

LENORE J. GALLIN, University of California, Los Angeles, California  
ROBERT H. TYKOT, Harvard University, Cambridge, Massachusetts  
CIRILLO ATZENI e PIERFORTUNATO VIRDIS, Università di Cagliari  
GIOVANNI SISIU, geologo, Cagliari

*Introduzione*

Il nuraghe Santa Barbara di Bauladu occupa una bassa collina basaltica che domina verso ovest il Campidano di Oristano, una delle aree della Sardegna maggiormente antropizzate fin dalla preistoria (tav. I, 1). Nel corso delle campagne di scavo succedutesi negli anni 1986-1989 sotto la direzione di Lenore J. Gallin è venuta alla luce una numerosa serie di reperti ceramici e metallici che lo studio, condotto dal gruppo di ricerca archeometrica operante presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali della Università di Cagliari, ha consentito di porre inequivocabilmente in relazione alla attività di una locale officina metallurgica. La quantità e la quantità dei reperti rinvenuti è tale da permettere di considerare il sito come uno di quelli dove è attualmente meglio documentato questo genere di attività, oggetto negli ultimi anni di grande interesse nell'ambito dell'archeologia nuragica. La metallurgia, infatti, si configura come una "tecnologia avanzata" dell'epoca, con notevoli implicazioni per quanto concerne il controllo del territorio ed il riconoscimento delle sue risorse, l'organizzazione del lavoro estrattivo e manifatturiero, la natura e la fruizione dei beni prodotti, lo scambio di materiali, di conoscenze e/o di individui con ambiti extrainsulari etc. (1).

In questa comunicazione si fornirà l'inquadramento archeologico e geologico del sito, la caratterizzazione dei reperti ceramici legati ad attività fusoria (crogioli e componenti di forme di colata) e, per quanto concerne i metalli, i risultati dello studio su scarti (sfridi, lingottini, colature) che per la loro natura sono più direttamente collegabili ad una attività locale di quanto non lo siano i prodotti finiti.

Una seconda nota presenterà la caratterizzazione metallurgica dei frammenti di oggetti metallici finiti (non necessariamente prodotti nel sito); in tale sede, si pensa di poter fornire anche i rapporti isotopici del piombo presente nei reperti, in corso di acquisizione grazie ad una collaborazione avviata con la prof.ssa Angelina del Politecnico di Torino. Tali dati, in accordo con le più recenti tendenze archeometriche, potrebbero consentire di discutere della localizzazione dei giacimenti di provenienza dei minerali utilizzati per l'estrazione del rame e del piombo impiegati nell'officina fusoria.

### *Il nuraghe Santa Barbara*

Il complesso archeologico (tav. I,2), consiste in una torre centrale ad un piano (tav. I,3), realizzata con conci in basalto e dei resti di almeno tre torri contigue. La torre centrale può essere attribuita a circa il 1500 a.C., sulla base delle ceramiche ritrovate in un saggio di scavo condotto in prossimità della sua parete esterna e della datazione dei livelli più bassi raggiunti nell'area del villaggio portato alla luce nelle campagne del 1986-89. Intorno alla struttura nuragica sorse un villaggio, circondato a sua volta da una muraglia di circa 440 m di lunghezza, rinforzata da alcune torri, due delle quali sono attualmente evidenti sul lato settentrionale.

La sezione ovest del villaggio, che è stata oggetto dello scavo (tav. I,4), ha il suo baricentro su una piazzola con accessi dai lati nord e sud, con una zoccolatura in pietra sul lato occidentale e sulla quale si apre l'ingresso di diversi vani sui lati ovest e sud, mentre ad est è delimitata da due ampi vani circolari, uno dei quali con un sedile in pietra che cinge l'intero perimetro interno.

Uno degli ambienti del lato nord-ovest ("2" nella tav. I,4) si segnala in modo particolare per la presenza di strutture "specialistiche", peraltro comuni a villaggi nuragici coevi: una base circolare realizzata con l'accostamento di pietre, un grosso bacile litico subrettangolare a due conche comunicanti tramite un foro alla base della parete divisoria e un piedistallo circolare al quale era forse pertinente un modello in pietra di nuraghe ritrovato poco distante (in pessimo stato di conservazione)<sup>(2)</sup>.

