

DATAREA CU RADIOCARBON A GIULGIULUI DE LA TORINO: O NOUĂ PERSPECTIVĂ ASUPRA DATELOR BRUTE*

T. CASABIANCA† *Ajaccio 20000, Franța*

E. MARINELLI

*Collegamento pro Sindone, Roma, Italia*G. PERNAGALLO *Departamentul Economic și de Afaceri, Universitatea Catania, Corso Italia 55, 95129 Catania CT, Italia*și B. TORRISI *Departamentul Economic și de Afaceri, Universitatea Catania, Corso Italia 55, 95129 Catania CT, Italia*

În 1988, trei laboratoare au realizat o datare cu radiocarbon a Giulgiului de la Torino. Rezultatele, centralizate de British Museum și publicate de Nature în 1989, au furnizat « dovezi definitive » în ceea ce privește originea artefactului. Cu toate acestea, datele brute nu au fost niciodată făcute publice de către instituții. În 2017, ca urmare a unei solicitări legale, toate datele brute păstrate de British Museum au devenit accesibile. O analiză statistică a articolului din Nature și a datelor brute sugerează în mod categoric că ceea ce lipsește acestor date este omogenitatea și că procedura ar trebui reconsiderată.

CUVINTE-CHEIE : ANOVA, TESTARE IPOTETICĂ, OXCAL, GIULGIUL DE LA TORINO, TESTUL LUI WARD ȘI WILSON

INTRODUCERE

Giulgiul de la Torino (GT) este o piesă de îmbrăcăminte din in de aproximativ 4,4 m lungime și 1,1 m lățime, fiind considerat de către unii pânza funerară a lui Iisus din Nazaret. Primele surse istorice sigure datează din a doua jumătate a secolului al XIV-lea d.Hr. În 1987, după zece ani de negocieri, trei laboratoare (Arizona, Oxford și Zürich) au fost alese de autoritățile de la Vatican ca să opereze un test de radiocarbon-14, folosind tehnici de spectrometrie de masă cu acceleratorul (AMS). Pe 21 aprilie 1988, un eșantion a fost prelevat dintr-un colț al pânzei, iar bucăți ale acestuia au fost trimise laboratoarelor, împreună cu eșantioane de control suplimentare. Rezultatele au fost centralizate de British Museum, unde a fost efectuată analiza statistică. În articolul lor din *Nature*, Damon *et al.* (1989) au afirmat că există “dovezi definitive” cum că pânza Giulgiului de la Torino ar fi medievală (1260-1390 d.Hr., cu o probabilitate mare de cel puțin 95%).

*Primit pe 24 aprilie 2018; acceptat pe 15 februarie 2019

†Autor pentru corespondență : email : tristancasabianca@yahoo.fr

© 2019 Universitatea Oxford

La momentul prezent, cei din afara domeniului de specialitate consideră această concluzie generală drept o respingere cinstită a ipotezei că GT ar fi o pânză funerară antică (Ball 2017). Cu toate acestea, încă din 2005, tot mai multe studii au adus elemente și argumente, contrazicând ipoteza medievală (Rogers 2005; Poulle 2009; Fanti și Malfi 2014; Bevilacqua *et al.* 2014; Boi 2017; Casabianca 2017). În 2013, un nou studiu de statistică, bazat pe o analiză retrospectivă, a pus în mod serios sub semnul întrebării exactitatea concluziilor datării din 1988 (Riani *et al.* 2013). Recent, am obținut datele brute și, pentru prima dată, am putut măsura convergența lor cu datele de radiocarbon publicate în *Nature*.

Ideea de bază a acestui articol este de a conduce un studiu statistic robust, folosind datele brute, și a compara aceste rezultate cu cele obținute în datele oficiale. Noi folosim teste statistice pentru a determina dacă măsurătorile *intra* și *inter* laboratoare pot fi combinate, spre a obține o datare calendaristică. Bazându-ne pe rezultatele statistice, dorim să examinăm nivelul de certitudine de 95% atribuit datării în intervalul de timp 1260–1390 d. Hr.

