



Claudio Botrè
Professore Ordinario di Chimica Fisica
Università di Roma "La Sapienza"
claudio.botre@gmail.it

LA DATAZIONE DELLA SINDONE MEDIANTE RADIOCARBONIO

La disputa sull'autenticità della Sindone sembrò conclusa con i risultati conseguiti grazie alle nuove tecniche scientifiche, basate su spettrometria di massa e su misure del decadimento radioattivo di radioisotopi. Successivamente sono emersi nuovi dubbi relativi al possibile ruolo di agenti contaminanti, conseguenti sia alla continua esposizione ambientale del reperto durante la sua conservazione, sia alle operazioni di prelievo dei campioni sottoposti alle indagini. Tutti questi aspetti sono considerati e discussi nella presente nota.

Introduzione

La Sacra Sindone non è soltanto il più importante reperto archeologico esistente, e non solo per i cristiani, ma perché, essendo direttamente legato alla nascita di Gesù, è anche legato a quello che è il punto di riferimento universalmente assunto per l'attuale computo del tempo. L'anno iniziale della nostra Era (impropriamente definito "anno zero") rappresenta, ovviamente, il riferimento anche per la collocazione spazio-temporale di eventi precedenti a tale data e che sono, infatti, indicati come "a.C." (*ante Christum*). Questa "calendar age" è anche in relazione con la *datazione radiocarbonica convenzionale*, calibrata sulla base di diverse acquisizioni archeologiche note, per esempio una di queste si basa sul tempo medio di crescita annuale dei coralli, tramite il quale si sono potute valutare datazioni fino a circa 24.000 anni fa, tenendo però presente che il massimo valore di una datazione, teoricamente raggiungibile con il metodo del radiocarbonio, è di poco superiore ai 30.000 anni.

La Sacra Sindone è costituita da un unico telo di lino, probabilmente una produzione egiziana del primo secolo, nel quale fu avvolto il corpo di un uomo dopo la sua morte.

Entro questo lenzuolo rimase impressa, con meccanismo ignoto, la sua figura umana con evidenti segni di torture subite *ante mortem*. Nessuno è però mai riuscito a spiegare, in modo convincente e/o su basi scientifiche, con quale meccanismo possano essere rimasti impressi per millenni su un telo di lino l'immagine dell'uomo e i segni di sofferenza da lui subiti (macchie di sangue, tracce di percosse e una profonda ferita infertagli a destra nel costato con un colpo di lancia, oltre a molti altri interessantissimi dettagli) [1].

A tale riguardo è però utile ricordare che questo tessuto (lungo 4,36 metri, largo 1,11 metri e con lo spessore proprio di un telo di lino, compreso nell'ordine del millimetro) sarebbe compatibile con quelli in uso nel primo secolo, oltre che in Egitto, anche in Palestina e quindi, almeno da questo punto di vista, non in contrasto con l'ipotesi

che questo telo possa essere stato proprio quello che avvolse, dopo la crocifissione, il corpo martoriato di Gesù.

Data la rilevanza dell'unicità di questo reperto, sono innumerevoli sia i sostenitori in favore dell'autenticità del telo, sia i contrari, che lo ritengono invece non dell'epoca, ma un falso di produzione medioevale, conclusione questa che è l'unica fondata su misure ottenute con un metodo scientifico di datazione "diretta" e basata sul metodo del radiocarbonio.

In questa breve nota si vorranno considerare i fattori che hanno potuto contribuire ad influenzare l'accuratezza delle determinazioni eseguite mediante tecnica del radiocarbonio, ed in particolare le potenziali fonti di contaminazione cui il medesimo può essere stato esposto nei periodi, dell'ordine di diversi secoli, antecedenti alle operazioni di prelievo (a quanto risulta eseguite a mani nude) dei campioni utilizzati per l'indagine analitica.

Brevi cenni sulla storia della Sindone

Le condizioni di conservazione della Sindone, sono assolutamente ignote, anche se è stato ipotizzato il percorso seguito nel trasferimento del Sacro reperto dalla Palestina alla Francia (attraverso l'Asia Minore e altri Paesi del bacino del Mediterraneo).