### *Crogioli e componenti delle forme di colata in terracotta*

È questa la classe di reperti che documenta nel modo più convincente l'attività nel sito di una officina metallurgica. Resti di crogioli e componenti di forme di colata sono copiosamente rappresentati sui livelli attribuiti alla Tarda Età del Bronzo-Prima Età del Ferro dell'area dei vani denominati "5", "6" e "7" nella tav. I,4.

La tav. II,1-2 mostra i resti di due crogioli ceramici originariamente di volume utile di circa 100-150 cm<sup>3</sup> (denominati "A160/162" e "1326"). Entrambi presentano la superficie interna vetrificata e resa spugnosa in conseguenza del contatto con materiali ad alta temperatura. L'analisi chimica mostra che il materiale prelevato dalla superficie interna presenta un tenore di rame nettamente superiore a quello prelevato dalla superficie esterna (rispettivamente 0,25 e 0,21% contro 0,02 e 0,013%). Sul reperto A 160/162 permane parte di un robusto foro a sezione quadrata per l'inserimento del manico per il maneggio.

Incrostazioni cupriche sono evidenti ad occhio nudo sul frammento ceramico mostrato in tav. II,3, forse anch'esso parte di un crogiolo. Crogioli ceramici sono noti da diversi contesti, anche più antichi di quelli giurati quali, ad esempio Monte d'Accoddi, SS.

Un ancor maggiore interesse rivestono i reperti ceramici che noi inter-

pretiamo come componenti di forme per il getto. La tav. II,4-6 ne ripropone uno dei più completi (denominato "A105"); si tratta di un imbuto di colata dal quale si dipartono due canali di distribuzione del fuso per l'alimentazione della forma; resti di questo sistema di flusso sono secondo noi riconoscibili in un gran numero di bronzzetti; la "radice" del "hue stante" è documentata nel Museo Archeologico Nazionale di Cagliari mostrata nella tav. III,1 ci paiono attestati in modo evidente quanto sostenuto (il getto della statuetta vedeva forma capovolta)<sup>(3)</sup>. Il reperto A105 non è stato usato; era un componente standard predisposto per essere impiegato come imbuto di colata utile a servizio (in associazione) con forme differenti.

La tav. III,2-3 mostra un altro imbuto con canali di colata foggiali a "A118"; tra lo sbocco dei due canali, su una superficie "basale" levigata è stata accuratamente sagomata la sede di un cilindro; quest'ultimo potrebbe essere stato simile al reperto "C52" riportato nella stessa foto. Questa configurazione l'oggetto in esame si prestava alla distribuzione del fuso ai lati di una anima che, una volta rimossa a getto solidificato, avrebbe lasciato il vuoto per l'inserimento di un manico; un martello, un piccone o un "male e peggio" potevano essere realizzati con l'ausilio di un simile dispositivo.

Stupisce, per la loro "modernità", la razionalità del disegno e il concetto di modularità insito nella gestione di questi oggetti.

Numerosi sono anche i reperti ceramici a forma di punta, alcuni dei quali sono mostrati nella tav. IV,1. Riteniamo che essi possano essere interpretati come le anime delle forme di colata di punte di lancia che un volta rimosse, a getto solidificato, avrebbero lasciato il cavo necessario per l'inserimento dell'asta; sulla superficie di alcuni di questi reperti sono visibili piccole protuberanze che fungevano da distanziatori e ne consentivano il corretto posizionamento entro la forma.

Altri frammenti portano incisioni (tav. IV,2) destinate a lasciare un rilievo ornamentale sulla superficie del getto; nel caso particolare potrebbero trattarsi di un anello o di una fascetta.

Un'ampolla quasi completa è mostrata nella tav. IV,3. Essa è caratterizzata da una bocca sagomata a imbuto di colata, pressoché identica a quella vista nelle precedenti figure; parte della superficie esterna è incrostata con argilla vetrificata e presenta un tenore di rame significativamente inferiore a quello della superficie interna (0,05 contro 0,20%).

