

gresso esponenziale delle tecniche d'analisi. Inoltre, il moltiplicarsi di incontri e conferenze internazionali sull'argomento testimonia tanto del bisogno di coordinamento internazionale della ricerca, quanto della riconoscibilità ormai ottenuta dall'archeometallurgia come disciplina scientifica caratterizzata da metodi e interessi specifici.

AA.VV., *Le ressources minérales et l'histoire de leur exploitation*, in *108e Congrès national des Sociétés savantes (Grenoble 1983)*, a cura di F. Braemer, Paris 1986; AA.VV., *Dal basso fuoco all'altoforno, Atti del I Simposio Valle Camonica 1988: La siderurgia nell'antichità*, in «Sibrium», 20 (1989); AA.VV., *Montanarchaeologie in Europa*, in *Frühe Erzgewinnung und Verbüttung in Europa (Freiburg im Breisgau 1990)*, a cura di H. Steuer e U. Zimmermann, Sigmaringen 1993; AA.VV., *The Importance of Ironmaking: Technical Innovation and Social Changes (Norberg 1995)*, a cura di G. Magnusson, Stockholm 1995; G. Agricola, *L'arte dei metalli*, Basilea 1563, ristampa anastatica Torino 1969; L. Aitchison, *A History of Metals*, London 1960; H.G. Bachmann, *The Identification of Slags from Archaeological Sites*, London 1982; Biringuccio Vannoccio, *De la Pirotechnia*, Venezia 1540, ristampa anastatica Milano 1977; M. Cima, *Archeologia e storia dell'industria di una valle*, Firenze 1981; Id., *Archeologia del ferro*, Brescia-Torino 1991; H. Cleere, D. Crossley, *The Iron Industry of the Weald*, Leicester 1985; P.T. Craddock, *Early Metal Mining and Production*, Edinburgh 1995; O. Davies, *Roman Mines in Europe*, Oxford 1935; L. Eschenlohr, V. Serneels, *Les bas fourneaux Mérovingiens de Boécourt, les Bouliès*, Porrentruy 1991; R. Francovich (a cura di), *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche (Pontignano 1991)*, Firenze 1993; J.F. Healy, *Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World*, London 1978; M. Lombard, *Etude d'économie médiévale II. Les métaux dans l'Ancien Monde du V^e au XI^e siècle*, Paris 1974; J.-P. Mohen, *La métallurgie préhistorique. Introduction à la paléoméallurgie*, Paris 1990; C.

Panseri (a cura di), *Ricerche metallografiche sopra una spada da guerra del XII sec.*, Milano 1954; Id., *La tecnica di fabbricazione delle lame d'acciaio presso gli antichi*, Milano 1957; P.-L. Pelet, *Fer, Charbon, Acier dans les Pays de Vaud*, I-III, Lausanne 1973-1983; R.F. Tylecote, *Metallurgy in Archaeology*, London 1962; Id., *A History of Metallurgy*, London 1976; A.J. Wilson, *The Living Rock*, Cambridge 1994.

VASCO LA SALVIA

Archeometria Il termine archeometria indica letteralmente le ricerche scientifiche applicate all'archeologia e più generalmente ai beni culturali, basate su metodi di tipo quantitativo.

Le finalità della ricerche archeometriche sono molteplici e coinvolgono campi come la datazione di oggetti e siti archeologici, oppure la caratterizzazione dei materiali finalizzata allo studio della tecnologia produttiva e all'individuazione dell'area di origine di manufatti. Tutto un settore dell'archeometria è consacrato poi allo studio di oggetti antichi, opere d'arte e monumenti per garantirne una migliore conservazione e/o un restauro mirato. Nell'ambito delle ricerche di laboratorio trovano posto anche test di autenticità che consentono di verificare se un oggetto sia autentico o meno.

La parola archeometria è stata prescelta negli anni Cinquanta come titolo per una rivista specializzata, «Archaeometry», che dal 1958 viene pubblicata dal Research Laboratory for Archaeology and the History of Art di Oxford e che ha come scopo, tra gli altri, quello di favorire una collaborazione fattiva tra scienze e archeologia.

Non esiste una definizione univoca della disciplina e talora il termine archeometria viene sostituito con quello di «scienze in archeologia», mediato dall'inglese, oppure con «scienze - o metodologie scientifiche - per i beni culturali».

