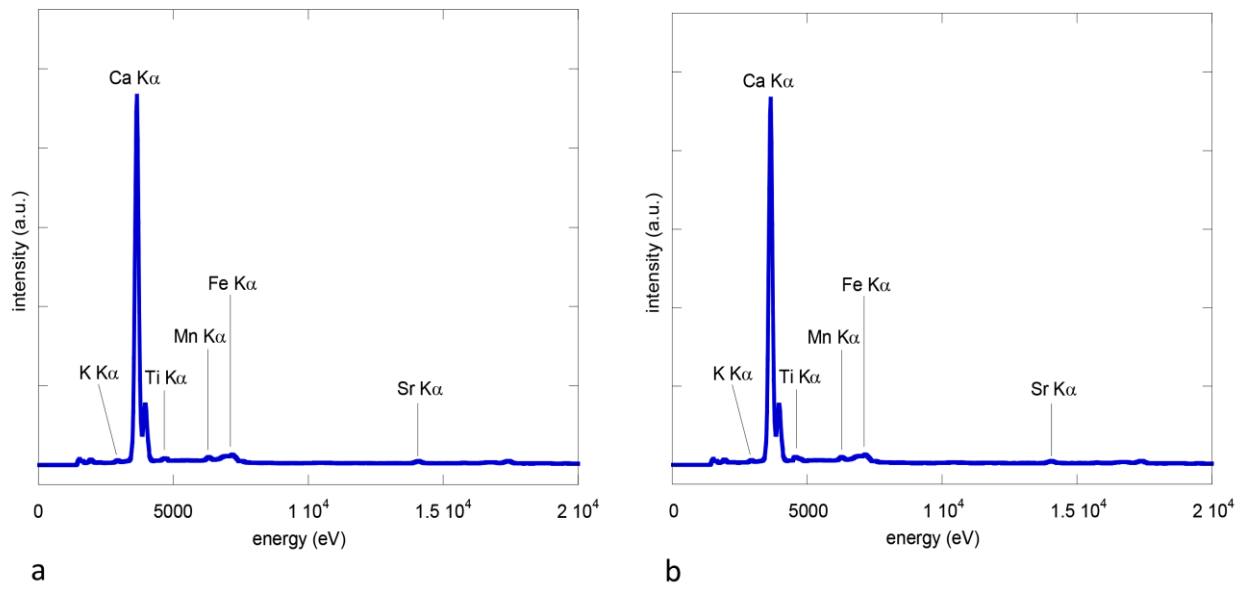


Fig. 7. Spettri pXRF rilevati su un campione geologico dell'Unità di Villagrecia (a) e sulle statue menhir di Aiodda (b).

