

## **QUARANTA ANNI DOPO GLI ESAMI SCIENTIFICI SULLA SINDONE DEL 1978**

*Pierluigi Baima Bollone<sup>1</sup>, Grazia Mattutino<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Professore Emerito di Medicina Legale dell'Università di Torino, Presidente Onorario del Centro Internazionale di Sindonologia, via Pastrengo 30, 10128 Torino - e-mail pierluigi@baimabollone.it

<sup>2</sup> Laboratorio di Scienze Criminalistiche "Carlo Torre", Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche dell'Università di Torino, corso Galileo Galilei 22, 10126 Torino

Parole chiave: *Sindone*

*microscopia ottica*

*microscopia elettronica a scansione*

*microanalisi EDX*

Keywords: *Sindon*

*optical microscopy*

*scanning electron microscopy*

*microanalysis EDX*

### **Riassunto**

L'articolo riassume lo sviluppo delle ricerche scientifiche sulla Sindone, noto antico lenzuolo funerario di ancora non definita datazione, e le vicende che hanno condotto agli esami diretti sul reperto eseguiti da vari ricercatori tra l'8 ed il 15 ottobre 1978. In tale occasione uno di noi ha prelevato 12 fili di trama ed ordito da sedi precedentemente ritenute rilevanti. I risultati degli esami morfologici, sia con il microscopio ottico sia con il SEM e la microanalisi, sono stati comunicati nella seduta del 6 maggio 1981 della Accademia di Medicina di Torino. Subito dopo questi prelievi e negli anni successivi si è proceduto ad aspirazione delle polveri imprigionate nel tessuto e a vari interventi, finché nel 2002 si è proceduto ad un restauro organico. Pertanto i preparati del 1978 sono l'unica testimonianza della situazione originale del tessuto della Sindone. È parso quindi rilevante procedere, dopo quaranta anni, al riesame dei vetrini e degli *stub* allora preparati con microscopi ottici, SEM e microanalizzatori Rx moderni. È stato così accertata la maggior incidenza dei danni subiti dalla Sindone dalla elevata temperatura di un incendio cui è stata esposta nel 1532, la natura di lino delle fibre che costituiscono i fili del tessuto con la commistione di fibre di cotone nella misura di circa il 2%, il senso ed il grado di torcitura dei fili di trama ed ordito, la presenza di tracce di oro e di argento riferibili anch'essi

all'incendio del 1532, di tracce di inquinamento industriale moderno, di acari infestanti e di pollini.

### **Abstract**

The article summarizes the development of scientific research on the Shroud, a well-known ancient burial sheet of undefined dating, and the events that led to the direct examinations of the artifact performed by various researchers between 8 and 15 October 1978. On that occasion one of us took 12 threads and from various sites previously considered relevant. The results of the morphological examinations, both with the optic microscope and with the SEM as well as microanalysis, were communicated during the session of May 6th 1981 of the Academy of Medicine of Torino. Immediately after these withdrawals and in the following years we proceeded to aspirate the dust trapped in the fabric and to various interventions, until in 2002 an organic restoration was carried out. Therefore the preparations of 1978 are the only evidence of the original situation of the fabric of the Shroud. It seemed therefore important to proceed, after forty years, to review the slides and stubs prepared then with optical microscopes, SEM and modern rx microanalyzers. It was thus ascertained that the greater part of the damages of the Shroud was due to the elevated temperature of a fire to which it was exposed in 1532, the nature of linen of the fibers that constitute the threads of the fabric with the mixture of cotton fibers is to the extent of about 2 %, the sense and degree of twisting of weft and warp threads, the presence of traces of gold and silver also referable to the fire of 1532, traces of modern industrial pollution, infesting mites and pollen.

Il 1978 è conosciuto come l'anno dei tre Papi. Il 6 agosto scompare Paolo VI. Il Conclave elegge Giovanni Paolo I ed alla sua prematura morte, il 23 settembre, segue l'elezione di San Giovanni Paolo II.

Nonostante questa successione di Pontefici, dal 26 agosto all'8 ottobre si svolge egualmente a Torino l'ostensione della Sindone da tempo prevista per l'estate ed il primo autunno di quell'anno. L'8 ottobre, al termine dell'Ostensione, la più lunga avvenuta sino ad allora, hanno inizio importanti esami e rilievi scientifici diretti che dureranno una settimana, i cui risultati costituiscono la base di ogni ricerca successiva.