Tra le definizioni che sono state recentemente date dell'archeometria ne ricorderemo

solo due: «qualsiasi studio di reperti e dati archeologici con strumenti e metodi che siano propri delle discipline scientifiche» (Mannoni 1996), oppure «spazio di applicazione delle scienze sperimentali e naturali alla conoscenza materiale dei beni culturali a fini storici e conservativi» (Aiar, Associazione italiana di archeometria).

I confini della disciplina non sono definiti: non è chiaro, per esempio, se l'archeometria debba comprendere anche materie come la GEOARCHEOLOGIA (⇔) o la BIOARCHEOLOGIA (⇔). In alcuni paesi nord-europei, inoltre, le indagini di laboratorio relative ai problemi di conservazione vengono ormai considerate come un ambito a sé stante, per finalità e applicazioni specifiche.

A prescindere dai problemi di definizione e di limitazione della materia, si tratta di indagini che hanno avuto un grande incremento negli ultimi anni, spesso stimulate dalla messa a punto di nuovi procedimenti scientifici. Grazie a tali procedimenti si sono ridotte notevolmente le quantità di reperti da sottoporre ad analisi o si sono scoperte tecniche più veloci ed efficaci.

L'archeometria, a parte rari casi, come quello della DATAZIONE (⇔) assoluta, non viene utilizzata solo per dare una risposta a quesiti specifici, bensì stimola e consente un approccio interdisciplinare in diversi ambiti della ricerca storico-archeologica, permettendo notevoli passi avanti in più ambiti di indagine.

L'analisi di laboratorio non dovrebbe essere risolta esclusivamente come domanda posta dall'archeologo allo specialista in attesa di una risposta, bensì come approccio nuovo e articolato alle ricerche archeologiche. Tale approccio prevede la conoscenza e la ricostruzione di alcuni aspetti del mondo antico, grazie alla combinazione e all'utilizzo di più metodi, alcuni dei quali peculiari delle scienze esatte.

Attualmente l'archeometria è una disciplina vasta e articolata in tanti settori, ciascuno dei quali implica specializzazioni particolari. È difficile che chi si occupa di problemi di da-

tazione, per esempio, si occupi anche di problemi di determinazioni di origine.

I campi di applicazione della ricerca archeometrica concernono principalmente tre ambiti:

a) *prospezioni archeologiche*, il cui scopo è quello di individuare siti e oggetti nascosti: fotografie dall'aereo o dal satellite, con particolari condizioni di luce o di tempo, permettono l'individuazione di siti nascosti; analisi chimiche e fisiche consentono la misurazione di un sito e la valutazione della sua estensione senza scavarlo (⇔ DIAGNOSTICA ARCHEOLOGICA);

b) *analisi su oggetti*, le cui applicazioni principali sono: caratterizzazione dei materiali e determinazioni delle loro proprietà chimiche e fisiche; tecnologie di fabbricazione; determinazioni di origine; conservazione e restauro; prove di autenticità;

c) *metodi di datazione*, in base a una cronologia relativa oppure assoluta (⇔ CRONOLOGIA, PERIODIZZAZIONE; DATAZIONE, METODI DI).

Parecchi sono i metodi che si possono utilizzare per indagare oggetti e siti antichi, e sono in continuo perfezionamento. La scelta è strettamente legata alle finalità della ricerca in corso, alle domande che si formulano nonché ai mezzi economici a disposizione. Nel caso di situazioni complesse, da cui dipende la risoluzione di problematiche archeologiche importanti, è opportuno usare anche più metodi di indagine.

L'elencazione che segue indica alcuni dei principali metodi di laboratorio utilizzati nelle ricerche archeometriche; per il loro funzionamento e per le caratteristiche si rimanda ai testi specializzati indicati in bibliografia.

Metodi per determinare le caratteristiche chimiche: microchimica; spettrometria di emissione (o spettrografia di emissione ottica); assorbimento atomico (o spettrofotometria di assorbimento atomico, Aas); spettrofotometria di emissione con sorgente a plasma (Icp); spettrometria di massa; fluorescenza a raggi X; Pixe, Pige, Pigme (spettrometria indotta da protoni - si tratta di analisi speciali non distruttive); analisi di attivazione; cromatografia; analisi degli amminoacidi.