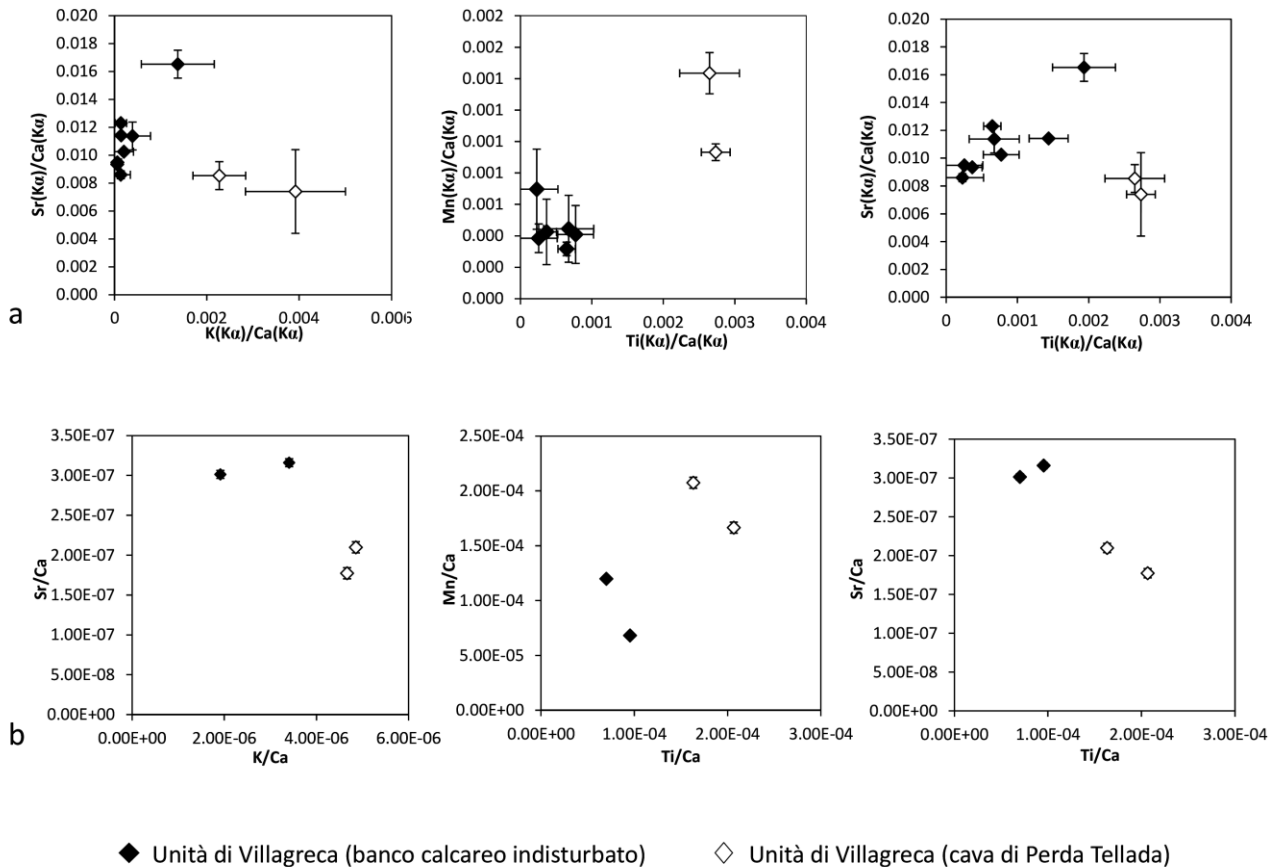


Fig. 8. Variabilità geochimica intra-sorgente dei calcari dell'Unità di Villagrecia: grafici a dispersione dei rapporti di intensità pXRF (a) e delle concentrazioni analitiche ICP-OES e ICP-MS (b).

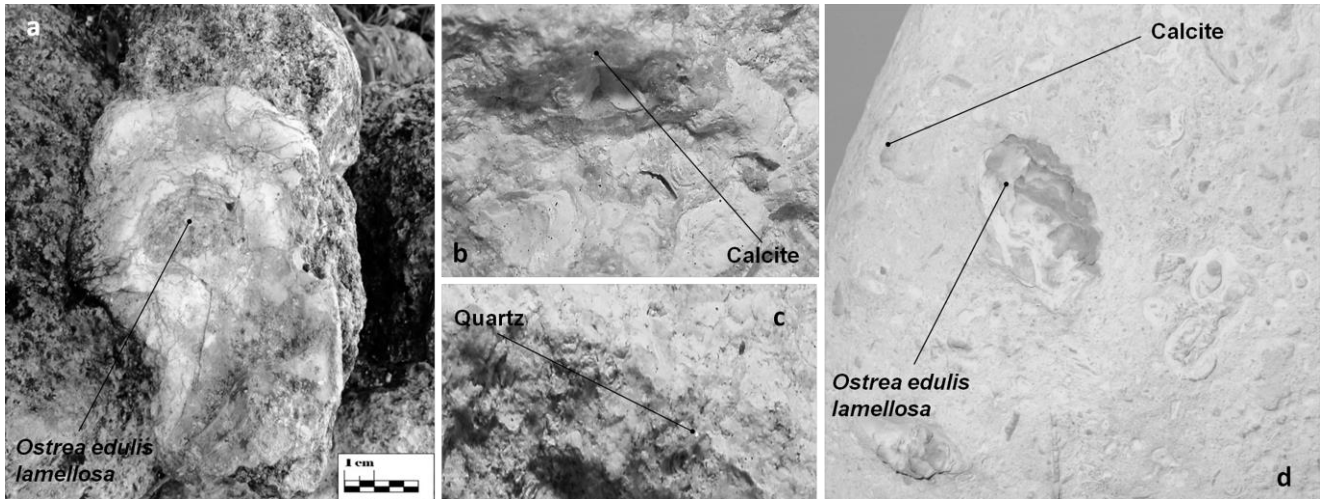


Fig. 9. Affinità paleontologiche e mineralogiche tra i calcari bioclastici dell'Unità di Villagreca (a-c) e i supporti scultorei delle statue menhir di Aiodda (d).