Questo percorso è giustificabile dalla presenza, nel telo di lino, di specie vegetali diverse, quali pollini e frammenti di piante tipiche di alcuni Paesi attraverso i quali la Sindone è transitata prima di raggiungere la Francia. Sembra che le diverse specie dei vegetali provengano da circa sessanta piante diverse, delle quali circa quaranta mancanti in Europa e circa trenta provenienti dalla Giudea e dall'Asia Minore [2]. Comunque prima dell'arrivo della Sindone in Francia nel 1353, quando fu portata a Chambery da Goffredo di Charny (forse un cavaliere templare), non è noto né dove, né come la Sindone sia stata conservata.

Nelle sopra menzionate specie vegetali, molecole di natura organica sono moltissime e provenienti oltre che da specie vegetali anche da innumerevoli contaminazioni dovute a residui di prodotti carboniosi, e, prime fra tutte, quelle provenienti da combustioni, con tracce evidenti su alcune parti del telo.

È doveroso anche ricordare che il Vangelo di San Giovanni afferma che, prima della deposizione, il corpo di Gesù fu lavato e trattato con aromi e prodotti vegetali diversi prima di essere stato avvolto nel telo di lino. Per tali trattamenti nel Vangelo è specificato che furono usate cento libbre di una mistura di mirra e aloe, ma anche altri non specificati aromi. In realtà la presenza di tracce di almeno qualcuna delle sostanze presenti in tali misture vegetali, in particolare aloe e mirra, ma anche di sangue umano del gruppo AB, sono stati evidenziati [2] con certezza.

Altre perturbazioni di natura chimico-fisica ottenute con onde laser nel campo dell'ultravioletto e dotate di un'energia di entità impenabile per quei tempi hanno prodotto effetti unici su teli di lino e con immagini analoghe a quelle uniche, inspiegabili e impresse sulla Sindone.

Notizie sul radiocarbonio

Il radiocarbonio, o carbonio 14, o ^{14}C , si forma con continuità nell'alta atmosfera dove, per azione dei raggi cosmici, atomi di azoto, $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$, grazie all'energia assorbita, espellono neutroni che quindi, in forma di protoni e di elettroni, modificano il nucleo dell'azoto stabile e lo trasformano in quello del radiocarbonio.

Gli atomi di $^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}}$ così formati si combinano direttamente con l'ossigeno atmosferico e generano anidride carbonica radioattiva, $^{14}\text{CO}_2$.

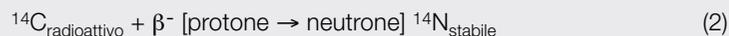
La trasformazione nucleare



non comporta quindi variazioni delle masse nucleari degli atomi che partecipano alla reazione. Infatti:

$$\begin{aligned} ^{14}\text{N}_{\text{stabile}} &= (7 \text{ protoni} + 7 \text{ neutroni}) = 14 \text{ unità di massa;} \\ ^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}} &= (6 \text{ protoni} + 8 \text{ neutroni}) = 14 \text{ unità di massa} \end{aligned} \quad (1a)$$

Dopo un tempo molto lungo l'emissione di β^- termina e, reversibilmente, torna allo stato iniziale:



La combinazione sequenziale di reversibilità realmente esistente e relativa alle equazioni (1) e (2) definisce un processo "singolare" ovvero un ciclo del radiocarbonio, ciclo che è però di scarsa utilità pratica, perché si tratta di un tempo valutato fra i 50.000 e i 60.000 anni e quindi pari a circa dieci volte l'emivita del ^{14}C .

Per la sua maggiore densità rispetto a quella degli altri gas atmosferici, la $^{14}\text{CO}_2$ raggiunge facilmente gli strati più bassi dell'atmosfera terrestre dove, tramite la fotosintesi clorofilliana, entra a far parte della biosfera nelle diverse e innumerevoli sostanze vegetali di natura organica, in cui il ^{14}C presente è, prevalentemente, quello proveniente dalla reazione (1).

Il ^{14}C è un radionuclide contenuto, in percentuali minime ma costanti, nei diversi materiali organici presenti nella biosfera dove, da sempre, si trova in condizioni di stato stazionario.