Un esame ravvicinato dei resti di forme di colata mostra che in taluni casi essi sono stati realizzati sovrapponendo diversi strati di argilla (tav. IV,4-5).

L'impiego della ceramica per la realizzazione di forme di colata è attualmente poco documentata nel panorama archeologico sardo. A Sardinia, in orizzonti della Prima Età del Ferro del villaggio Santa Anastasia sono stati ritrovati i resti di numerose matrici ceramiche realizzate per sovrapposizione di strati di argilla ("fine" quella interna, "grossolana" quella esterna); alcuni reperti sono stati interpretati come "beccucci di es-

lata" mentre altri erano utilizzati per il getto di chiodi, due dei quali erano ancora nella loro matrice<sup>(4)</sup>.

Molto più comuni, probabilmente perché essendo il materiale base più durevole si sono conservate in maggior numero sino a noi, sono le forme in pietra; un loro attento studio è stato effettuato da Becker; anche in questo caso si è spesso in presenza di soluzioni tecniche stupefacenti, finalizzate alla produzione di massa di pezzi standardizzati<sup>(5)</sup>.

Per completare la caratterizzazione dei reperti ceramici è stato condotto l'esame petrografico di alcuni di essi (il crogiolo "A160/162", la forma con imbuto "A118", il cuore cilindrico "C3 40 pav") associato ad una ricognizione geologica dell'area del sito finalizzata all'individuazione della materia prima impiegata per la realizzazione dei componenti ceramici in studio.

L'esame petrografico ha mostrato la presenza di frammenti basaltici e andesitici e di patinature ferrose nella pasta di fondo, mentre la paragenesi è rappresentata da plagioclasio sodico, sanidino e quarzo. L'esame in diffrattometria X indica inoltre la presenza di clinoenstatite e di cristobalite, segno evidente di un trattamento termico a temperature superiori ai 1000°C (il rame fonde a 1083°C). La geologia dell'area di Santa Barbara (tav. V) è caratterizzata da una formazione basale vulcanica di lave andesitiche autoelastiche del ciclo calcocalcino Oligo Miocenico che ha prodotto una serie di piccoli domi con allineamento nord-sud. Nella parte settentrionale dell'area in questione queste rocce sono sovrastate da piroclastiti pomiceo cineritiche massive derivanti dall'attività esplosiva del ciclo vulcanogenetico; sovrapposti a queste litologie vi sono quindi i depositi arenaceo-marnosi della trasgressione langhiana Miocenica ed infine le colate basaltiche del ciclo Plio Quaternario ed i recenti depositi alluvionali, particolarmente consistenti ad ovest del sito.

Il materiale impiegato per la realizzazione dei reperti in oggetto è chiaramente di origine locale, derivante in particolare dal processo di argillificazione dei suddetti banchi piroclastici. La composizione elementare dello stesso suolo in prossimità del sito archeologico è sostanzialmente coincidente con quella media riscontrata sulle ceramiche come può vedersi dai dati della Tabella 1 (tav. VII, 1).

Prove termiche eseguite presso i nostri laboratori hanno consentito di verificare la stabilità di questi impasti naturali fino a temperature di circa 1000-1150°C, superate le quali, subentra un processo di rammollimento, vetrificazione e formazione della struttura spugnosa caratteristica, ad esempio, della superficie interna dei crogioli che sono stati in precedenza discussi<sup>(6)</sup>. Le "terre da fonderia" debbono presentare particolari caratteristiche tali da portare a materiali stabili chimicamente e dimensionalmente alla temperatura di colata e con una struttura fisica sufficientemente permeabile all'aria da facilitarne l'espulsione dalla forma quando questa è in vasa dal fuso.

I crogioli erano adeguatamente stabili per sopportare non più di qual-

che fusione ma il facile reperimento della materia prima suppliva certamente in modo adeguato alla loro scarsa durevolezza. Le forme di colate erano peraltro impiegate secondo la tecnica della "cera persa" (le superfici dei reperti sono fortemente annerite come se un materiale organico qual la cera fosse stato riscaldato al loro interno, parzialmente carbonizzando e pertanto, dovendo essere frantumate per consentire l'estrazione dell'oggetto, non necessitavano di questa caratteristica).