Analisi ICP-OES/ICP-MS

I caratteri di variabilità geochimica intra-sorgente evidenziati attraverso l'elaborazione grafica dei dati pXRF hanno suggerito l'esecuzione di una verifica analitica del fenomeno, posta in essere attraverso l'uso delle tecniche spettroscopiche micro-distruttive ICP-OES e ICP-MS. Le misure sono state effettuate sulle polveri dei campioni provenienti dalla cava di Perda Tellada (VLG_C1-2) e su quelle di due ulteriori campioni estrapolati in maniera casuale dalla selezione campionaria geologica (VLG_C7, 10). I grafici binari dei rapporti delle concentrazioni assolute desunte dalle analisi ICP (K/Ca vs Sr/Ca, Ti/Ca vs Mn/Ca e Ti/Ca vs Sr/Ca) hanno confermato l'esistenza dei due sub-gruppi geochimici rivelati dal pXRF (fig. 8b).

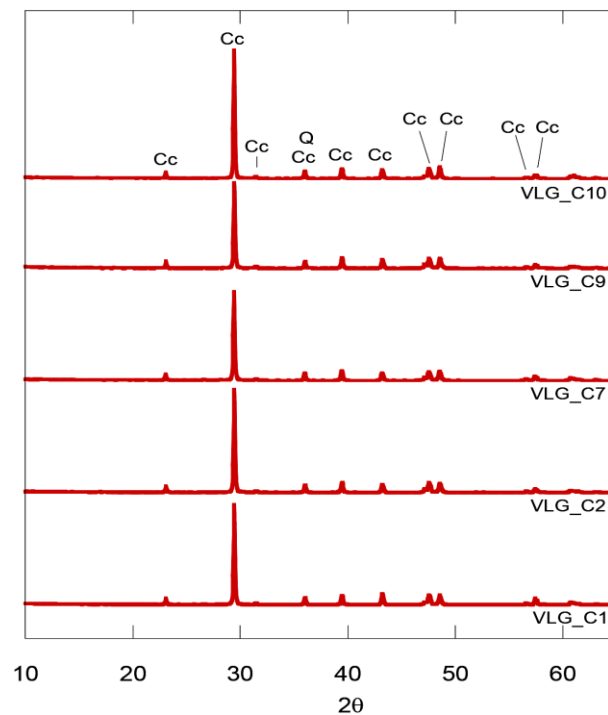
Esame autoptico e analisi PXRD

L'indagine visuale dei calcari dell'Unità di Villagreca ha evidenziato la presenza di una matrice micritica con inclusioni fossilifere a coralli, briozoi e *Ostrea edulis lamellosa*. Tale georisorsa, caratterizzata da una tipica cromia bianco-grigia, mostra rari fenocristalli di minerali carbonatici e, in subordine, di silicati (fig. 9a-c). Macroscopicamente la struttura presenta notevole porosità, carattere al quale può essere imputata la scarsa compattezza della litologia²².

Le misure PXRD effettuate sui campioni VLG_C1, 2, 7, 9, 10, in accordo con le osservazioni scaturite dall'esame autoptico, hanno mostrato una fase mineralogica preponderante costituita da calcite (CaCO_3) ed una minore rappresentata dal quarzo (SiO_2) (fig. 10). Dal punto di vista tecnologico, ciò ha permesso di classificare la litologia calcarea affiorante a Nurallao come una roccia dotata di durezza limitata²³ e, conseguentemente, di buona lavorabilità. È presumibile che la massiccia adozione del lapideo per fini scultorei e costruttivi durante la Preistoria locale, si debba massimamente a tali parametri.

²² Cfr. ATZENI *et al.* 2010: 26.