La frazione di ^{14}C nell'atmosfera è la stessa di quella presente in corpi idrici e di quella presente in ogni essere vivente ed è invariata da sempre. La presenza di carbonio, sia radioattivo ^{14}C , sia stabile ^{12}C , è da sempre costante anche negli organismi animali, in cui, dopo essere stato fissato nei vegetali tramite la fotosintesi, è trasferito mediante catene alimentari. Qui con alimentazione e respirazione permane in concentrazioni costanti perché rimane in condizioni di stato stazionario, almeno fin tanto che nell'organismo si mantengono attive le funzioni vitali che ne assicurano lo scambio con l'esterno.

Il ^{12}C stabile è presente in tutti i prodotti di natura organica in misura enormemente maggiore di quella presente come ^{14}C . Oltre al $^{12}\text{C}_{\text{stabile}}$, esiste anche un altro isotopo stabile del carbonio, il $^{13}\text{C}_{\text{stabile}}$.

CHIMICA & BENI CULTURALI



Fig. 1 - L'uomo di Similaun (vedi commento nel riquadro)

Il ^{12}C rappresenta circa il 99% del carbonio totale, il ^{13}C circa l'1% e il ^{14}C è presente in percentuale pari all' $1,2 \times 10^{-12}$ (il che significa: un atomo di ^{14}C ogni trillione di atomi di ^{12}C).

Il ^{14}C ha un'emivita di 5.730 anni, un tempo molto lungo, particolarmente in confronto a quello di un altro isotopo radioattivo, il carbonio 11, o ^{11}C , che si ottiene bombardando con particelle α il boro 11, $^{11}\text{B}_{\text{stabile}}$, invece, ha un'emivita molto breve, pari a 20,3 minuti.

Il ^{14}C , ha un'attività radioattiva specifica pari a 170 GBq/g e nel decadimento radioattivo si trasforma totalmente in azoto 14, stabile, $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$, con un rilascio di energia pari a 156,476 keV. È opportuno ricordare che secondo il sistema internazionale (SI) l'unità di misura della radioattività è il Becquerel (Bq), che corrisponde al decadimento di 1 unità radioattiva al secondo (o dps), e che l'attività radioattiva indica il numero di nuclei radioattivi presenti, mentre quella specifica definisce il rapporto fra decadimento dell'attività radioattiva e la relativa massa unitaria del radionuclide, (il ^{14}C presente) dps/massa (dps/g).

Il decadimento radioattivo del radiocarbonio avviene con andamento esponenziale decrescente e la sua attività radioattiva si dimezza.

Il tempo di dimezzamento (o emivita del ^{14}C) è indicato con $t_{1/2}$.

Il $^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}}$ emette particelle β^- (elettroni e antineutrini) e, decaden-

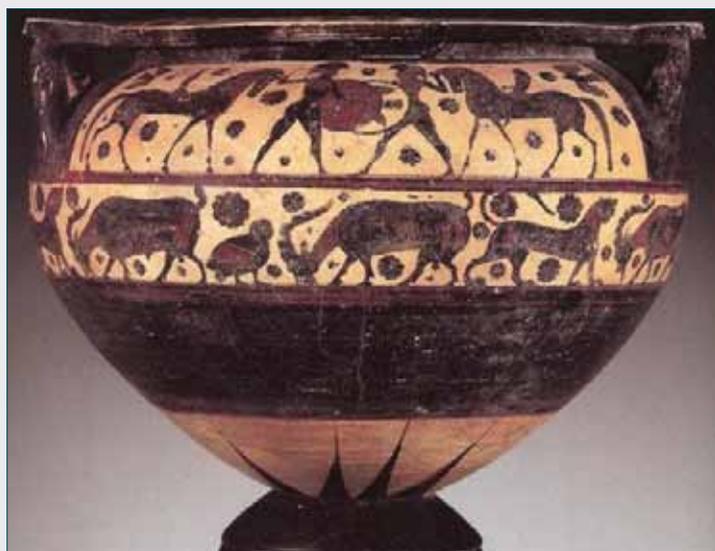


Fig. 2 - Cratere in ceramica di Corinto, 600 a.C. circa (vedi commento nel riquadro)