Metodi per determinare le caratteristiche *strutturali e fisiche*: infrarossi; ultravioletti; microscopia a luce trasmessa; microscopia a luce riflessa; microscopio elettronico; microscopio elettronico a reticolo; irraggiamento con raggi X o raggi gamma; tomografia; radiografia elettronica; radiografia neutronica; spettroscopia a luce ultravioletta; spettrografia a infrarossi; analisi termica; diffrattometria RX; spettroscopia di Mössbauer.

L'archeometria fa ormai parte della ricerca archeologica; proprio per questo è auspicabile che le difficoltà che rallentano oggi l'avanzamento della disciplina tendano gradatamente a scomparire. Esistono alcuni problemi generali che possono incidere sulla buona riuscita di un progetto archeometrico, a prescindere dal tipo di quesito archeologico. Ne ricorderemo qui di seguito solo alcuni.

Impostazione della ricerca da parte dell'archeologo. Finalità. Le finalità storiche di una ricerca di laboratorio devono essere chiare e sufficientemente motivate ed è necessaria una minima conoscenza delle potenzialità e dei limiti dei diversi metodi a disposizione. Non è raro vedere progetti archeometrici mal riusciti, nonostante i dati di laboratorio fossero buoni. Errori di impostazione compiuti dall'archeologo possono, infatti, compromettere la migliore ricerca di laboratorio, eseguita con i metodi più specializzati. È sufficiente, per esempio, che un archeologo fornisca dati di partenza incerti, senza precisare che si tratta di sue ipotesi di lavoro e non di dati di fatto, perché l'indagine archeometrica risulti falsata. Un esempio classico di questo genere di errori può venire dal campo delle determinazioni di origine delle ceramiche in laboratorio che, come si dirà più avanti, è basato sul confronto tra ceramiche di origine sconosciuta con ceramiche di origine certa (i cosiddetti gruppi di riferimento). Se un archeologo invia a un laboratorio ceramiche trovate in un sito e le indica come ceramiche prodotte nel sito X, basandosi su un'ipotesi di lavoro – e quelle ceramiche sono invece originarie del sito Y – questo errore iniziale inquinerà tutte le indagini successive, con implicazioni gravi

nell'interpretazione finale dei dati. Il peso di questi errori è tanto più alto in quanto si tratta di dati che vengono presentati con il sostegno dell'analisi di laboratorio, e i non addetti ai lavori avranno la tendenza ad accettare ciò che viene proposto, rassicurati proprio dalla presenza di indagini di laboratorio. Ricostruire all'indietro il percorso seguito e individuare l'errore sarà molto complesso; non è da escludere che, in mancanza di una revisione completa del progetto, eseguibile solo da specialisti, i dati errati proseguano indisturbati il loro cammino di diffusione. In modo molto schematico e generale si può affermare, quindi, che la bontà della ricerca archeologica, la chiarezza degli obiettivi, la correttezza delle campionature sono le condizioni indispensabili per la buona riuscita di un progetto archeometrico. Ammesso che i dati archeologici siano buoni, problemi possono però presentarsi anche nella parte più specificatamente archeometrica.

Scelta del laboratorio e figura dell'archeometrista. Per ridurre al minimo le possibilità di errore, è preferibile che per l'esecuzione delle analisi venga selezionato un laboratorio di comprovata esperienza, specializzato nel tipo di indagini che si vogliono eseguire. In generale, a prescindere dai metodi analitici utilizzati, è necessario che il laboratorio prescelto rispetti alcune regole di massima: innanzi tutto che garantisca la «fedeltà» e la riproducibilità dei dati prodotti. A seconda del metodo impiegato, esistono dei margini di errore analitico che vanno tenuti presente prima di dare inizio alla ricerca. Il laboratorio deve, in definitiva, aver messo a punto consciamente il metodo analitico che utilizza, rapportandosi anche ad altri laboratori che eseguono lo stesso tipo di indagini e con i quali è possibile uno scambio di dati. Meglio è se l'archeometrista ha una vera formazione interdisciplinare e conosce i problemi storici e archeologici che stanno alla base delle analisi; in tal modo, anche se si tratta di un chimico o di un fisico, potrà partecipare attivamente allo svolgimento del progetto, evitando di essere relegato alla funzione di mero fornitore

di dati analitici. Un gran peso gioca proprio la formazione sia di archeologi sia di specialisti di discipline scientifiche; pur partendo da basi di studio diverse, gli uni e gli altri si prefiggono spesso obiettivi scientifici comuni e la barriera che spesso ancora li divide dovrebbe, con il tempo, farsi sempre più inconsistente.