²³ I calcari dell'Unità di Villagreca e i minerali che li compongono afferiscono al livello 3 della scala delle durezza di Mohs, il quale contempla rocce e minerali teneri scalfibili con una punta di rame (BEVAN 2007: 42 fig. 4.1; GOFFER 2007: 87-88).



| UNITA' GEOLOGICA | MINERALI | FORMULA CHIMICA | PDF CARD |
|---------------------|----------|-------------------|----------|
| Unità di Villagreca | Calcite | CaCO ₃ | 72-1652 |
| | Quarzo | SiO ₂ | 82-511 |

Fig. 10. Pattern di diffrazione dei calcari dell'Unità di Villagreca (Cc: calcite; Q: quarzo).

Statue menhir

Esame autoptico e analisi pXRF

I caratteri strutturali, mineralogici e paleontologici rilevati per via autoptica sui supporti scultorei esaminati possono essere così riassunti: matrice microcristallina, fenocristalli calcitici e in misura minore silicatici, macrofauna fossile di ambiente litoraneo (fig. 9d). Tali evidenze si presentano in perfetto accordo con le peculiarità rilevate per via autoptica sui campioni geologici dell'Unità di Villagreca.

L'indagine non distruttiva pXRF delle statue menhir di Aiodda è stata effettuata su tre differenti aree dei supporti scultorei e, al fine di evitare l'insorgere degli effetti di assorbimento differenziale della radiazione incidente, è stata condotta evitando la componente fossilifera del lapideo. Qualitativamente, la serie elementare rivelata dallo studio strumentale ha compreso gli analiti K, Ca, Ti, Mn, Fe, Sr (fig. 7b), gli stessi individuati sul campione geologico dell'Unità di Villagreca con l'ausilio della medesima tecnica di fluorescenza.

La valutazione del grado di affinità esistente tra i dati sperimentali ottenuti sui campioni geologici e sui manufatti scultorei, si è avvalso degli strumenti grafici impostati sulle variabili K/Ca vs Sr/Ca, Ti/Ca vs Mn/Ca e Ti/Ca vs Sr/Ca, risultate discriminanti per la prima delle due selezioni campionarie. Tale tecnica ha permesso di

localizzare la sorgente di provenienza della materia prima lapidea impiegata per la realizzazione di 12 delle 13 statue analizzate (fig. 11). In particolare, è stata evidenziata una forte affinità geochimica tra 11 statue (Aiodda I, II, IV, V, 3, 7, 8, 10, 11, 13, 15) e i campioni di calcare prelevati presso la cava sita in località Perda Tellada (VLG_C1-2). Alla stessa unità carbonatica di Villagreca è stato possibile ricondurre, seppure in maniera del tutto generica, anche la statua menhir denominata Aiodda 9: il manufatto è parso provenire da una zona dell'affioramento certamente avulsa da Perda Tellada ma, purtroppo, non individuabile con maggiore precisione. La scultura definita Aiodda VI, infine, ha mostrato un *fingerprint* geochimico leggermente al di fuori del *trend* rivelato dai campioni geologici provenienti dalla cava di Perda Tellada e notevolmente distante da quello caratterizzante il resto della formazione carbonatica di Villagreca.

M.S., V.M., C.C.