Non è stato peraltro questo il primo incontro tra scienza e Sindone. Il 18 giugno 1969 e poi il 23 e il 24 novembre 1973 l'antico reperto è già stato mostrato e messo a disposizione per prelievi a una Commissione Scientifica di Esperti, veramente qualificati, nominati dal cardinale Michele Pellegrino. Nella prima occasione sono state scattate le prime fotografie a colori e nella seconda è stata eseguita una ostensione televisiva, voluta da papa Paolo VI. Quasi contemporaneamente viene concesso al criminalista svizzero Max Frei-Sulzer di eseguire prelievi di superficie mediante applicazione di nastri autoadesivi per la estrazione di pollini, al fine di avere indicazioni sulle localizzazioni geografiche del lenzuolo nei secoli precedenti.

La Sindone (Fig. 1) è un tessuto di lino spigato, gravemente lesionato da un incendio nel 1532 e da vicende precedenti, rattoppato ed applicato su una semplice tela di lino nel 1534, sostituita nel 2002. Mostra coaguli e tracce di sangue ed immagini anatomiche, con i caratteri del negativo fotografico, della superficie anteriore e posteriore del cadavere irrigidito di un soggetto di sesso maschile accostate per il capo. Tale cadavere presenta le tracce delle lesioni che i Vangeli canonici pur senza intenzione narrativa riferiscono della Passione e morte di Gesù.

Il reperto è stato conservato negli ultimi secoli, prima degli attuali accorgimenti, arrotolato su di un cilindro di legno. Per tradizione, la Sindone è esposta distesa orizzontalmente, con l'immagine anteriore a sinistra e quella posteriore a destra rispetto all'osservatore posto di fronte.

Nonostante che il termine "sindone" possa illusoriamente suggerire una provenienza o un modello tessile di provenienza orientale dall'area del fiume Sindo, oggi Indo, l'opinione degli esperti è assolutamente contraria a tale ipotesi. D'altro canto la torcitura del filato in senso orario ne esclude ogni affinità con l'area egiziana. Vi sono invece indizi tecnici ragionevoli, in tale senso insolito di torcitura del filato e nelle presumibili caratteristiche del telaio per la tessitura, per includerla negli schemi delle produzioni siro-palestinesi di particolare pregio.

È oggettivamente rilevante seguire le vicende precedenti e successive agli esami dell'ottobre 1978 ai quali si giunge al termine di un dibattito

scientifico che deve essere riassunto per apprezzarne la portata e la validità dei risultati ottenuti.

Nel gennaio 1976 la Rivista Diocesana Torinese pubblica i risultati delle ricerche della Commissione Pellegrino in un apposito supplemento<sup>(1,2)</sup>. Il Centro Internazionale di Sindonologia di Torino, unico ente ufficiale sulla Sindone, organizza allora il secondo Congresso Internazionale i cui atti offrono, nel quadro di un panorama delle più recenti acquisizioni storiche e scientifiche fino ad allora accumulate, una valutazione fortemente critica dei risultati ottenuti dalla Commissione, facendosi anche portatore e promotore della proposta di nuovi esaurienti esami scientifici diretti sulla Sindone<sup>(3)</sup>. L'arcivescovo di Torino mons. Anastasio Ballestrero, non ancora Cardinale (ciò che avverrà il 30 giugno successivo), accoglie la richiesta di tutti i ricercatori che presentassero un programma di lavoro scientificamente qualificato e scevro di pericoli per la integrità della Sindone.

A tal fine l'Arcivescovo nomina una Commissione di coordinamento e vigilanza costituita da ecclesiastici e da professori del Politecnico di Torino, tra cui Luigi Gonella, che rimane in carica per tutto il periodo di esecuzione dei test ed anche nel decennio successivo.

Gli esami hanno inizio subito dopo la conclusione della ostensione la notte dell'8 ottobre 1978 e hanno luogo nella sala della "biblioteca" di Palazzo Reale al primo piano del corpo di edificio tra il cortile interno del Palazzo ed i retrostanti Giardini Reali. Sono ammessi ricercatori europei ed un gruppo di studiosi statunitensi specialisti al massimo livello delle loro materie, che intanto si sono consorziati nello STURP (Shroud of Turin Research Project), in modo da acquisire una personalità giuridica in grado di ottenere prestiti e ricevere donazioni per finanziare il trasporto dell'attrezzatura e la costruzione di notevoli apparati speciali.