La formazione nel caso dell'archeologo dovrebbe comprendere anche nozioni di archeometria, mentre lo specialista di laboratorio dovrebbe sapersi muovere nel campo delle problematiche archeologiche, in modo da poter interagire con l'archeologo. Non ci si improvvisa archeometristi e la regola vale sia per gli archeologi sia per chimici e fisici. Possedere e saper utilizzare apparecchiature sofisticate e complesse non significa automaticamente fare della buona archeometria. Fare della buona ricerca archeometrica può significare conoscere bene le metodiche analitiche, ma anche poter seguire i percorsi di una ricerca dall'inizio alla fine, cioè dalla valutazione della problematica archeologica all'organizzazione del progetto fino all'interpretazione dei dati.

La comprensione di alcuni principi archeometrici può apparire semplice e il percorso di indagine riproducibile con una certa facilità; in realtà, organizzare progetti di laboratorio, e ancora di più interpretare dati analitici, è un'impresa di grande delicatezza, che va affidata o perlomeno sottoposta al controllo di chi abbia comprovata esperienza in quel settore.

Durante la fase delle analisi esistono alcune cause di errore che possono compromettere la riuscita di un progetto di ricerche di laboratorio su oggetti: vanno ricordati, per esempio, i problemi di contaminazione e di alterazione dei reperti, che coinvolgono sia il campo delle determinazioni di origine sia quello delle datazioni. I reperti archeologici possono essere stati contaminati sia nella fase di giacitura nel terreno, sia durante il campionamento o in seguito a esso. Non tener conto di alterazioni o contaminazioni conduce alla produzione di dati errati in diversi campi di indagine. Per tornare al campo del-

le determinazioni di origine, è possibile che ceramiche prodotte nello stesso sito X, ma rimaste per decenni in terreni differenti, una volta analizzate con metodi chimici, rivelino composizioni chimiche diverse. Questo fatto può portare l'archeometrista che non tenga presente i fenomeni di alterazione a interpretare tale diversità come indizio di un'origine diversa.

Scelta del metodo. Scegliere il metodo di laboratorio è in alcuni casi un fatto piuttosto automatico, poiché alcuni – come, per esempio, quello del radiocarbonio per le datazioni – sono metodi ormai molto diffusi e con un vasto ambito di applicazione. In altri casi, la scelta va invece valutata a seconda del tipo di problema e della domanda archeologica, del tipo di materiale che si vuole indagare, del tempo e del budget di cui si dispone.

Nel caso di ricerche in laboratorio su oggetti è necessario stabilire se sia necessaria un'analisi di tipo qualitativo (si indaga quali siano i parametri chimici e fisici di un oggetto) oppure un'analisi quantitativa (si quantifica la presenza di un determinato parametro). È possibile, per esempio, stabilire quali elementi chimici contenga una ceramica (analisi qualitativa) e in quali percentuali tale elemento sia presente (analisi quantitativa).

Nella scelta di un metodo, va valutato e tenuto presente anche il suo grado di precisione. È preferibile, a meno che non si disponga di molto tempo e di molte risorse economiche, evitare di affrontare un quesito – inerente, per esempio, le determinazioni di origine – con un metodo che non è mai stato utilizzato o lo è stato solo raramente. Quindi, se esistono anche dati relative a materiale archeologico, ottenute con un determinato metodo analitico, e i dati ottenuti sono soddisfacenti, può essere preferibile orientarsi proprio verso quel metodo.

Nel caso di analisi su oggetti va valutato se è possibile utilizzare un metodo distruttivo. Per analisi qualitative e quantitative è quasi sempre inevitabile prelevare un campione dal reperto, anche se molti metodi necessitano di quantità abbastanza ridotte di materiale.