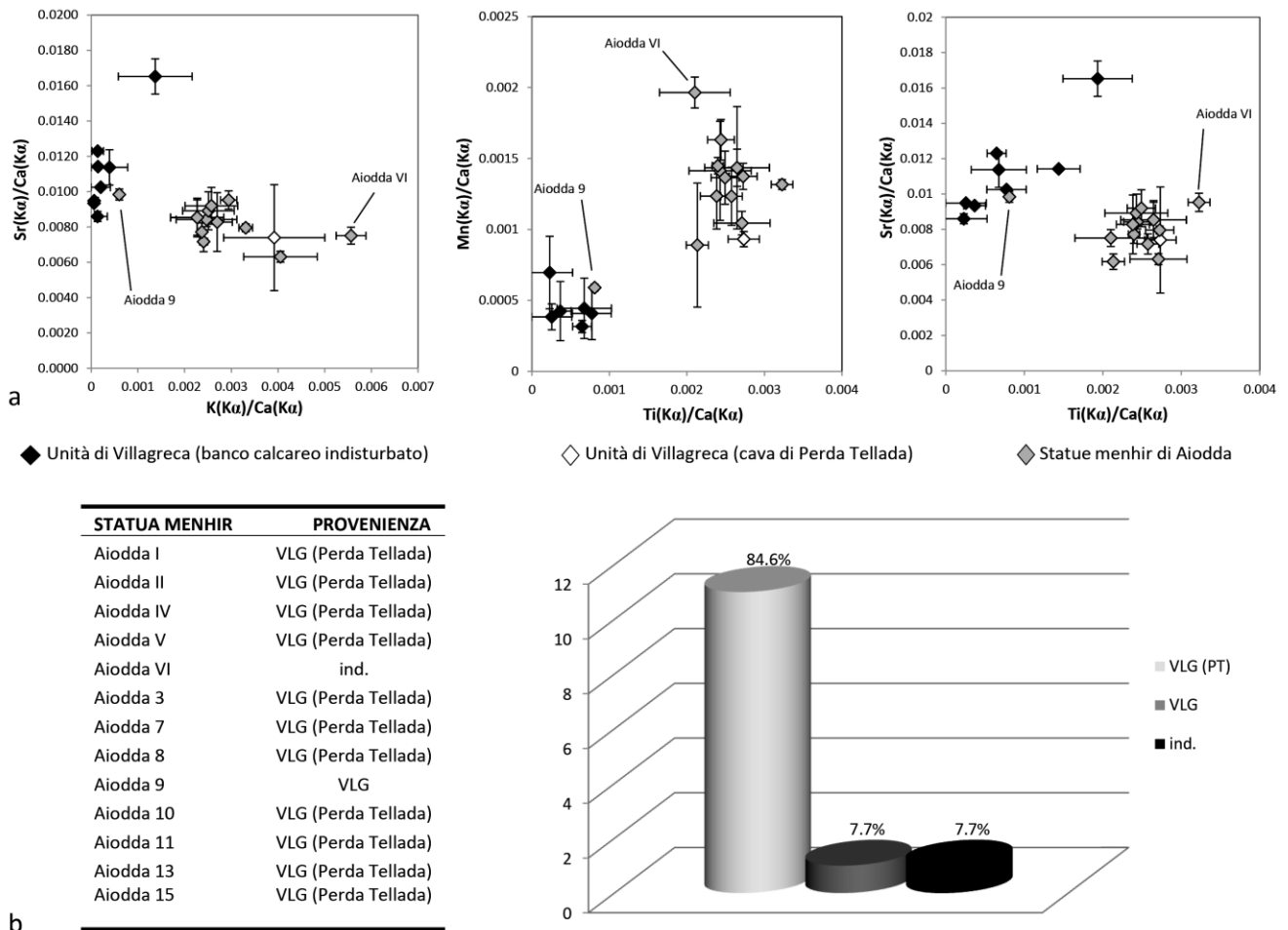


Fig. 11. Origine geologica delle statue menhir di Aiodda: confronto grafico tra i rapporti di intensità pXRF calcolati sui campioni geologici e sui manufatti archeologici (a); tabella e istogramma riassuntivi della diagnosi di provenienza delle statue (b).

Discussione dei risultati e conclusioni

Le analogie macroscopiche e composizionali che accomunano la litologia carbonatica affiorante nel territorio di Nurallao e la materia prima lapidea impiegata per la realizzazione delle statue menhir eneolitiche di Aiodda, hanno rivelato il chiaro impiego dei calcari miocenici di Villagreca per la realizzazione della quasi totalità del patrimonio megalitico qui investigato per via archeometrica. Lo stretto legame individuato tra una consistente parte di tale patrimonio e la porzione dell'emergenza calcarea affiorante presso il sito estrattivo di Perda Tellada, ha permesso di localizzare in quell'area il giacimento preferenzialmente sfruttato per l'approvvigionamento

dei megaliti destinati ad uso scultoreo. In accordo con tale interpretazione parrebbe porsi anche una parte delle tracce di attività estrattiva osservabili a Perda Tellada, le quali potrebbero rimontare al momento di produzione delle statue menhir²⁴.