La presenza tra i reperti anche del frammento di un piccolo (circa 2 cm<sup>3</sup>) crogiolo in pietra (reperto "C41 20-30; in basalto, roccia localmente disponibile) (tav. VI, 1) attesta comunque l'adozione nel sito anche di materiali differenti dalla ceramica.

#### *Gli sfridi di rame, bronzo e piombo.*

Nei vani "4" e "5" e nell'area adiacente della piazzola sono stati raccolti decine di grumi o piccoli noduli metallici, più o meno alterati dalla corrosione, di dimensione millimetrica (tav. VI, 2-3). La Tabella 2 (tav. VII, 2) riporta la composizione chimica, determinata con la tecnica dell'assorbimento atomico, dei nuclei metallici di alcuni di questi.

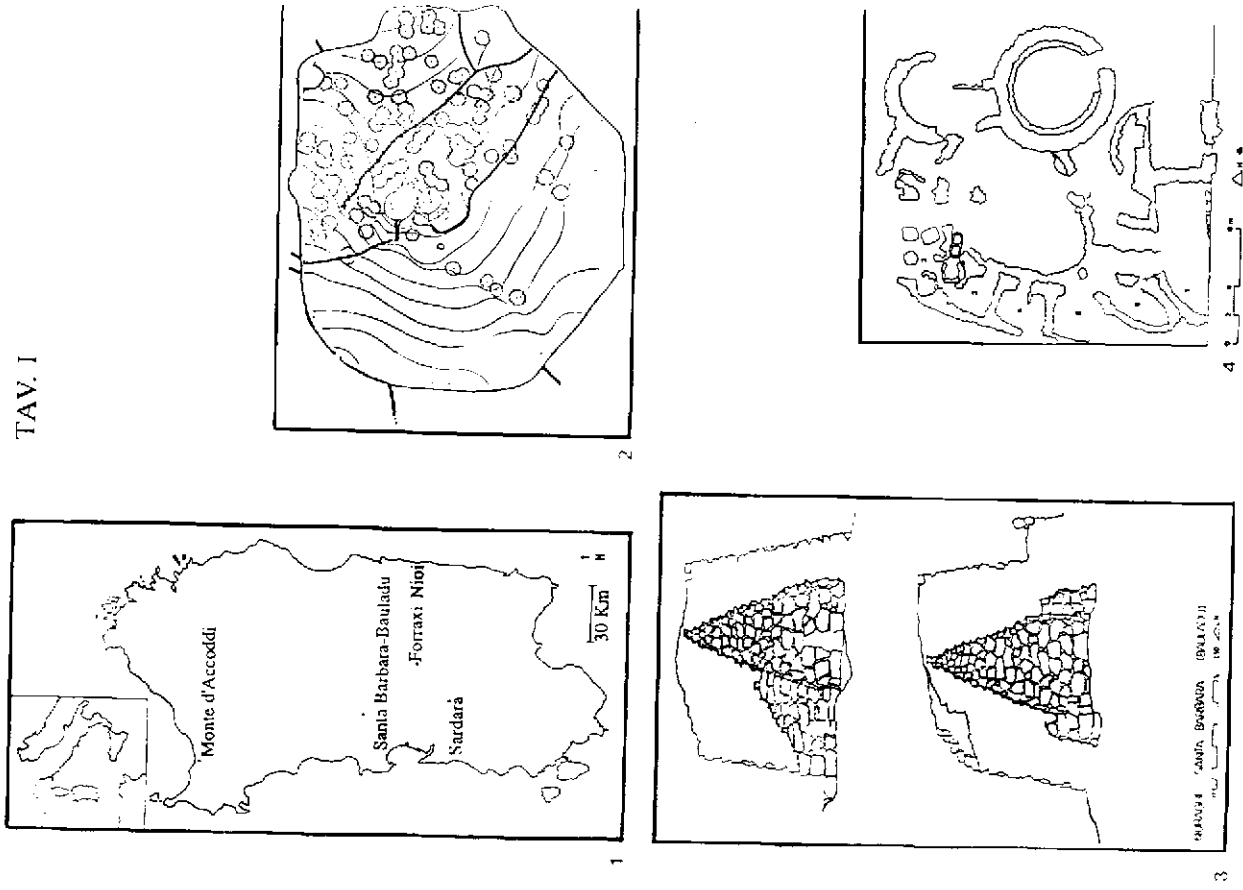
Dei reperti esaminati tre sono di rame, due di bronzo e due di piombo. Il rame presenta Fe come principale impurezza (massimo 2,6%, segni di imperfetta raffinazione); le inclusioni riscontrate all'esame metallografico sono di ossidi e solfuri (questi ultimi a volte congiuntamente di Cu Fe: "residui" di un minerale di origine del tipo della calcopirite). I bronzi presentano un tenore di stagno compreso tra il 5 e l'8%, una lega di lega go impiego. Relativamente alto è il tenore di Ag nei reperti euriptici A e I (circa 1,4 Kg/tonnellata). Il piombo costituente i reperti F e G di Tabella 2 è eccezionalmente puro; il loro tenore di Ag è molto basso.