La Sindone viene adagiata su di un apposito tavolo in alluminio rivestito di pellicola anti-magnetica trasportato dagli Stati Uniti dall'equipe americana. Ha la caratteristica di poter ruotare sull'asse longitudinale, in modo da consentire di fotografare la Sindone sia in posizione orizzontale sia in posizione verticale. Il piano di appoggio è costituito da una serie di pannelli mobili che rendono possibile tanto la illuminazione per trasparenza quanto l'esame radiologico.

Inizia Max Frei-Sulzer che, nel quadro di ricerche autonome da lui stesso ideate e gestite, esegue una ventina di applicazioni ed altrettanti "strappi" con nastri adesivi per completare le indagini sui vari pollini iniziate nel 1973<sup>(4,5)</sup> che gli avevano consentito di supportare con tale tipo di analisi laboratoristica da lui ideata il passato geografico della Sindone voluto dalla tradizione dalla Giudea, all'Anatolia, al Bosforo e poi in Europa<sup>(6)</sup>. Malauguratamente verrà a mancare prima di pervenire alla conclusione dei

suoi studi. I preparati ed i materiali dei suoi studi sono stati venduti dalla vedova, ma il lavoro finale manca ancor oggi.

Subito dopo, a notte ormai inoltrata, Baima Bollone preleva microcampioni di filo da sedi “bianche”, altri in corrispondenza dell'immagine del cadavere ed altri ancora da aree macchiate di quello che la tradizione vuole da sempre essere sangue. Tali prelievi consentiranno di confermare le caratteristiche strutturali del tessuto e del filato, la assenza di pigmenti aggiunti nelle sedi testate che paiono superficialmente alterate a livello delle immagini e la natura realmente ematica delle macchie. Fu inoltre successivamente accertato sempre da Baima Bollone e dai suoi collaboratori trattarsi di tracce di sangue umano, con le sue caratteristiche genetiche ed alcuni polimorfismi del DNA<sup>(7)</sup>.

A questo punto, terzo momento operativo della notte tra l'8 ed il 9 ottobre 1978, vengono fatte saltare le cuciture periferiche e le impunture che uniscono il lenzuolo alla sottostante tela d'Olanda alla quale è stata cucita nel 1534 (Fig. 2). Si creano quattro brecce periferiche di un palmo, a distanza scalare lungo il margine inferiore della Sindone tradizionalmente distesa con l'immagine anteriore a sinistra, attraverso le quali si introduce uno strumento a fibre ottiche per esplorare e fotografare la superficie nascosta ed un aspiratore per raccogliere le polveri depositatesi nella Sindone nel corso del tempo trascorso dal 1534.

Si tratta dei fili e delle polveri ora esaminate ed i risultati ottenuti sono illustrati nel presente articolo.

Seguono le indagini di un gruppo di fotografi del Jet Propulsion Laboratory di Pasadena e del Brooks Institute of Photography di Santa Barbara sotto la guida di Don Devan e di Don Lynn che allestiscono una serie completa di fotografie scientifiche. Subentra un gruppo di specialisti coordinati da Bill Mottern del Sandia Laboratory che procede alla radiografia di tutta la Sindone. È poi la volta di un gruppo coordinato da Joe Accetta dell'aviazione militare statunitense che procede ad ispezione ai raggi infrarossi e dei coniugi Roger e Marty Gilbert della Oriel Corporation che si occupano dello spettro della luce emanata per fluorescenza sotto illuminazione ultravioletta. Dopo di ciò Ray Rogers dei Laboratori di Los Alamos preleva a sua volta campioni delle polveri e degli altri materiali di superficie avvalendosi di un nastro adesivo di carbonio puro. Sam Pellicori del Brooks Institute scatta una serie di microfotografie e Roger Morris dei Laboratori di Los Alamos esegue registrazioni dello spettro dei raggi X emessi da alcune sedi caratteristiche. Al termine delle indagini si tenta di staccare e di sollevare un angolo del lenzuolo da quello della sottostante tela d'Olanda per poter fotografare direttamente una porzione della faccia posteriore, ma le cuciture dei rattoppi lo impediscono.