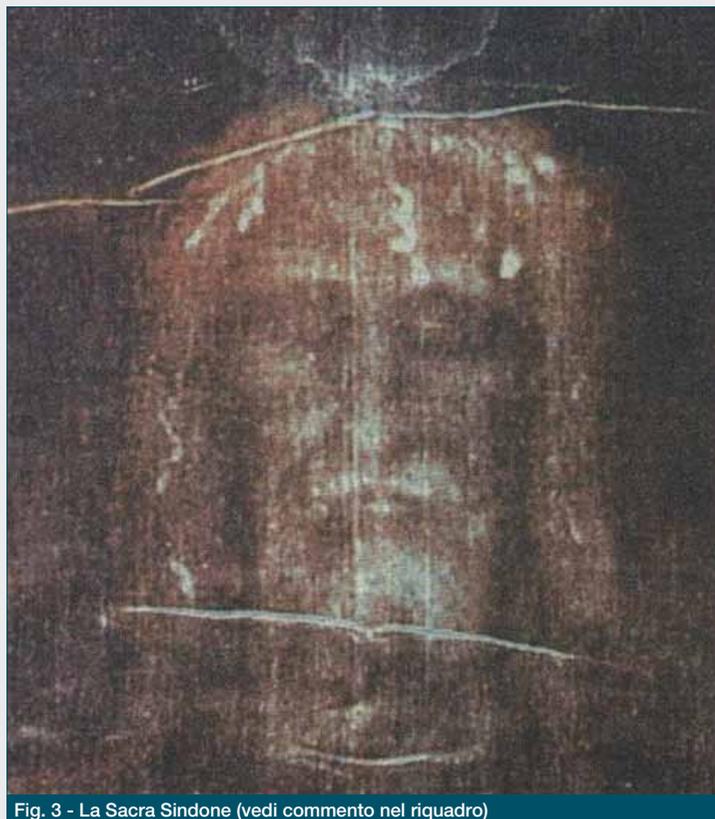


Fig. 3 - La Sacra Sindone (vedi commento nel riquadro)

do, si trasforma, lentamente e progressivamente, in azoto stabile, o $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$, secondo il semplice schema di reazione (2), che evolve in senso inverso a quello della reazione (1).

Il radiocarbonio originariamente presente nel reperto archeologico, si trasforma dunque progressivamente, lentamente e continuamente in $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$. La diminuzione della massa del $^{14}\text{C}_{\text{originario}}$ è pari all'aumento della massa di azoto $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$, ovvero la trasformazione di un certo numero di atomi radioattivi del carbonio $^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}}$, è pari a un uguale numero di atomi di azoto $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$. In coincidenza con il tempo

di dimezzamento, $t_{1/2}$, e in accordo con lo schema di reazione (2), il numero di atomi di radiocarbonio residui uguaglia quello degli atomi di azoto trasformati.

Con la morte dell'organismo tutti i processi vitali si interrompono e con essi si interrompe anche il processo di assunzione del ^{14}C dall'esterno, in precedenza assicurato con la respirazione e l'alimentazione e, conseguentemente si interrompono anche le relative condizioni di stato stazionario del ^{14}C interno all'organismo.

Dalla variazione nel tempo del rapporto fra i due isotopi, carbonio stabile e carbonio radioattivo, $^{12}\text{C}/^{14}\text{C}$, e conoscendo i valori della costante cinetica λ di decadimento radioattivo del ^{14}C (che, essendo una cinetica del primo ordine, ha le dimensioni del reciproco di un tempo) e il valore del tempo di dimezzamento, $t_{1/2}$, del ^{14}C , è possibile valutare il tempo intercorso fra l'interruzione di assunzione nell'or-

ganismo di $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$ dall'ambiente, coincidente con la morte dell'organismo, e il momento della datazione, ossia l'età, o datazione, del reperto organico [3, 4].