Lo scavo e lo studio dei reperti sono stati svolti sotto gli auspici della Soprintendenza Archeologica per le provincie di Cagliari e Oristano. I disegni riportati (ad esclusione dell'figura 14) sono di Antonio Matzuzzi.

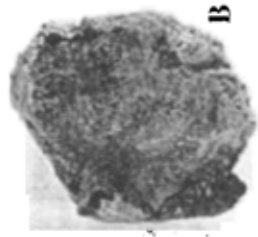
#### NOTE

- (1) GALLIN - TYKOT 1993; ATZENI - MASSIDA - SANNA - VIRDIS 1992.
- (2) GALLIN - TYKOT 1993; GALLIN - SEDIS 1985.
- (3) ATZENI - MASSIDA - SANNA - VIRDIS 1992 a.
- (4) UGAS - USAI 1986.
- (5) BECKER 1984.
- (6) ATZENI - MASSIDA - SANNA - SISTU 1994.

- ATZENI-MASSIDDA-SANNA-SISTU 1994: C. ATZENI - L. MASSIDDA - U. SANNA - G. SISTU, *The Use of Ceramic Materials in Metallurgy in Sardinia in the Early Iron Age*, memoria presentata al "World Ceramic Congress. The Ceramic Heritage", Firenze 1994, pp. 279-286.
- ATZENI-MASSIDDA-SANNA-VIRDIS 1991: C. ATZENI - L. MASSIDDA - U. SANNA - P. VIRDIS, *Notes on Lead Metallurgy in Sardinia during the Nuragic Period*, *Journal of Historical Metallurgy Society*, vol. 24, 1991, pp. 97-105.
- ATZENI-MASSIDDA-SANNA-VIRDIS 1992: C. ATZENI - L. MASSIDDA - U. SANNA - P. VIRDIS, *Bronze Metallworking at Nuragic Site of Santa Barbara, Sardinia, Italy*, *Journal of Historical Metallurgy Society*, vol. 26, 1992, pp. 31-35.
- ATZENI-MASSIDDA-SANNA-VIRDIS 1992 a: C. ATZENI - L. MASSIDDA - U. SANNA - P. VIRDIS, *Some Metallurgical Remarks on Sardinian Bronzes*, *AA.Vv., Sardinian in the Mediterranean*, Sheffield, 1992, pp. 347-354.
- BECKER 1984: M.J. BECKER, *Sardinian Stone Moulds*, *AA.Vv., Studies in Sardinian Archaeology*, Ann Arbor, 1984, pp. 163-208.
- GALLIN-SEBIS 1985: L.J. GALLIN - S. SEBIS, *Bauladu (Oristano) - Villaggio nuragico di S. Barbara. Lo scavo. I materiali di eta nuragica*, *NBAS*, 2, 1985, pp. 271-275.
- GALLIN-TYKOT 1993: L.J. GALLIN - R.H. TYKOT, *Metallurgy at nuraghe Santa Barbara (Bauladu), Sardinia*, *Journal of Field Archaeology*, 20, 1993, pp. 335-345.
- UGAS-USAI 1986: G. UGAS - L. USAI, *Nuovi scavi nel santuario nuragico di Sardara, Selargus II*, pp. 167-218.