Campionatura. Si tratta di una fase impor-

tante del progetto archeometrico inerente l'analisi su oggetti; essa va effettuata quando è stato impostato chiaramente il progetto ed è ben chiaro il problema archeologico che si vuole risolvere con i metodi di laboratorio. È indispensabile, inoltre, che la campionatura sia rappresentativa del materiale che si studia. Oltre a criteri archeologici e di rappresentatività, la CAMPIONATURA (⇔) deve rispondere a criteri tecnici precisi, quali il prelievo della quantità necessaria per l'analisi prescelta e l'attenzione alla non contaminazione del campione.

La situazione in Italia. L'anno di fondazione della rivista «Archaeometry», il 1958, rivela un'attenzione precoce del mondo anglosassone nei confronti delle discipline di laboratorio. In Italia l'archeometria stenta invece a decollare.

I problemi che ostacolano una diffusione della disciplina sono fondamentalmente riconducibili alla mancanza di un inquadramento istituzionale, all'inesistenza di un coordinamento delle ricerche e, non da ultimo, a difficoltà economiche. Anche la tradizione degli studi archeologici, soprattutto quelli classici, il cui approccio è stato fondamentalmente di tipo storico-artistico, non ha favorito la diffusione di una disciplina il cui linguaggio e i cui metodi sono molto lontani da quelli degli studiosi di formazione umanistica.

La posizione ufficiale in Italia dell'archeometria è ferma alla proposta del Consiglio universitario nazionale, ratificata dal ministro dell'Università e della Ricerca scientifica nel 1994, che ha comportato l'eliminazione dall'università italiana delle cosiddette Scienze sussidiarie dell'archeologia, che rappresentavano un possibile punto di incontro tra archeologia e scienza. L'archeometria è al momento presente come materia all'interno della facoltà di Fisica e nei vari corsi di laurea in Conservazione dei Beni culturali.

Per quanto si riconosca agli studi archeometrici un ruolo ormai indispensabile in molti ambiti della ricerca archeologica, e le richieste di indagini di laboratorio siano sempre più numerose, si fatica a riconoscerle una

chiara posizione istituzionale. Di conseguenza, anche la formazione di studiosi che si muovano in ambito interdisciplinare appare attualmente priva di prospettive concrete di lavoro. La figura dell'archeometrista non ha in Italia una collocazione precisa né è chiaro quale debba essere la sua formazione o in quali sedi – facoltà umanistiche o scientifiche – essa debba avvenire. In mancanza di una formazione interdisciplinare, uno dei problemi legati a questa disciplina e al suo avanzamento nei diversi paesi, riguarda la comunicazione tra il mondo degli umanisti e quello degli scienziati, comunicazione che non sempre è facile e diretta. È interessante notare che, se pur con diversi gradi di intensità, difficoltà di comunicazione tra i due mondi si sono presentate quasi ovunque e soprattutto nella fase iniziale di diffusione della disciplina. Nei paesi in cui l'archeometria ha una tradizione di studi più radicata, alcune tematiche di discussione sembrano ormai superate, mentre si ripresentano in paesi come l'Italia, in cui l'adozione dei metodi scientifici a sostegno delle ricerche archeometriche è un fatto piuttosto recente.

Colpisce nel nostro paese l'esistenza di un frazionamento all'interno della disciplina: ci sono congressi di archeometria organizzati dagli archeologi e congressi di archeometria organizzati da fisici e chimici, come se esistessero diverse archeometrie.

L'Associazione italiana di archeometria (Aiar), fondata nel 1993, riunisce in netta maggioranza specialisti di formazione scientifica; dopo una prima fase che ha visto la partecipazione di alcuni archeologi, tale associazione conta attualmente solo pochi umanisti. In sostanza, si ha l'impressione che, ancora una volta, umanisti e specialisti di discipline scientifiche, portino avanti separatamente e in sedi diverse le loro ricerche e, soprattutto, che abbiano idee diverse dell'archeometria.

Quella degli archeologi ruota principalmente intorno alla domanda storico-archeologica e alla ricaduta che la ricerca archeometrica può avere in campo archeologico; si avvalgono della collaborazione di quei pochi

esperti della materia che, in Italia e all'estero, hanno un'effettiva esperienza di ricerche interdisciplinari.