DATE ȘI METODOLOGIE

Încă din 1989, cercetători interesați de GT au cerut în repetate rânduri datele brute de la laboratoarele în chestiune, dar fără succes (Pourrat 1991). Această negare a accesului la materiale a dus la controverse și a îngreuiat evaluarea analizei efectuate de British Museum (Marinelli 2012; Rinaldi 2012). În 2017, mai multe cereri au fost adresate de Freedom of Information Act (FOIA) instituțiilor implicate în datarea cu radiocarbon a GT. British Museum a răspuns favorabil și a pus la dispoziție toate dosarele în chestiune, însă “nedatate și dezordonate”. Pe 18 iulie 2017, British Museum a trimis un document electronic de 211 pagini, iar în septembrie 2017, unul dintre autori (T.C.) a vizitat British Museum și a scanat mai mult de 500 de pagini noi.

Am aflat astfel că Zürich a efectuat 4×10 măsurători pentru fiecare dintre cele cinci micro-eșantioane ale GT. Oxford a efectuat cinci măsurători și, în vreme ce măsurătorile detaliate nu au fost trimise la British Museum, media aritmetică le fusese totuși procurată celor de acolo pentru două măsurători, având ca rezultat doar trei date de radiocarbon. Raportul Arizona arată că au fost făcute 40 de măsurători (5×8). Câțiva cercetători făcuseră deja cunoscute cele opt date de radiocarbon ale laboratorului de la Arizona (Van Haelst 2002), dar acestea nu fuseseră niciodată confirmate. Suntem acum siguri că cele opt date dezvăluite (desemnate ca “Arizona Date brute 2”) au fost corecte. Cu toate acestea, Arizona modificase anterior erorile a două dintre cele opt date ale sale (desemnate ca “Arizona Date brute 1”). În contrast cu Zürich și Oxford, Arizona a inclus în raportul său opt printuri, împreună cu calculele atomilor de radiocarbon detectați (desemnate drept “Arizona Calcule finale”).

Datele din *Nature* și datele brute de radiocarbon (Tabel 1) arată că există diferențe relevante între evaluările furnizate de cele trei laboratoare: calculul minim estimat de Arizona este de 591, în vreme ce minimul estimat de Oxford este de 730; maximul estimat de Arizona este de 701, în timp ce maximul de la Oxford este de 795. Și mai grav, există discrepanțe chiar în sânul laboratoarelor. Spre exemplu, estimările de la Arizona variază între 540 și 701, în timp ce estimările de la Oxford ating o valoare de 795. Eroarea de calcul în datele de radiocarbon furnizate de Arizona prezintă diferențe (eroarea se situează între 30 și 41 în *Nature* și 37 și 57 în datele brute). Oxford pare să

fi produs evaluări consecvente (există omogenitate între datele din *Nature* și datele brute), dar erorile sale de calcul din datele brute sunt mai joase decât cele publicate (cel mai relevant caz este 730 ± 30 în datarea brută contra 730 ± 45 în *Nature*). În ceea ce privește Zürich, problema este legată atât de estimări, cât și de erorile de calcul : estimările între datele brute și cele furnizate în *Nature* sunt incongruente (există o diferență netă în a cincea examinare, care este egală cu 595 în datarea brută și cu 679 în *Nature*). Dintr-o perspectivă statistică, aceste diferențe nu creează probleme dacă sunt irelevante, dar din datele publicate în Damon *et al.* (1989) rezultă câteva dificultăți (Brunati 1996; Van Haelst 1997, 2002; Riani *et al.* 2013).