BAULADU - Santa Barbara. 1) Localizzazione del sito e delle altre località citate nel testo; 2) Piantina del nuraghe (64 m s.l.m.); parte delle strutture murate presenti sono opere recenti di delimitazione dei terreni; 3) Sezioni della torre centrale; 4) Area del villaggio scavata negli anni 1986-1989.



B

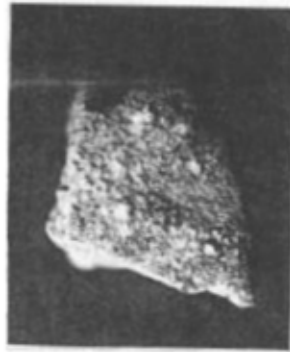


A

2



4



3

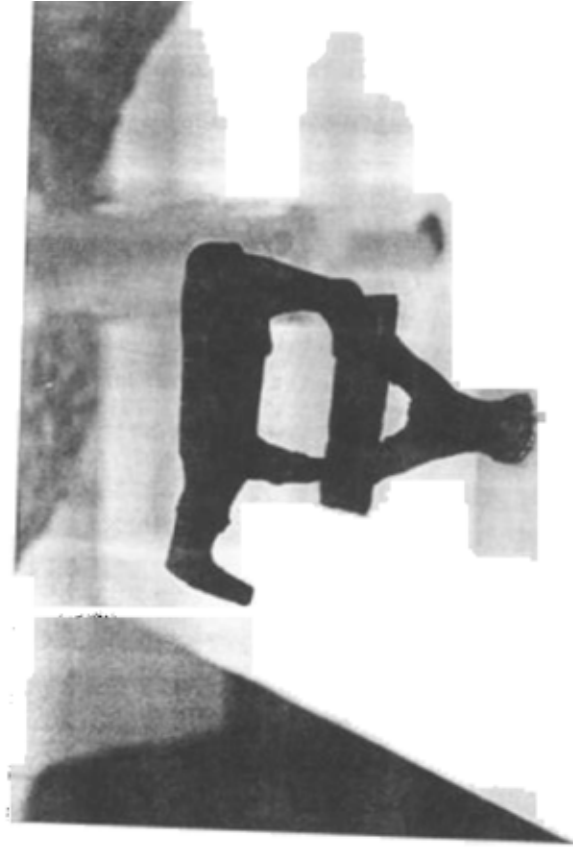


6

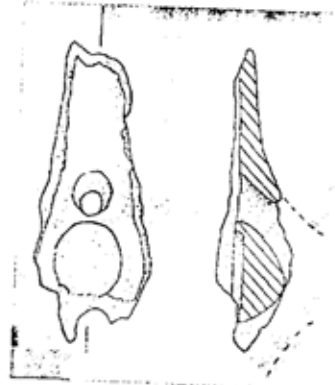


5

BAULADU - *Santa Barbara*. 1) Frammento di crogiolo: reperto A 160-162 (X0, 75); 2) Frammento di crogiolo: reperto 1326 (X0, 75); 3) Incrostazioni cupriche su frammento ceramico (X1, 5); 4-6) Inbuti e canali di colata; reperto A 105 (X1).