A questo punto si concludono le indagini.

Il 18 marzo 1983 muore Umberto II di Savoia e lascia la Sindone al Pontefice che dichiara di lasciarla per sempre in custodia alla Arcidiocesi di Torino. Da allora è la Chiesa a gestirne la conservazione ed a concedere le indagini scientifiche.

Il mattino del 23 aprile 1988 sono stati eseguiti i prelievi per la datazione con il metodo del radiocarbonio nella sagrestia del Duomo di Torino. Le indagini sono state eseguite dai laboratori di Tucson in Arizona, di Oxford in Inghilterra e di Zurigo in Svizzera.

I risultati, comunicati dal Cardinale Ballestrero in una celebre ed affollatissima conferenza stampa del 13 ottobre 1988 e dal nr. 337 del 1989 della importante rivista scientifica *Nature*<sup>(8)</sup>, collocano il tessuto della Sindone in epoca medievale compresa tra il 1260 ed il 1390 d.C., in contrasto con la tradizione e l'insieme delle altre conoscenze. Si aggiunga che le particolarità di gestione dell'insieme delle indagini, molte critiche tecniche sul trattamento statistico dei risultati bruti ottenuti dai tre laboratori, il loro rifiuto di rendere disponibili i dati grezzi ed un innegabile compiacimento enfatico nel diffondere i risultati ha portato all'invincibile convincimento che la radiodatazione sia stata soprattutto una operazione mediatica contraria alla genuinità del reperto<sup>(9,10)</sup>.

Dal 1998 la Sindone è mantenuta distesa in posizione orizzontale e successivamente si è proceduto a conservarla in un'atmosfera costante di gas inerte inumidito<sup>(11)</sup>.

Negli anni successivi seguono le ostensioni pubbliche del 1998, 2000, 2010 e 2015 e quella televisiva del 2013.

Fra giugno e luglio 2002 sono stati eseguiti importanti lavori di riparazione con rimozione delle toppe e della tela di supporto applicate nel 1534 per riparare i danni creati dall'incendio del 1532, ritaglio dei margini delle aree combuste, la cui acidità danneggiava le aree circostanti, e detersione del materiale accumulato nel corso dei secoli al di sotto della faccia posteriore<sup>(12)</sup>.

Anche il libero mercato antiquario ha registrato novità. È comparso il coperchietto di un reliquiario settecentesco con l'immagine della Sindone ed un più antico intaglio ligneo. Nel catalogo di una vendita di libri e manoscritti di Christie's a Londra del 13 luglio 2016 al n. 120 compare un testo di preghiere in latino e tedesco di Johan Von Erlach (1474-1539) con una illustrazione della Sindone. Poiché sulla immagine non compaiono i danni subiti dalla Sindone il 4 dicembre 1532, che sono così evidenti da essere registrati dall'artista, l'opera è certamente anteriore a tale data. Non si osservano danni precedenti del tessuto. Invece Albrecht Dürer che la rappresenta in epoca precedente in una incisione che conosciamo solo attraverso una copia conservata nella chiesa di Saint Gommaire a Lier,

riproduce inconsapevolmente altri piccoli danneggiamenti che perciò si ritengono precedenti.

Per tutte queste ragioni i prelievi di fili e polveri dell'8-9 ottobre 1978 sono stati eseguiti prima di tutti gli interventi successivi e rappresentano di conseguenza le condizioni originarie in cui la Sindone è giunta alla moderna osservazione scientifica. Riteniamo che il riesame attuale delle preparazioni per microscopia ottica ed elettronica di questi materiali con strumenti moderni oggi in corso nel nostro Dipartimento dell'Università di Torino possa essere estremamente utile al progresso della ricerca<sup>(13)</sup>.

Tra i preparati per microscopia ottica allestiti da prelievi del 1978 abbiamo esaminato in particolare i vetrini allestiti con i fili di trama e di ordito dalla regione dei lombi e della pianta del piede destro.

Per la microscopia elettronica a scansione abbiamo esaminato preparazioni dalle stesse sedi ed inoltre un campione periferico "bianco", di tessuto senza immagini e tracce visibili, cioè.