Tabel 1 Datele de radiocarbon ale GT (înainte de 1950) (cu o eroare de $\pm$)

Arizona Date brute 1	Arizona Date brute 2	Arizona Nature	Oxford Date brute	Oxford Nature	Zürich Date brute	Zürich Nature
606 $\pm$ 41	606 $\pm$ 41		795 $\pm$ 53	795 $\pm$ 65	733 $\pm$ 61	733 $\pm$ 61
574 $\pm$ 45	574 $\pm$ 45	591 $\pm$ 30	730 $\pm$ 30	730 $\pm$ 45	722 $\pm$ 56	722 $\pm$ 56
753 $\pm$ 51	753 $\pm$ 51		745 $\pm$ 46	745 $\pm$ 55	635 $\pm$ 57	635 $\pm$ 57
632 $\pm$ 49	632 $\pm$ 49	690 $\pm$ 35			617 $\pm$ 47	639 $\pm$ 45
676 $\pm$ 40	676 $\pm$ 59				595 $\pm$ 46	679 $\pm$ 51
540 $\pm$ 37	540 $\pm$ 57	606 $\pm$ 41				
701 $\pm$ 47	701 $\pm$ 47					
701 $\pm$ 47	701 $\pm$ 47	701 $\pm$ 33				

Surse: Damon *et al.* (1989); rapoartele Arizona, Oxford și Zürich către British Museum (FOIA 2017).

Tabelul calculelor efectuate de Arizona (Tabelul 2) reprezintă cele opt sesiuni (A1, A2, A3, ...) incluse în raportul trimis de Arizona la British Museum. Două sesiuni au fost efectuate zilnic, utilizând aceleași standarde (A1 și A2, A3 și A4, A5 și A6, și A7 și A8). Ca urmare a unui incident tehnic produs în primele două măsurători ale A2, printurile în cauză includ doar patru valori, dintre care una (17 584) este echivalentul a două măsurători. În scopul analizei, am ales să păstrăm cinci valori pentru fiecare sesiune și să atribuim celor două măsurători cu caracter problematic valoarea mediei aritmetice ($17\ 584/2=8792$, semnalată cu italic în Tabelul 2).

Metodologia adoptată în acest studiu este una clasică. Un argument central propus de cei care au adus critici rezultatelor de datare cu radiocarbon ale GT este acela că calculul valorii p prin utilizarea metodei Ward & Wilson (1978) conține o eroare (Brunati 1996; Van Haelst 1997). Metoda Ward & Wilson este folosită pentru a verifica în ce măsură pot fi combinate rezultatele testului de radiocarbon (Ward & Wilson 1978, 23). Urmându-l pe Van Haelst (1997), noi prezentăm rezultatele testelor chi-pătrat utilizând metoda Ward & Wilson, pentru a detecta, din punct de vedere statistic, eventuale inconsistențe semnificative în datele brute ale analizei de radiocarbon. De asemenea, aplicăm testele ANOVA parametrice și non-parametrice, pentru a determina posibile diferențe semnificative între mijloacele folosite în datarea brută. Scopul este de a valida rezultatele.

Pentru a testa posibila existență a unui efect de interacțiune între tipurile de date (brute

vs. *Nature*) și laboratorul care le-a produs (Arizona, Oxford sau Zürich), executăm o ANOVA cu doi factori. Din acest moment, un nivel de semnificație de 5% este acceptat pentru toate procedurile.

Tabel 2 Calculul atomilor de radicarbon în micro-eșantioanele Giulgiului de la Torino prelevate de Arizona

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
8 226	8 792	8 315	9 812	10 030	10 502	5 128	6 838
9 033	8 792	7 637	10 020	9 450	11 123	6 319	6 841
9 033	8 767	7 762	9 927	9 363	11 335	7 744	7 089
9 238	8 750	7 637	10 010	9 444	11 409	8 132	7 191
9 206	8 843	7 432	9 288	9 201	11 327	8 287	7 882

Sursă: Raportul Arizona trimis către British Museum (FOIA 2017, 110–7).