È possibile assumere che le evidenze relative al generalizzato impiego di georisorse locali, unitamente alla quasi completa esclusione di strategie di reperimento delle materie prime lapidee che implicassero difficoltose movimentazioni su lunga distanza, risultano allineate con i principi di oculata gestione degli investimenti tecnologici che spesso sembrano accompagnare il fenomeno megalitico europeo²⁵. In totale armonia con i suddetti criteri economici si pone, inoltre, la posa in opera delle sculture megalitiche nelle aree contermini all'affioramento che ha fornito le litologie necessarie per la loro realizzazione, secondo un modello già documentato nelle regioni centrali della Sardegna²⁶. Contrariamente a quanto emerso per i consimili contesti megalitici isolani fino ad oggi indagati per via archeometrica²⁷, i risultati delle analisi chimiche e delle indagini mineralogiche condotte sulle statue menhir di Aiodda mostrano un chiaro indirizzo verso la selezione di materiali lapidei caratterizzati da ridotta durezza e buona lavorabilità. Tale evidenza rivela l'esistenza di precise cognizioni petrolologiche, certamente acquisite secondo modalità empiriche *trial and error* da parte dei gruppi umani eneolitici produttori delle sculture. Tuttavia la scarsa compattezza, la durezza limitata e la buona lavorabilità del materiale lapideo sono fattori che hanno inciso negativamente sulla sua durevolezza, come risulta evidente dalla forte erosione dell'apparato iconografico di alcune delle statue menhir di Aiodda qui esaminate.

M.S., V.M., C.C.

Ringraziamenti

Questo studio è parte della ricerca dottorale sulla grande statuaria antropomorfa eneolitica della Sardegna, condotta da M. Serra presso l'Università di Roma "La Sapienza" tra il 2011 e il 2015 (SERRA 2015). Il lavoro è stato realizzato sotto la supervisione della Prof.ssa G. Tanda, già ordinario della cattedra di Preistoria e Protostoria dell'Università degli Studi di Cagliari, alla quale va il sentito ringraziamento degli autori. Si ringraziano, inoltre, il Consorzio AUSI e RAS IGEA – Progetto CESA, rispettivamente per il finanziamento degli assegni di ricerca di M. Serra e V. Mameli.

Marco Serra

LASP – Laboratorio di Antichità Sarde e Paleontologia, Dipartimento di Storia, Beni Culturali e Territorio, Università di Cagliari, Piazza Arsenale 1, 09100 Cagliari, Italy; AUSI – Consorzio per la Promozione delle Attività Universitarie del Sulcis-Iglesiente; C.R.E.A.TE.– Centro di Ricerca per l'Energia, l'Ambiente e il Territorio, Palazzo Bellavista Monteponi, 09016 Iglesias, Italy; INSTM – Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (Cagliari Unit).
E-mail: marco.serra@unica.it

Valentina Mameli

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche - Università degli Studi di Cagliari, Cittadella Universitaria, 09042 Monserrato; INSTM – Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (Cagliari Unit).
E-mail: valentina.mameli@unica.it

Carla Cannas

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche - Università degli Studi di Cagliari, Cittadella Universitaria, 09042 Monserrato; AUSI – Consorzio per la Promozione delle Attività Universitarie del Sulcis-Iglesiente; C.R.E.A.TE.– Centro di Ricerca per l'Energia, l'Ambiente e il Territorio, Palazzo Bellavista Monteponi, 09016 Iglesias, Italy; INSTM – Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (Cagliari Unit).
E-mail: ccannas@unica.it

²⁴ SABA 2001: 133; SERRA 2015.

²⁵ Cfr. THORPE *et al.* 1991: 147-150; PIRSON *et al.* 2003: 152-155; WILLIAMS-THORPE *et al.* 2006: 42; RUBINETTO *et al.* 2013: 21-22.

²⁶ SERRA *et al.* 2016; 2018.

²⁷ SERRA *et al.* 2016; 2018.