Aristotele: Il tempo è figlio delle differenze

Per datazioni con metodi diretti, sono previste determinazioni di differenze di tempi correlabili con differenze di energia, quali differenze d'intensità di flussi energetici (emissioni radioattive di particelle β^-) e/o differenze di massa del $^{14}\text{C}_{\text{originario}}$ (diminuzione della massa del radiocarbonio originariamente presente nel reperto, perché trasformatosi in azoto, $^{14}\text{N}_{\text{stabile}}$) direttamente correlabili alle differenze di tempo (ovviamente di un tempo pregresso) che costituiscono la base di ogni datazione.

La misura del tempo, in generale, e delle datazioni, in particolare, si

COMMENTO ALLE FIGURE

Nelle figure riportate nella pagina precedente sono illustrati tre esempi di reperti archeologici classificabili rispettivamente:

a) Fig. 1: si tratta di un reperto umano "isolato" [3], l'uomo del Similaun, conservato in condizioni di assoluto isolamento dall'ambiente esterno, assicurato da una costante e continua ibernazione in un ghiacciaio alpino perenne, al confine tra Italia e Austria, in cui non possono essere avvenuti scambi né di materia né di energia (scambio di materia con l'esterno: $\Delta m = 0$; scambio di energia con l'esterno: $\Delta E = \Delta T = 0$).

La sua datazione con radiocarbonio è fissata a circa 5.300 anni fa [6]. Nel corredo dell'uomo c'erano anche un coltello di pietra (in alto a destra) e un'ascia di rame (in basso a sinistra), oggetti che confermano l'appartenenza del reperto agli inizi dell'eneolitico, o età del rame;

b) Fig. 2: si tratta di un reperto ceramico "chiuso" (cratere in ceramica di Corinto, 600 a.C. circa). In questo caso non sono possibili scambi di materia ma soltanto scambi di energia (ΔE), rappresentati da efflussi di elettroni, ($-\Delta\beta^-$), in precedenza intrappolati, e liberati da trattamenti termici ($+\Delta T$) o influssi di elettroni nel reperto ($+\Delta\beta^-$), conseguenti all'applicazione di energie elettromagnetiche ($+\Delta E_M$). In questo modo, e a scopo fraudolento, mediante irraggiamento con raggi X, si può trasformare in antico un oggetto ceramico nuovo [3-4];

c) Fig. 3: la Sacra Sindone è un reperto "aperto", di natura organica (un telo di lino, lungo 4,36 metri, largo 1,11 metri e, ovviamente, con uno spessore minimo, valutabile nell'ordine del millimetro).

La sua struttura presenta quindi una massima esposizione all'ambiente esterno, essendo in questo caso il rapporto superficie del telo rispetto alla sua massa tale da poter affermare che la totalità della massa della Sindone è stata per circa due millenni esposta a condizioni ambientali variabili, anche se, più o meno, ignote.

Gli agenti contaminanti esterni di natura organica hanno riguardato sia variazioni di massa ($+\Delta m$) dovute a inclusioni nel telo di $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$, dovuto a composti organici provenienti dall'ambiente esterno, sia variazioni di energia ($+\Delta E$), dovute a influssi di particelle ($+\Delta\beta^-$), provenienti dagli atomi contaminanti del $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$, precedentemente menzionato.

La datazione, mediante radiocarbonio, per essere eseguita correttamente deve poter valutare esclusivamente l'entità del $^{14}\text{C}_{\text{residuo}}$ ancora presente nel reperto.

Il solo contributo teoricamente idoneo alla datazione deve essere quindi: $[^{14}\text{C}_{\text{residuo}} + \Delta\beta^-]$.

All'unico ed essenziale contributo utilizzabile per una corretta datazione se ne aggiunge però un altro nuovo, che riguarda l'incremento di nuova materia e di nuova energia. Questo nuovo contributo è tanto ignoto quanto rilevante e riguarda tutte le interazioni certamente avvenute a carico del reperto:

il contributo del $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$ che si aggiunge e interferisce, è però ignoto e non calcolabile, è: $+[^{14}\text{C}_{\text{nuovo}} + \Delta\beta^-] = ?$.