Le polveri sono state ottenute come si è già detto mediante aspirazione dallo spazio tra tessuto originale e tela d'Olanda del 1534 rispettivamente a livello della estremità cefalica, dell'addome, delle natiche e della pianta dei piedi.

L'attuale riesame con strumenti moderni dei preparati per microscopia ottica e per microscopia elettronica a scansione allestiti quaranta anni fa, prelievi eseguiti direttamente dal tessuto originario e dal materiale accumulatosi tra la faccia posteriore ed il telo di supporto, prima di ogni intervento di pulizia e restauro, vale a dire nelle sue condizioni originali, ha consentito di confermare ed arricchire le osservazioni precedentemente effettuate con strumentazioni meno potenti e non più attuali.

Innanzitutto i vetrini del 1978 sono stati osservati e fotografati utilizzando:

- microscopio ottico ordinario Olympus Provis AX 70 equipaggiato con videocamera Olympus LC20 e programma LC Micro, ubicato presso la sezione di Medicina Legale del Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche dell'Università di Torino e
- microscopio ottico ordinario Nikon Eclipse E800 equipaggiato con fotocamera Zeiss AxioCam HRc e programma AxioVision AC ubicato presso la sezione di Anatomia Umana del Dipartimento di Neuroscienze "Rita Levi Montalcini" dell'Università di Torino.

Per quanto concerne il filato della Sindone, innanzitutto segnaliamo che le fibre di lino bagnato ricavate dalla macerazione della pianta mostrano una tendenza naturale a torcersi in senso antiorario, privilegiata dai filatori egizi, che ne accentuano il grado di torsione sul proprio asse. La torcitura antioraria viene convenzionalmente indicata con «S». Questo significa che osservando un filo in posizione verticale l'obliquità di torcitura delle fibrille che lo compongono è quella del tratto obliquo della «S» dell'alfabeto maiuscolo. Gli antichi filati egiziani sono tutti del tipo «S» per la ragione già indicata che accentua la naturale tendenza delle fibre a torcersi in senso antiorario.

Esistono tuttavia non pochi campioni di antica filatura in senso orario indicata con «Z», in cui nel filo verticale l'obliquità delle fibrille è stata forzata e decorre nel senso del tratto intermedio della «Z» maiuscola, vale a dire in senso orario. Si pensa che i fili ritorti manualmente con due rocchi, per filatura simultanea con la mano sinistra e con la mano destra, abbiano questa diversa torsione che comunque non è abituale. Ne sono stati ritrovati numerosi campioni in Medio Oriente ed anche in Giudea. Le nostre attuali osservazioni confermano ancora una volta quanto già pacificamente acquisito e, cioè, che i fili che compongono il tessuto della Sindone vanno in senso orario, e quindi siano del tipo a «Z». Essi pertanto non appartengono all'area egizia ma a quella siro-palestinese.

Con la valutazione combinata dei fili di trama ed ordito e della somma diametrica delle loro curvature si può valutare che il tessuto spigato della Sindone abbia spessore di un terzo di millimetro, vale a dire di circa 300 micron, e si conferma singolarmente che misurati hanno un diametro medio di 250 micron e sono composti da una settantina di fibrille del diametro medio variabile da 10 a 20 micron. L'angolo di torsione residuo nei fili staccati rispetto all'asse longitudinale del filo è di 12°-15° per la trama, che va da un bordo laterale o cimosa all'altra, e di 15°-30° per l'ordito composto dai fili che vanno da una estremità all'altra<sup>(14)</sup>.

In dettaglio si conferma la struttura "a bambù" della maggioranza delle fibre che compongono i fili, propria del lino (*Linum usitatissimum*), del diametro, della densità e della torcitura già descritte. Nella composizione dei fili da tutte le sedi esaminate è inoltre stata osservata la rara presenza di fibre nastrofornite ritorte sul proprio asse con le caratteristiche del cotone (*Gossypium herbaceum*) (Fig. 3).

Questa identificazione strutturale contribuisce a risolvere una annosa controversia, se cioè il filato che compone la striscia cucita lungo il lato superiore sia omogeneo rispetto a quello della parte principale o invece diverso.