1

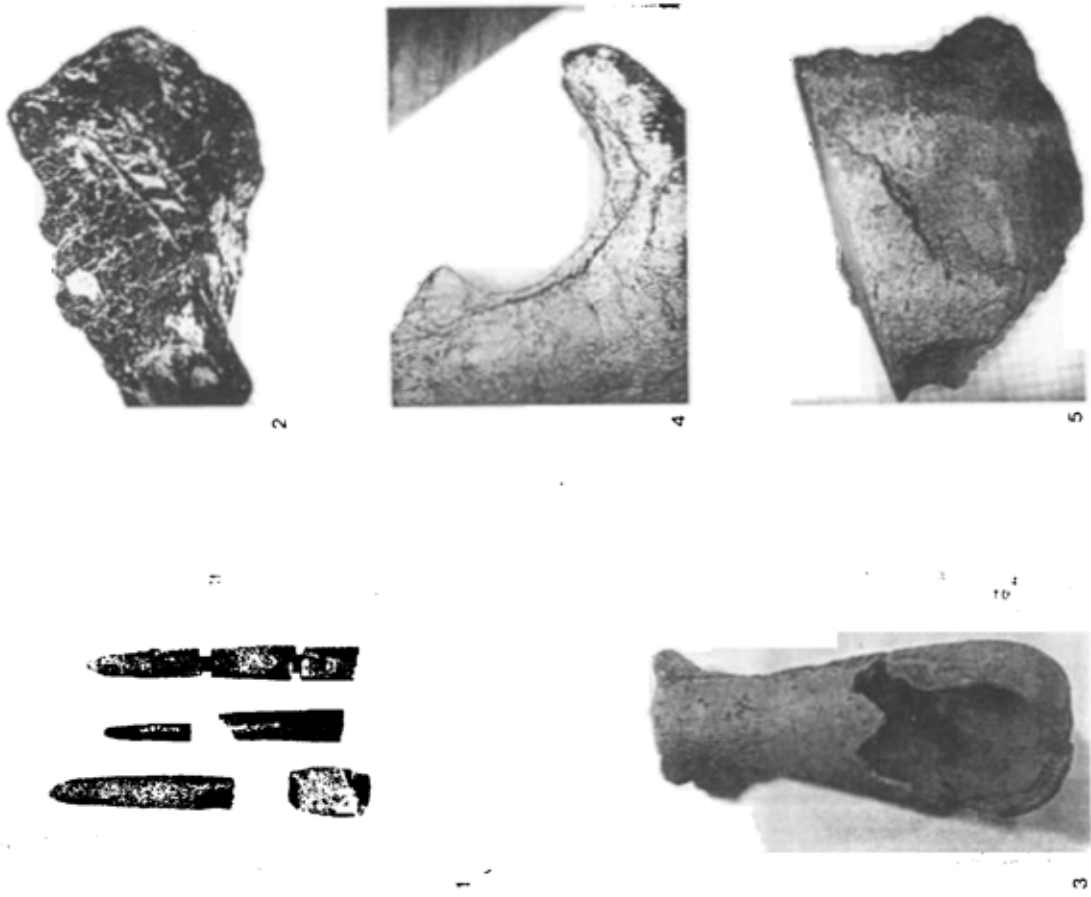


2

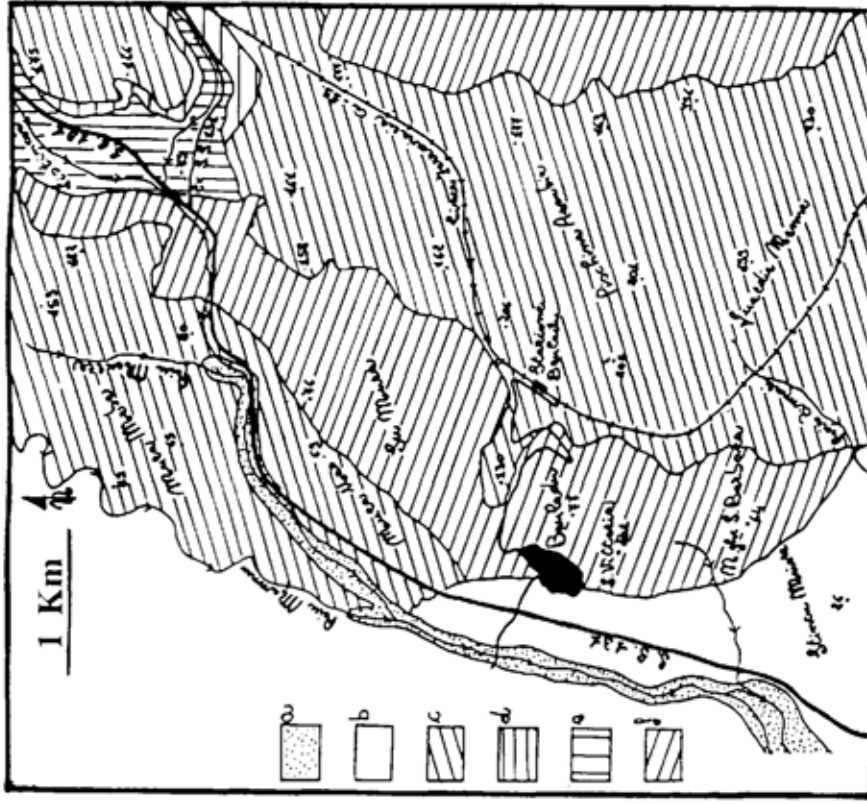


3

1) Il "bue stante" del Museo Archeologico Nazionale di Cagliari. La radice deriva dal getto in una forma come quella mostrata, capovolta, in tav. II, 6; 2-3) BAULADU - *Santa Barbara*. Forma di colata con canali di distribuzione del fuso e inserito per un core cilindrico; reperto A 118 (X0, 8).



BAULADU - Santa Barbara. 1) Alcune cune per il getto di punta di lancia (X0, 8); 2) Frammento di colata con impressione per anello o fascetta; 3) Ampolla con bocca a imbuto di colata ed incrostazioni vetrose; 4, 5) Frammenti di forme di colata realizzate sovrapponendo differenti strati di argilla.



legenda: a- depositi alluvionali recenti; b- depositi alluvionali antichi; c- basalti alcalini con intercalati trachibasalti (ciclo vulcanico plioquaternario); d- marne e arenarie interstratificate (langhiano); e- piroclastiti pomiceocineritiche deposte in ambiente submarino e parzialmente rimaneggiate (ciclo vulcanico oligomiocenico); f- lave andesitiche sia in colata che brecciformi (basso miocene).

Carta geologica dell'area di Bauladu.

TAV. VI



2



3

BAULADU - *Santa Barbara*. 1) Frammento di crogiolo in basalto; reperto C41, 20-30 (X1); 2) Alcune delle decine di grumi cuprici dalle adiacenze del vano 5 (X5); 3) Nodulo cuprico dal vano 4 (X5).