Il valore determinato mediante radiocarbonio è dunque quello dato dalla somma di due entità: $[^{14}\text{C}_{\text{residuo}} + ^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}]$, ovvero quella residua e interna e propria della Sindone dovuta al $^{14}\text{C}_{\text{residuo}}$ e quella proveniente dall'esterno e dovuta al $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$.

Tutte le datazioni finora eseguite sono state sempre relative a "miscela", perché somma di due contributi, entrambi ignoti e in nessun modo determinabili, e, come tali, scientificamente inaccettabili, ma che, certamente, spostano sempre tutte le datazioni verso epoche diverse, ma sempre molto successive a quella dell'origine della Sindone:

$$^{14}\text{C}_{\text{determinato}} = (\Delta m + \Delta E) = [^{14}\text{C}_{\text{residuo}} + \Delta\beta^-] + [^{14}\text{C}_{\text{nuovo}} + \Delta\beta^-] = ? + ?$$

può ottenere soltanto mediante la misura accurata di differenze fra parametri significativi e specifici di ogni epoca pregressa rispetto a quelle relative al tempo presente, ma è imperativo che le determinazioni avvengano in assoluta assenza da contaminazioni e/o perturbazioni esterne, siano esse pregresse o siano esse presenti.

È dunque importante evidenziare come dalla misura di differenze associate al decadimento del $^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}}$ proprio di un reperto archeologico di natura organica, sia possibile determinare l'intervallo di tempo intercorso fra l'origine del reperto archeologico e il momento in cui si effettua la determinazione. È così possibile conoscere direttamente la data di origine (o datazione) e da questa anche l'autenticità, o meno, di un reperto archeologico di natura organica.

Si può quindi paragonare la misurazione del tempo mediante decadimento radioattivo del radiocarbonio a quella realizzabile con un ipotetico orologio perfetto, anche in grado di misurare un tempo trascorso, entro un ordine di grandezza compreso tra il centinaio e le migliaia di anni, ma con un limite massimo non superiore ai 50 mila anni.

È però ovvio che impreviste, incontrollabili, continue, frequenti e ignote manomissioni nel meccanismo di un tale orologio falserebbero il suo corretto funzionamento fino a rendere l'orologio non più utilizzabile. Analogamente, impreviste, incontrollabili, continue, frequenti e ignote perturbazioni, esterne al reperto e capaci di alterare il contenuto del ^{14}C residuo e ancora presente entro qualsiasi reperto archeologico di natura organica, rendono parimenti inutilizzabile il metodo di datazione basato sull'impiego del radiocarbonio.

In questo caso le "differenze" nel decadimento radioattivo del ^{14}C , e/o quelle nel numero residuo degli atomi di ^{14}C , sarebbero state alterate da inserimenti nel reperto di nuovo ^{14}C , con conseguenti spostamenti dei tempi di datazione, non già dovuti al meccanismo di funzionamento "del teorico orologio ^{14}C ", ma a perturbazioni esterne. Presenze di composti organici diversi, pollini, microrganismi, prodotti da combustioni, o altre alterazioni ignote avvenute in tempi remoti, costituiscono impreviste manipolazioni subite dal reperto anche nel corso di prelievi, analisi o per eventi diversi (bruciature, rattoppi o altro). Le perturbazioni sono, in genere, tanto più rilevanti quanto maggiore è l'età del reperto e quanto maggiori siano state le più che probabili frequenze ed intensità delle diverse perturbazioni, inversamente proporzionali al "grado di protezione" del reperto archeologico e attive nel corso della sua conservazione.

È ovvio, e implicito, come tutte queste più che probabili e certamente ignote differenze possano essere state causa di incontrovertibili errori di datazione, ma comunque responsabili di datazioni con "spostamenti" sempre verso tempi meno antichi perché causati da nuovi apporti di $^{14}\text{C}_{\text{esterno}}$ e così responsabili di datazioni certamente false [3].

Le datazioni mediante il radiocarbonio

Nel metodo di datazione mediante il ^{14}C , l'emissione di raggi β^- (efflussi di energia, $-\Delta E$), generati dalla massa del radiocarbonio presente (il $^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}}$), è associata a una progressiva diminuzione nel tempo della massa del ^{14}C .