Nel 1973 l'esperto tessile belga Gilbert Raes, facente parte della Commissione nominata dal card. Pellegrino, identificava la presenza di fibre di cotone, nella composizione dei fili prevalentemente di lino, in un prelievo



in corrispondenza della striscia laterale a livello dell'angolo mancante superiore sinistro. Si tratta di una sede da cui, quindici anni dopo, nel 1988, verranno prelevati i campioni del radiocarbonio. Alcuni studiosi sostennero che in quella sede vi fosse un rammendo medievale, abilmente eseguito così da risultare "invisibile". È chiaro che una simile ipotesi avrebbe invalidato radicalmente i risultati dell'accertamento radiocarbonico e vi furono studiosi che osservarono che il reperimento di inquinamento dei fili di lino da parte di fili di cotone scoperto da Raes rendeva credibile tale ipotesi. In realtà gli ingrandimenti fotografici ad alta risoluzione dell'area in questione non mostrano alcuna alterazione strutturale e rendono inaccettabile l'ipotesi del rammendo. Tuttavia poiché vi sarebbero, secondo ricerche microchimiche di Ray Rogers, differenze tra la composizione dei fili della zona del prelievo per il radiocarbonio e le altre, la questione rimane aperta.

In particolare non abbiamo identificato fili di diversa composizione tra la parte principale e la striscia ricucita, che possano confermare l'ipotesi di un antico restauro "invisibile", con fili di lino simili ma non identici a quelli originali, in quanto contenenti contingenti di fibre di cotone, mentre i fili della parte principale non ne contengono. Tutti i fili da cui sono stati allestiti i preparati oggi riesaminati sono stati estratti dalla parte principale della Sindone e contengono impurezze costituite da fibre di cotone.

La rivalutazione dei prelievi del 1978 è continuata e completata con l'impiego del microscopio elettronico a scansione, spesso indicato semplicemente con la sigla SEM, acronimo della denominazione in lingua inglese Scanning Electron Microscope. Si tratta di uno strumento che permette di osservare in dettaglio la superficie di campioni, biologici e non, raggiungendo elevatissimi ingrandimenti. Nel microscopio elettronico a scansione il fascio di luce tipico del microscopio ottico ordinario è sostituito da un fascio di elettroni che colpendo la superficie del campione genera l'emissione di vari segnali, tra cui gli elettroni secondari che concorrono alla formazione dell'immagine morfologica, gli elettroni retrodiffusi che alla morfologia aggiungono informazioni sulla composizione del materiale osservato e i raggi X che, raccolti da un apposito rivelatore collegato ad un particolare strumento (spettrometro a dispersione), forniscono uno spettro microanalitico caratteristico di ogni elemento. In pratica lo strumento può essere accoppiato ad un sistema di microanalisi fisico-chimica che permette di ottenere informazioni sulla composizione nel punto in cui il materiale è osservato. È una apparecchiatura quotidianamente impiegata nei laboratori di criminalistica e di Polizia Scientifica di ogni parte del mondo per la ricerca di microtracce in generale e in particolare per quella delle tracce dello sparo, utili alla ricostruzione di un evento delittuoso in cui sia stata utilizzata un'arma da fuoco. L'analisi non è distruttiva e pertanto può essere ripetuta anche più volte in momenti successivi.

Un tempo, con i vecchi strumenti ad alto vuoto, come quelli impiegati per i primi accertamenti dopo i prelievi del 1978, era necessaria una preparazione preliminare che ne aumentasse la conduttività elettrica, che consisteva nella disidratazione del campione e la copertura della sua superficie di osservazione con un velo di oro o carbone. I moderni strumenti a pressione variabile, come quello da noi utilizzato, permettono invece l'osservazione diretta di ogni materiale, riducendo le possibilità di contaminazione inevitabilmente connesse alla vecchia procedura.

Abbiamo riesaminato un campione comprendente quattro fili di Sindone prelevati l'8 ottobre 1978 dalle medesime sedi dei vetrini per microscopia ottica, vale a dire dalla regione dei lombi e della pianta del piede destro, e un filo "bianco" vale a dire senza immagini e macchie apprezzabili alla vista e quattro campioni di polveri allestiti su supporti per microscopia elettronica (*stub*) rivestiti di nastro biadesivo conservati dall'epoca delle precedenti osservazioni in condizioni ottimali. La loro superficie, all'epoca dei prelievi, è stata ricoperta con un sottile strato di carbone allo scopo già indicato di renderli conduttivi.