BIBLIOGRAFIA

- ARNAL J., ARNAL S., DEMURTAS S., 1983, "Les statues-menhirs sardes", in *Bulletin du musee d'anthropologie prehistorique de Monaco* 27: 123-150.
- ASSORGIA A., BARCA S., PORCU A., SPANO G., BALOGH K., RIZZO R., 1998, "The oligocene-miocene sedimentary and volcanic succession of central Sardinia, Italy" in *Romanian Journal of Stratigraphy* 78: 9-23.
- ATZENI C., PIA G., SANNA U., 2010, *I materiali dell'edilizia storica. Storia, tecnologia, applicazioni*, Roma.
- ATZENI E., 1982, "Menhirs antropomorfi e Statue-Menhirs della Sardegna", in *Annali del Museo Civico di La Spezia* II: 9-63.
- BANNING E.B., 2000, *The archaeologist's laboratory. The analysis of archaeological data*. Interdisciplinary Contributions to Archaeology, XVIII. New York.
- BARCA S., CARMIGNANI L., OGGIANO G., PERTUSATI P.C., SALVADORI I., 1997, *Carta Geologica della Sardegna, scala 1:200000*, Firenze.
- BEVAN A., 2007, *Stone vessels and values in the Bronze Age Mediterranean*, New York.
- CANU N., FARINA A., 2016, "Nurallao. Campagna di rilevamento alla tomba di Aiodda e verifica del censimento archeologico comunale. Notizia preliminare", in *Quaderni. Rivista di Archeologia* 27: 1-25.
- CATELANI D., CORBELLA A., COLOMBI A., 1979, *Chimica analitica quantitativa*, Milano.
- CHERCHI A., 1974, "Appunti biostratigrafici sul Miocene della Sardegna (Italia)", in *Actes du V Congres du Neogene Mediterranee (Lione, settembre 1971)*. *Mémoire du Bureau de Recherches Géologiques et Minières* 78 : 433-445.
- CICILLONI R., 2008, "Le statue-menhir della Sardegna: aspetti tipologici", in G. TANDA, C. LUGLIÈ (a cura di), *Il Segno e l'Idea. Arte preistorica in Sardegna*, Cagliari: 155-271.
- DE FRANCESCO A.M., CRISCI G.M., BOCCI M., 2008, "Non-destructive analytic method using XRF for determination of provenance of archaeological obsidians from the mediterranean area: a comparison with traditional XRF methods", in *Archaeometry* 50 (2): 337-350.
- DJINDJIAN F., 2002, "Population et échantillonnage", in J.C. MISKOVSKY (a cura di), *Géologie de la Préhistoire, méthodes, techniques, applications*. Paris: 341-348.
- FORNASERI M., MALPIERI L., TOLOMEO L., 1975, "Provenance of pumices in the north coast of Cyprus", in *Archaeometry* 17 (1): 112-116.
- GOFFER Z., 2007, *Archaeological chemistry*, New York-Chichester-Weinheim-Brisbane-Singapore-Toronto.
- HARRELL J.A., 1992, "Ancient Egyptian limestone quarries: a petrological survey", in *Archaeometry* 34: 195-212.
- ISPRA 2011, *Carta geologica d'Italia 1:50000. Foglio n. 540 – Mandas*, Firenze.
- JONES G., BAILEY D.G., BACK C., 1997, "Source provenance of andesite artefacts using non-destructive XRF analysis", in *Journal of Archaeological Science* 24: 929-943.
- LUNDBLAD S.P., MILLS P.R., HON K., 2008, "Analysing archaeological basalt using non-destructive energy-dispersive X-ray fluorescence (EDXRF): effects of post-depositional chemical weathering and sample size on analytical precision", in *Archaeometry* 50 (1): 1-11.
- MIDDLETON A.P., BRADLEY B., 1989, "Provenancing of egyptian limenstone sculture", in *Journal of Archaeological Science* 16: 475-488.
- ORTON C., 2000, *Sampling in archeology*, Cambridge.
- PIRSON S., TOUSSAINT M., FRÉBUTTE C., 2003, "Les matières premières des mégolithes de Belgique: état de la question", in *Notae Praehistoricae* 23: 147-172.
- POMESANO CHERCHI A., 1968, "Studio biostratigrafico del Miocene della Sardegna centro-meridionale (Campidano-Marmilla orientale-Sarcidano)", in *Giornale di Geologia* 35 (3): 255-276.
- RUBINETTO V., APPOLONIA L., DE LEO S., SERRA M., BORGHI A., 2013, "A petrographic study of the anthropomorphic stelae from the megalithic area of Saint-Martin-de-Coriéans (Aosta, northern Italy)", in *Archaeometry* 56 (6): 927-950.
- SABA A., 1993, "Le nuove statue-menhir", in *Bollettino di Archeologia* 19-21: 151-158.
- SABA A., 2000, "Le statue-menhir di Isili (NU)", in *Studi Sardi* XXXII: 111-164.
- SABA A., 2001, "Le stele figurate di Isili", in M. SANGES (a cura di), *L'Eredità del Sarcidano e della Barbagia di Seulo. Patrimonio di conoscenza e di vita*, Muros: 39-42.