La determinazione di un intervallo di tempo pregresso (ossia la datazione) può essere allora valutata sia da differenze nel valore residuo della massa del $^{14}\text{C}_{\text{radioattivo}}$, associato alla trasformazione del ^{14}C in ^{14}N , ($-\Delta m$), sia dalle differenze di energia ($-\Delta E$), associate all'entità delle emissioni radioattive (β^-) del radionuclide presente [4].

La datazione corretta è quella basata esclusivamente sul $^{14}\text{C}_{\text{residuo}}$ del radiocarbonio ancora presente nel reperto:

$$^{14}\text{C}_{\text{determinato}} = (\Delta m + \Delta E) = [^{14}\text{C}_{\text{residuo}} + \Delta\beta^-] \quad (3)$$

L'introduzione di $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$ rappresenta però un'entità additiva, sconosciuta e in nessun modo calcolabile, ma che rappresenta un rilevante termine di errore introdotto nel calcolo, ed è responsabile di una "ringiovanita" datazione:

$$^{14}\text{C}_{\text{determinato}} = (\Delta m + \Delta E) = [^{14}\text{C}_{\text{residuo}} + \Delta\beta^-] + [^{14}\text{C}_{\text{nuovo}} + \Delta\beta^-] \quad (4)$$

L'equazione (4) è dunque un'equazione corretta ma non risolvibile, perché non sono noti i valori dei due addendi, entrambi ignoti, relativi il primo all'entità del $^{14}\text{C}_{\text{residuo}}$ ancora presente nel reperto e il secondo di entità assolutamente ignota e non determinabile.

È questa anche una prova della ridotta riproducibilità dei valori di datazioni eseguite da diversi sperimentatori in tempi diversi.

Nelle datazioni della Sacra Sindone i diversi campioni contemporaneamente prelevati da tre diversi e indipendenti scienziati, ma in condizioni di prelievo non sterili, hanno infatti fornito datazioni variabili dal 1260 al 1390 [1]. A tale proposito non bisogna dimenticare che il rapporto $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ è pari a un atomo di ^{14}C ogni mille miliardi di atomi di ^{12}C .

La grande superficie della Sindone (quasi cinque metri quadrati per uno spessore dell'ordine del millimetro) inducono a ritenere più che probabile l'esistenza di una variabile esposizione di parti del reperto verso l'ambiente esterno.

In base alle sopra menzionate considerazioni sembra allora difficile poter concepire di ottenere una datazione certa della Sindone mediante il decadimento radioattivo del ^{14}C .

Per avere un'idea di quanto possa essere rilevante la contaminazione operata da composti carboniosi ambientali si fa riferimento ad un esempio tanto emblematico quanto attuale [5] ma, anche se non riguarda direttamente problemi di archeometria, dimostra gli effetti imprevedibili dovuti all'enorme diffusione di carbonio nella biosfera e, segnatamente, il trasferimento di anidride carbonica, che assume particolare rilievo per la sua funzione di "carrier", nel trasferimento del ^{14}C dall'atmosfera alle acque del mare.

Il metodo del radiocarbonio e l'età medioevale della Sindone

È vero che è importantissimo tenere sempre presente come l'attendibilità di una datazione sia legata alla professionalità e alla specifica qualificazione di chi ha operato sperimentalmente, è però bene ricor-

dare che anche legalmente (perché possano essere approvati tutti i diversi stadi attraverso i quali si esegue una perizia analitica (per esempio in merito all'accertamento dell'autenticità di un reperto archeologico) è essenziale ricordare che l'analisi inizia con il prelievo di un campione dal reperto da sottoporre ad analisi e che, contestualmente, si deve valutare dove e come in precedenza sia stato conservato il reperto di cui si deve accertare l'autenticità e/o la datazione. Nel caso della Sindone la conoscenza delle condizioni sulla sua conservazione è ignota e, almeno per circa un millennio, si è di fronte a condizioni, addirittura, di "buio assoluto".