I campioni sono stati esaminati con microscopio elettronico a scansione LEO 1430VP accoppiato a sistema di microanalisi LINK ISIS dotato di sistema automatico per la ricerca di tracce dello sparo "Gunshot" e di sistema di mappaggio automatico degli elementi "Cameo", in pressione variabile e in alto vuoto, della sezione di microscopia elettronica del Laboratorio di Scienze Criminalistiche "Carlo Torre" dell'Università di Torino presso la sezione di Medicina Legale del Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche.

Le indagini eseguite sui fili hanno consentito di rilevare, nelle parti affioranti alla superficie del tessuto, e quindi esposta all'azione dell'ambiente esterno, tracce di alterazione delle fibre, del tipo di quelle che la letteratura specializzata attribuisce all'azione del calore (Fig. 4). Poiché è accertato che i manufatti di lino si alterano e pirolizzano a 220°C il reperto è facilmente spiegabile. Al momento dell'incendio del 1532, il telo era allora ripiegato su sé stesso come una tovaglia; le parti combuste e strinate giunsero a superare tale soglia ma anche altre parti rimasero danneggiate a livello inferiore, così da risultare apprezzabili solo a livello microscopico.

I fili sono inoltre finemente imbrattati di microparticelle la cui composizione è analoga a quella del particolato di maggiori dimensioni osservato sui prelievi di polveri di cui si dirà poco oltre.

Per quanto riguarda i prelievi di polveri, su tutti i campioni sono presenti abbondanti frammenti di fibre tessili con prevalenza dell'aspetto morfologico delle fibre di cotone (Fig. 5a) alle quali sono frammiste rare fibre di lino

(Fig. 5b, frecce; 5c). Si tratta di una commistione cotone/lino in proporzione opposta a quella osservata sui fili ed in ipotesi riferibile ad una minor resistenza delle fibre di cotone alle sollecitazioni meccaniche del tessuto durante le manovre di srotolamento e riarrotolamento all'atto delle ostensioni. Si osservano inoltre rarissimi peli animali (Fig. 5d, frecce). Sono presenti numerose strutture residue alla frammentazione dell'esoscheletro di acari (Fig. 6), miceti e spore (Fig. 7) e frammenti di strutture rapportabili a pollini (Fig. 8a-c). Su di un campione è stata individuata anche una diatomea del genere *Pinnularia* (Fig. 8d).

Su tutti campioni si rilevano abbondanti quantità di particelle di silicati, elementi comunemente presenti nella polvere ambientale (Fig. 9a); si osservano inoltre tracce di polvere di vetro (Fig. 9b). Oltre a ciò sono state osservate particelle metalliche, tra cui spicca l'abbondante presenza di ferro (anche in forma di microsferi), oltre a ferro/cromo, ferro/cerio/lantanio, cerio/lantanio, oro, argento, oro/argento, oro/argento/rame, rame, rame/zinco, alluminio, alluminio/oro, stagno, piombo, piombo/bromo, piombo/stagno, piombo/titanio/cromo, mercurio, mercurio/argento, mercurio/piombo, mercurio/piombo/stagno/bismuto, bario/solfo, bario/titanio, titanio (in Figg. 10-13 sono rappresentate alcune particelle più comuni).

La presenza di tutte queste particelle si adegua alla storia recente del Lenzuolo esposto all'elevata temperatura dell'incendio del 1532 all'interno di un contenitore, in gran parte costituito all'epoca da metalli preziosi come oro ed argento ed alle ostensioni in un ambiente fortemente inquinato da emissioni industriali, come quelle del 1978 e precedenti.

In conclusione, il riesame dei fili e delle polveri prelevati all'atto degli esami scientifici diretti sulla Sindone dell'8-9 ottobre 1978, con gli strumenti moderni di osservazione ed analisi ottici ed elettronici in uso oggi, a quaranta anni di distanza non solo ha confermato tutti i dati precedenti, ma ha consentito di accertare la presenza di fibre di cotone su tutte le parti del Lenzuolo, ciò che rende improbabile la ipotesi di un rappezzo medievale. Inoltre ha messo in evidenza una maggiore estensione dei danni indotti nel tessuto dall'incendio del 1532 rispetto a quanto si riteneva e la presenza di materiali riferibili all'inquinamento ambientale cui il tessuto è stato esposto prima dei lavori di riparazione, restauro conservativo e riposizione in ambiente artificiale dei tempi più vicini a noi.

## BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV. *La S. Sindone. Ricerche e studi della Commissione di esperti nominata dall'arcivescovo di Torino, card. Michele Pellegrino nel 1969*. Rivista Diocesana Torinese. Supplemento. Gennaio 1976.
2. AA.VV. *Osservazioni alle perizie ufficiali sulla Santa Sindone 1969-1976*. Centro Internazionale di Sindonologia. Torino, 1977.
3. AA.VV. *La Sindone e la Scienza*. Atti del II Congresso Internazionale di Sindonologia. Torino 7-8 ottobre 1978. Edizioni Paoline, 1979, Torino.
4. Frei-Sulzer M. *Note a seguito dei primi studi sui prelievi di polvere aderente al lenzuolo della Santa Sindone*. *Sindon*. 1976; 23:5-9.
5. Frei-Sulzer M. *Il passato della Sindone alla luce della palinologia*. In "La Sindone e la Scienza", Atti del II Congresso Internazionale di Sindonologia. Torino 7-8 ottobre 1978. 1979: 191-200, Edizioni Paoline, Torino.
6. Danin A. *Micro-traces of plants on the Shroud of Turin as Geographical Markers*. *Sindon N.S.* 2000; 13:495-505.
7. Baima Bollone P. *Indagini identificative sui fili della Sindone*. *Giornale della Accademia di Medicina di Torino*. 1982; CXLIV:228-239.
8. Damon PE et al. *Radiocarbon dating of the Shroud of Turin*. *Nature*. 1989; 337:611-615.
9. Rogers NE. *Studies on the radiocarbon sample from the Shroud of Turin*. *Termochimica Acta*. 2005; 425(1):189-194.
10. Baima Bollone P. *Sindone o no*. SEI, 1990, Torino.
11. Ghiberti G. *Sindone. Le immagini 2000*. ODPF. 2000, Torino.
12. Ghiberti G. *Sindone. Le immagini 2002*. ODPF. 2002, Torino.
13. Baima Bollone P. *La nuova indagine sulla Sindone*, Priuli & Verlucca. 2015, Scarmagno, p. 319.
14. Vercelli P. *The cloth of the Holy Shroud; a technical product analysis of the cloth and its reproduction with similar characteristics*. *Sindon N.S.* 2000; 13:169-175.

## FIGURE

**Fig. 1** - La Sindone (photo by Giandurante - Copyright Arcidiocesi di Torino).

**Fig. 2** - Sollevamento di un filo nella notte tra l'8 ed il 9 ottobre 1978.

**Fig. 3** - Esame dei fili con microscopio ottico. Si osserva la struttura “a bambù” della maggioranza delle fibre che compongono i fili, propria del lino (*Linum usitatissimum*) e la rara presenza di fibre nastriformi ritorte sul proprio asse con le caratteristiche del cotone (*Gossypium herbaceum*) (freccette rosse).

**Fig. 4** - Esame dei fili con microscopio elettronico a scansione. Aree di alterazione delle fibre con aspetti morfologici di lesioni da calore.

**Fig. 5** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Abbondanti frammenti di fibre tessili con prevalenza dell'aspetto morfologico delle fibre di cotone (**a**) con frammentate rare fibre di lino (**b**, freccette; **c**). In **d** le freccette indicano un pelo animale.

**Fig. 6** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Strutture residue alla frammentazione dell'esoscheletro di acari.

**Fig. 7** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Miceti e spore.

**Fig. 8** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Frammenti di strutture rapportabili a pollini (**a-c**); in **d**, la diatomea del genere *Pinnularia* individuata su un campione.

**Fig. 9** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Particelle di silicati (**a**) e polvere di vetro (**b**).

**Fig. 10** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Particelle di ferro.

**Fig. 11** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Particella di mercurio (**a**) e di bario-solfato (**b**).

**Fig. 12** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Particella di argento (**a**) e di oro (**b**).

**Fig. 13** - Esame dei prelievi di polveri con microscopio elettronico a scansione. Particella di oro-argento (**a**) e di rame-zinco (**b**).





