La final, ca urmare a importanței răspândirii procedurilor cu radiocarbon, prezentăm rezultatele, obținute cu softul OxCal, versiunea 4.3 (OxCal 2018), pe care o folosim pentru a analiza, din punct de vedere statistic, variații ale datelor de radiocarbon. OxCal este un instrument de diagnosticare cu acces liber, bazat pe catena Markov Monte Carlo, o clasă de algoritmi dezvoltată de Christopher Ramsey (Oxford) la mijlocul anilor 1990, care este în mod curent folosită de mulți specialiști în radiocarbon (Ramsey și Lee 2013). Per total, indicii de concordanță individuală, de model și generală ar trebui să fie într-o proporție de peste 60%, în cazul unui rezultat omogen. Câteva măsurători individuale, situate sub nivelul de 60%, combinate cu indicii de concordanță de model și concordanță generală sub 60% indică prezența a cel puțin unei probleme de datare, datorată, probabil, unei măsurători deficitare sau unei contaminări.

REZULTATE

Testele ANOVA efectuate asupra datelor de radiocarbon din *Nature* (Tabelul S2) arată că cel puțin două grupe metodologice sunt în mod semnificativ diferite una de alta, procurând dovada că diferențele dintre laboratoare nu sunt irelevante, în special în cazul datelor furnizate de Arizona, respectiv Oxford pentru *Nature* (Tabelul S3). Testul Ward & Wilson este, de asemenea, peste valoarea critică ($8,60 > 5,99$). Softul OxCal 4.3 confirmă aceste rezultate cu un indice de concordanță generală de 41.8%, cu mult mai jos față de pragul uzual de 60%. Din 12 date de radiocarbon, trei au un indice de concordanță individuală scăzut (Tabelul 3 pentru testele Ward&Wilson și analiza OxCal).

Figura 1 arată o diagramă Boxplot, atât a datelor de radiocarbon din *Nature*, cât și a celor brute. Deoarece coloanele datelor brute procurate de Arizona se remarcă doar prin erorile de calcul, am inclus aici doar o singură diagramă (cu măsurarea intervalului calendaristic). Estimările de la Oxford sunt egale, atât pentru datele brute, cât și pentru cele din *Nature* (cu excepția erorilor înrudite). Diagramele Boxplot arată că atât datele brute, cât și cele din *Nature* sunt foarte similare atunci când fac referire la același laborator. Cu toate acestea, diferențe notabile pot fi observate între datele brute de proveniență

diferită. Mai mult, datele brute de la Arizona arată o amplitudine importantă, iar distribuirea acestora apare ușor asimetrică (asimetrie = -0.13), în vreme ce asimetria datelor brute de la Zürich și Oxford este evidentă (0.40, respectiv 1.36). Variabilitatea este mai mare, iar asimetria este mai evidentă în datele brute decât în cele din *Nature*.

Tabelul 3 *Testul chi-pătră Ward & Wilson și analiza OxCal 4.3 pentru datele de radiocarbon ale GT*

	Testul Ward & Wilson (valoarea critică în paranteză)	Indicele protocolului general OxCal 4.3 (număr de date individuale sub 60% în paranteze)
Arizona <i>Nature</i> vs. Oxford	8.60	41.8%
<i>Nature</i> vs. Zürich <i>Nature</i>	(5.99 for 3–1 df)	(3/12)
Arizona Date brute 1 vs. Oxford	10.75	18.1%
<i>Nature</i> vs. Zürich <i>Nature</i>	(5.99 for 3–1 df)	(6/16)
Arizona Date brute 2 vs. Oxford	8.55	28.4%
<i>Nature</i> vs. Zürich <i>Nature</i>	(5.99 for 3–1 df)	(5/16)
Arizona Date brute 1	19.24	21.4%
	(14.07 for 8–1 df)	(2/8)
Arizona Date brute 2	14.45	34.6%
	(14.07 for 8–1 df)	(2/8)