Il metodo del radiocarbonio non può, certamente, essere considerato un mezzo definitivo per la datazione della Sindone, essendo il decadimento del radiocarbonio presente in origine, $^{14}\text{C}_{\text{originario}}$, ma essendo state molteplici le contaminazioni del $^{14}\text{C}_{\text{originario}}$ dovute al $^{14}\text{C}_{\text{ambientale}}$, che si sono verificate nel corso dei secoli con frequenze e intensità ignote e assolutamente non determinabili: la datazione con radiocarbonio è, in questo caso, impossibile.

Conclusioni

Come nelle operazioni chirurgiche per evitare che germi patogeni, accidentalmente presenti, possano infettare l'organismo operato con conseguente riproduzione degli agenti patogeni fino a poter causare la morte del paziente, così anche nel prelievo e nelle successive manipolazioni dei campioni dalla Sindone da sottoporre a datazione, sarebbe stato altrettanto imperativo adottare le precauzioni indispensabili per evitare contaminazioni, non solo di microrganismi (patogeni o meno), ma anche di piccole masse di composti organici, sicuri contaminanti in aggiunta di quelle già presenti in un tessuto, vecchio di svariati secoli, e da esaminare nei tre campioni prelevati dal reperto in aliquote minime (nell'ordine dei 50 milligrammi ciascuna) [1, pp. 95-97].

Anche se non si sarebbero potute escludere tutte le più che probabili cause di errori di datazione, forse alcune di esse si sarebbero potute limitare. Bisogna, infatti, non dimenticare che il contenuto del ^{14}C rispetto al ^{12}C è pari ad uno su mille miliardi e che quindi anche minimi ingressi di $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$ direttamente provenienti dall'esterno, avrebbero potuto aggiungersi al $^{14}\text{C}_{\text{residuo}}$ ancora presente nella Sindone.

Da quanto fin qui discusso sembra quindi più che condivisibile l'affermazione che, in generale, la contaminazione del " $^{14}\text{C}_{\text{originario}}$ ", presente in un reperto archeologico di natura organica fin dalla sua origine, mediante " $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$ ", proveniente dall'ambiente, è la regola, mentre la totale assenza di qualsiasi perturbazione idonea a con-

taminare il " $^{14}\text{C}_{\text{originario}}$ " per opera di " $^{14}\text{C}_{\text{nuovo}}$ " è da ritenersi l'eccezione, come verificato nel caso della datazione con radiocarbonio dell'uomo del Similaun.

In conclusione, il concetto di "contaminante ambientale" non è limitato ad agenti di tossicità intrinseca in grado di mettere a rischio la salute degli organismi viventi e degli ecosistemi, ma assume assoluta rilevanza anche nel caso di indagini analitiche la cui attendibilità preveda sia la certezza dell'integrità ed autenticità del reperto da sottoporre ad analisi, sia, parimenti, che i campioni da esso prelevati ne assicurino la massima rappresentatività.

Ringraziamenti: Un doveroso ringraziamento alla Prof. Marcella Guiso per le utili discussioni e per la lettura critica del manoscritto.



Bibliografia

- [1] B. Frale, *La Sindone di Gesù Nazareno*, Il Mulino Editore, Bologna, 2009.
- [2] P. Baima Bollone, *Sindone - Storia e Scienza*, La Stampa, Priuli & Verlucca, 2010.
- [3] C. Botrè, *Gocce di Storia*, pp. 257 e seguenti, Aracne Editrice, Roma, 2013.
- [4] C. Botrè, *Chimica e Industria*, 2013, **95**(3), 108.
- [5] J.C. Orr *et al.*, *Nature*, 2005, **432**(365), 681.
- [6] K. Spindler, *Der Mann im Eis*. University of Innsbruck (Austria), 1993.

ABSTRACT

The Shroud of Turin: Some Considerations on Radiocarbon Techniques as a Reliable Source of Dating

The dating to the middle age of the origin of the Shroud of Turin (in the years range between 1260 and 1390 a.C.), on the basis of well known results, obtained by highly qualified scientists and performed by means of radiocarbon determinations on three small flaxen samples removed from the Shroud, are here discussed on the basis of the physico-chemical features of ^{14}C based measurements and their reliability.