- SAMUELS K.E., BROXTON D.E., VANIMAN D.T., WOLDEGABRIEL G., WOLFF J.A., HICKMOTT D.D., KLUK E.C., FITTIPALDO M.M., 2007, "Distribution of dacite lavas beneath the Pajarito Plateau, Jemez Mountains, New Mexico", in B.S. KUES, S.A. KELLEY, V.W. LUETH (a cura di), *Geology of the Jemez Mountains Region II*, Guidebook of 58th Field conference (New Mexico, 21 aprile 2006), Socorro: 296-307.
- SANGES M., 1985, "La tomba megalitica di Aiodda-Nurallao (Nuoro)", in *Settimana dei beni culturali, 1975-1985: 10 anni di attività nel territorio della provincia di Nuoro*, Catalogo della mostra (Nuoro, 3 dicembre 1985), Nuoro: 36-38.
- SANGES M., 2001a, "Documenti archeologici del territorio di Nurallao", in M. SANGES (a cura di), *L'Eredità del Sarcidano e della Barbagia di Seulo. Patrimonio di conoscenza e di vita*, Muros: 86-87.
- SANGES M., 2001b, "La tomba megalitica di Aiodda", in M. SANGES (a cura di), *L'Eredità del Sarcidano e della Barbagia di Seulo. Patrimonio di conoscenza e di vita*, Muros: 88-89.
- SERRA M., 2015, *L'uso delle georisorse nella produzione della grande statuaria eneolitica sarda: tecnologie estrattive ed implicazioni archeometriche*, tesi di Dottorato, Università di Roma "La Sapienza".
- SERRA M., MAMELI V., CANNAS C., 2016, "Eneolithic menhirs of Laconi (central Sardinia, Italy): from provenance to technological properties", in *Journal of Archaeological Science: Reports* 5: 197-208.
- SERRA M., MAMELI V., CANNAS C., 2018, "Geo-material provenance and technological properties investigation in Copper Age menhirs production at Allai (central-western Sardinia, Italy)", in *STAR. Science and Technology of Archaeological Research* 3.
- SHACKLEY M.S., 2011, "An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology", in M.S. SHACKLEY (a cura di), *X-ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, New York-Dordrecht-Heidelberg-London: 7-44.
- SHOTTON F.W., HENDRY G.L., 1979, "The developing field of petrology in archaeology", in *Journal of Archaeological Science* 6: 75-84.
- SOLÉ V.A., PAPILLON E., COTTE M., WALTER P., SUSINI J., 2007, "A multiplatform code for the analysis of energy-dispersive X-ray fluorescence spectra", in *Spectrochimica Acta Part B* 62: 63-68.
- THORPE R.S., WILLIAM-THORPE O., JENKINS D.J., WATSON J.S., 1991, "The geological sources and transport of bluestones of Stonehenge, Wiltshire, UK", in *Proceedings of the Prehistoric Society* 57 (2): 103-157.
- WARASHINA T., KAMAKI Y., HIGASHIMURA T., 1978, "Sourcing of sanukite implements by X-ray fluorescence analysis II", in *Journal of Archaeological Science* 5: 283-291.
- WILLIAMS-THORPE O., JONES M.C., POTTS P.J., WEBB P.C., 2006, "Preseli dolerite bluestones: axe-heads, Stonehenge monoliths and outcrop sources", in *Oxford Journal of Archaeology* 25 (1): 29-46.