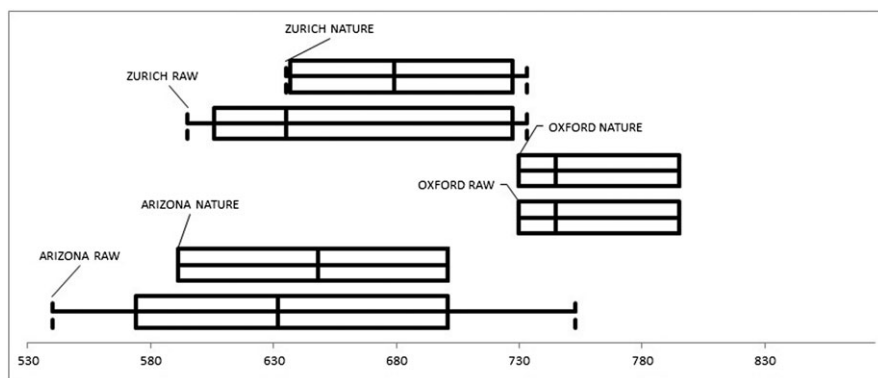


Figura 1 : Diagrame Boxplot bazate pe Tabelul 1

O înțelegere a relației care există între datele brute de radiocarbon și datele oficiale este importantă. Pentru a lua în considerare efectul simultan asupra estimărilor în ani BP¹ ale tipului de date utilizate (datele din raportul *Nature* sau datele de radiocarbon brute) și laboratorul care le-a produs (Arizona, Oxford sau Zürich), am efectuat un test ANOVA cu doi factori neechilibrat (via unei regresii ; a se vedea Tabelul 4).

Testul aplicat Factorului A (variabilă pe clase) și efectul de interacțiune a dat greș, în vreme ce a fost semnificativ pentru Factorul B (variabilă pe coloane) ; cu alte cuvinte, laboratorul în care a fost efectuată evaluarea este relevant pentru a explica diferențele

¹ Before Present (înainte de data convențională din 1950) ; informații suplimentare pe https://en.wikipedia.org/wiki/Radiocarbon_calibration.

observate.

În scopul de a izola efectul unor eventuale diferențe semnificative între datele brute, am replicat testul ANOVA doar pentru datele brute, folosind Arizona Date brute 1, Oxford Date brute și Zürich Date brute.

Rezultatele ANOVA cu privire la datele brute de radiocarbon indică că ipoteza nulă nu poate fi respinsă (valoarea $p = 0.0749$, Tabelul S6). De aceea, diferențele observate nu sunt semnificative din punct de vedere statistic (cel puțin nu la nivelul de semnificație de 5%). Folosind erorile corespondente, testul chi-pătrat Ward&Wilson pentru Arizona Date brute 1, Oxford Date brute și Zürich Date brute indică că evaluările nu sunt consecvente (15.99, cu o valoare critică de 5.99). Astfel, cele trei evaluări ale datelor brute produse de fiecare laborator în parte sunt, într-o proporție de credibilitate de 95%, reprezentative pentru același fenomen, dar vârsta apreciată de laboratoare nu este coerentă.

Ne-am concentrat atenția asupra datelor brute de radiocarbon furnizate de Arizona și le-am comparat cu rezultatele raportate de Zürich și Oxford în Damon *et al.* (1989). Cu ajutorul testului Ward&Wilson (Tabelul 3), am descoperit că există diferențe semnificative între cele trei laboratoare, atunci când comparăm datele Oxford *Nature*, Zürich *Nature* și Arizona Date brute 1 ($10.75 > 5.99$) cu datele Oxford *Nature*, Zürich *Nature* și Arizona Date brute 2 ($8.55 > 5.99$).

Tabel 4 ANOVA cu doi factori (via unei regresii, $\alpha = 0.05$)

	SS	df	MS	F	valoarea p	sig
Clase	286.5473	1	286.5473	0.0841	0.7745	No
Coloane	47 367.44	2	23 683.72	6.9527	0.0046	Yes
Inter-laboratoare	740.575	2	370.2875	0.1087	0.8975	No
In cadrul aceluiași laborator	74 940.61	22	3 406.391			
Total	124 740.1	27	4 620.004			

Când folosim softul OxCal pentru a analiza datele de radiocarbon din Arizona Date brute 2, Oxford *Nature* și Zürich *Nature*, observăm că cinci din cele 16 date sunt mai jos de pragul de 60%. Indicele de concordanță generală este de 28.4%. Cu Arizona Date brute 1, Oxford *Nature* și Zürich *Nature*, rezultatele sunt chiar și mai puțin satisfăcătoare (indicele de concordanță generală = 18.1%, iar șase dintre cele 16 date se află sub pragul menționat).