L'idea di archeometria di alcuni chimici e fisici si concentra spesso su problemi applicativi e di metodica, mentre la finalità storico-archeologica passa in secondo piano. Gli studi che derivano da un tale approccio, incentrati spesso su pochi reperti, con poca o nessuna ricaduta in campo archeologico, difficilmente riescono a suscitare l'interesse degli archeologi.

Poiché l'archeometria italiana è in molti ambiti ancora a una fase iniziale, per troppi laboratori fare archeometria significa sperimentare un metodo e applicarlo a materiali archeologici, proponendo una serie di dati numerici, spesso senza interpretazione e il cui significato storico e archeologico sfugge.

Per fare un salto di qualità sarebbe opportuno uscire dalla fase di misurazione e sperimentazione dei metodi per arrivare, almeno in quei campi in cui la ricerca di laboratorio è più avanzata, alla fase di sistematizzazione dei dati, alla loro interpretazione e, se possibile, all'enunciazione teorica dei procedimenti interpretativi.

Dall'altro lato, non è possibile pensare a un'affermazione delle discipline di laboratorio senza prevedere una partecipazione più reale e tangibile degli archeologi ai nuovi indirizzi di ricerca. Loro è il compito di pilotare e promuovere le ricerche, selezionando temi effettivamente importanti e impostando i progetti consapevolmente, procedimenti possibili solo se si conoscono i metodi di laboratorio e le loro potenzialità.

Un forte intervento è auspicabile anche a proposito del coordinamento delle indagini archeometriche, possibilmente per ambiti specifici; ciò eviterebbe ripetizioni di ricerche già effettuate e potrebbe favorire in tempi brevi la circolazione di informazioni utili su progetti in corso.

M. Aitken, *Physics and Archaeology*, Oxford 1974; S. Bowman (a cura di), *Science and the Past*, London 1991; F. Burrigato et al. (a cu-

ra di), *1st European workshop on archaeological Ceramics*, Roma 1994; *Gli esperti scientifici per i beni culturali. Quale formazione? Quale impiego?*, Bologna 1994; U. Leute, *Archeometria*, Roma 1993; S. Lorusso, B. Schippa, *Le metodologie scientifiche per lo studio dei Beni culturali. Diagnosi e valutazione tecnico-economica*, Roma 1992; T. Mannoni, *Archeometria. Geoarcheologia dei manufatti*, Genova 1994; T. Mannoni, A. Molinari (a cura di), *Scienze in archeologia (Pontignano 1988)*, Firenze 1990; H. Momsen, *Archäometrie*, Stuttgart 1986; *Les mystères de l'archéologie. Les sciences à la recherche du passé*, Besançon 1990; M. Picon, *Archéologie et laboratoire. Quel avenir pour la céramologie de laboratoire?*, in «Archéologie médiévale», XIX, 1989, pp. 243-54; J. Riederer, *Archäologie und Chemie. Einblicke in die Vergangenheit*, Berlin 1987; M.S. Tite, *Methods of Physical Examination in Archaeology*, London 1972. Si vedano inoltre le riviste «Archaeometry», Oxford dal 1958; «Berliner Beiträge zur Archäometrie», Berlino dal 1976; «Pact. Journal of the European Study Group on Physical, Chemical, Mathematical and Biological Techniques Applied to Archaeology», Strasburgo, dal 1977; «Revue d'Archéologie. Bulletin de liaison du Groupe des méthodes physiques et chimiques de l'archéologie», Rennes dal 1977, e gli Atti dei Convegni su *Le scienze della terra e l'archeometria*, 1-5, dal 1994.

GLORIA OLCESE

Archeosismologia I termini *archeosismologia* e *archeologia sismica* sono usati da circa venti anni, ma il tema «terremoto» in archeologia data almeno dalla seconda metà dell'Ottocento. Questo tema ha trovato attenzione in ambito mediterraneo sia per i caratteri sismici di quest'area, sia per l'importante presenza di vestigia antiche. Fino agli anni Settanta del Novecento gli studi in questo settore si presentano come tentativi un po' generici di rilevare o segnalare tracce di terremoti – o elementi ritenuti tali – su monumenti antichi: per esempio De Rossi (1874) e Lanciani (1918)