TAV. VII

	A	B	C	D	E	F	G
	C21	C29	C29	C47	C29	C44	C29
		50-60	50-60b	40	30-40	30-40	40-50
	m. base	m. base	m. base	m. base	m. base		
Cu %	0,039	0,035	0,073	7,90	4,80	0,031	0,026
Sn %	0,024	0,011	0,370	0,210	0,200	< 0,02	< 0,05
Pb %	0,141	0,007	0,010	0,140	0,080	m. base	m. base
Ag %	0,23	0,23	2,60	0,06	0,49	0,0015	0,0022
Fe %	0,009	0,003	0,130	0,009	0,009	< 0,007	< 0,002
Zn %	0,002	0,002	0,048	< 0,1	< 0,1	0,004	0,0007
Ni %	< 0,004	< 0,004	0,012	< 0,2	< 0,2	< 0,007	< 0,001
Cr %	< 0,001	< 0,001	0,084	< 0,07	< 0,07	n.d.	n.d.
Co %	0,014	< 0,005	0,005	< 0,5	< 0,5	< 0,009	< 0,002
Sb %	< 0,005	< 0,005	< 0,005	n.d.	n.d.	< 0,005	< 0,010
Bi %						< 0,003	< 0,006

m.base: metallo di base; n.d.: non determinato; <: minore di...

	ceramica	suolo
SiO <sub>2</sub> %	68,82	68,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	13,80	13,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2,58	2,38
CaO%	1,50	1,40
TiO <sub>2</sub> %	0,20	0,20
MnO%	0,08	0,07
MgO%	2,10	2,38
K <sub>2</sub> O%	3,12	3,02
Na <sub>2</sub> O%	2,05	1,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0,02	0,02

BAULADU - *Santa Barbara*. 1) Costituzione chimica media di campioni di suolo e di ceramiche del nuraghe; 2) Composizione chimica degli stridi di rame, bronzo e piombo.