Aceeași logică se aplică diferențelor care există în sânul aceluiași laborator. Am aplicat, de asemenea, testul Ward&Wilson pentru datele brute de radiocarbon furnizate de Arizona și, în ambele cazuri (Datele brute 1 & 2), ipoteza nulă a fost respinsă. Folosind softul OxCal pentru Arizona Date brute 2, a rezultat că indicele de concordanță generală (34,6%) se află sub pragul menționat (cu 12,8% pentru A3 și cu 43,0% pentru A6), în vreme ce pentru Arizona Date brute 1, același indice este chiar mai jos (21,4%). Bazându-ne pe aceste rezultate, se ridică o problemă relevantă de consecvență între datele brute de radiocarbon de la Arizona și rezultatele publicate de celelalte două laboratoare.

Analiza calculelor de la Arizona a arătat și alte aspecte interesante. Cele opt calcule ale

sale au fost grupate în patru categorii (A1 și A2, A3 și A4, A5 și A6, și A7 și A8), deoarece au fost efectuate în aceeași zi, utilizându-se aceleași standarde. Testul non-parametric Kruskal-Wallis (Tabelul 5 ; a se vedea și Tabelul S10 pentru ipoteze) arată diferențe statistice foarte semnificative, chiar dacă am lua în considerare fiecare dintre cele opt calcule separat sau împreună (valorile $p < 0.0001$).

Rezultatele arată că diferențele evaluări produse de același laborator (datele brute vs. cele din *Nature*) nu sunt semnificative din punct de vedere statistic, în vreme ce analiza datelor brute de radiocarbon a confirmat faptul că diferențele laboratoare au produs evaluări diferite și că aceste diferențe sunt, în cele mai multe dintre cazuri, statistic vorbind, considerabile.

DISCUȚII

Concluziile diferitelor metode statistice aplicate atât rezultatelor din *Nature* cât și datelor brute *intra* și *inter* laboratoare concordă între ele. Chiar atunci când aplicăm corecția Bonferroni, o alegere foarte tradițională, care crește probabilitatea erorilor de tip II (Perneger 1998), rezultatele produse de Arizona Date brute 1 și Arizona Calcule finale rămân semnificative (diagrama Boxplot S1).

Deși nu au un impact notabil asupra concluziei noastre finale, anumite date brute lipsesc. Strângerea laolaltă a celor cinci măsurători de la Oxford, în vederea obținerii celor trei date brute de la Oxford și a rezultatelor Oxford din *Nature* ($2 + 2 + 1$) se prezintă probabil în favoarea unei omogenizări a datelor de radiocarbon. Demn de reținut este faptul că, așa cum sublinia Bray în raportul său către British Museum din 27 septembrie 1988, frecvențele erori de calcul făcute de Oxford sunt, probabil, consecința unui proces de evaluare de natură preponderent inductivă decât deductivă (Arhiva Giulgiului de la Torino). Eroarea micro-eșantionului O1.2b s-a modificat de la 730 ± 30 la 730 ± 45 , în vreme ce Damon *et al.* (1989, 613) afirmă că “erorile Oxford sub 40 sunt rotunjite peste 40”. Două schimbări au fost făcute pentru a atinge 50 de ani, una a micro-eșantionului O3.2b, prelevat din eșantionul de control 3 (de la 1990 ± 33 la 1990 ± 50) și una a micro-eșantionului O4.2u, prelevat din eșantionul de control 4 (de la 785 ± 35 la 785 ± 50) (Tabelul S11 prezintă datele brute de radiocarbon ale eșantioanelor de control).

Tabelul 5 Testul Kruskal–Wallis pentru calculele de la Arizona

Statistică	Arizona, patru calcule adunate la un loc	Arizona, opt calcule
H-stat	25.7020	35.5932
H-ties	25.7092	35.6032
df	3	7
valoarea p	<0.0001	<0.0001
α	0.05	0.05
sig	Da	Da

Pe 31 august 1988, Zürich a explicat Muzeului Britanic schimbarea sa cu privire la « efectul dependent de electricitate » (FOIA 2017, 136). Cu toate acestea, condițiile acestei ajustări au rămas neclare pentru Arizona. Într-o scrisoare către același British Museum, datată 8 septembrie 1988, Donahue și Damon afirmă că ei « nu înțeleg cum o eroare sistematică de calcul să fi schimbat în așa măsură valorile incertitudinilor lor » (Arhiva

Giulgiului de la Torino).

După schimbarea operată cu două incertitudini între Arizona Date brute 1 și Arizona Date brute 2, chi-pătrat devine aproape acceptabil (Tabelul 3). Această ajustare este neobișnuită, deoarece nici una dintre datele de radiocarbon ale eșantioanelor de control nu a fost modificată de Arizona. În raportul său, Arizona explică că “[pentru] aceste rezultate, media aritmetică a raportului matematic OXII/OXI a fost diferită cu mai mult de două deviații standard față de valoarea normală (aceasta diferea față de valoarea corectă cu 1.0%). O eroare adițională de $\pm 0.5\%$ a fost adăugată deviației standard a acestor măsurători, pe baza ecuației pătrate.”

Cele două date de radiocarbon modificate, care au rezultat din folosirea aceluiași standard, nu au fost, în mod cert, identice în erori. După operarea modificării, ele au apărut compatibile (Tabelul S12).

Rezultatele noastre statistice nu implică faptul că ipoteza medievală a vârstei eșantioanelor testate ar trebui exclusă. Cele două maxime ale datelor de radiocarbon publicate în *Nature* (591 ± 30 și 795 ± 65) au fost propuse ca fiind aberante, dând un calendar de vârstă situat între 1281-1302 d.Hr., cu o probabilitate mare de cel puțin 95% (Christen 1994; Christen și Pérez 2009). Dar, așa cum subliniază Ramsey *et al.* (2010, 959), “inclusiunea și excluderea valorilor aberante nu ar trebui văzute ca o cutie neagră, în care se ascund problemele de statistică insuficient înțelese.”

Fiecare dintre datele GT, atât cele brute, cât și cele publicate, indică un interval medieval al țesăturii. Totuși, această judecată ar presupune prezența unei cantități constante de atomi de radiocarbon-14 între micro-eșantioane. Această presupunere inițială nu este sprijinită nici de eterogenitatea datelor brute ale GT, nici de vârsta similară a eșantioanelor de control, nici de gradientul statistic semnificativ din datele de radiocarbon ale GT sau de cantitatea de material străin găsit de laboratoare.

Ipoteza unei semnificații statistice datorate doar unei diferențe de măsurare între laboratoare este șubrezită de faptul că rezultatele au fost corecte și consecvente în ceea ce privește cele trei eșantioane de control (Damon *et al.* 1989; Riani *et al.* 2013). În plus, în cazul Arizona și Zürich, au fost testate eșantioane de in egiptene, care însă nu au fost menționate de Damon *et al.* (1989).

De altfel, analiza noastră statistică a datelor brute susține concluzia lui Riani *et al.* (2013). Aceștia au folosit locurile de unde au fost prelevate eșantioanele testate de fiecare laborator și au arătat o descreștere semnificativă în vârstă a radiocarbonului cu cât te apropii mai mult de centrul pânzei (în lungime, pornind de la colțul testat). Această variabilitate în perimetrul câtorva centimetri a datelor de radiocarbon prezente în *Nature* ar conduce la o datare în viitor, dacă ar fi extrapolată linear pe partea opusă a GT. Multe ipoteze, care nu se exclud una pe cealaltă, au propus explicații pentru această lipsă de omogenitate (Marinelli 2012). Mediul și istoria eșantioanelor ar putea fi parte din acestea. În ciuda unei inspecții vizuale a GT, efectuate îndeaproape de către experții în textile, și a unei pierderi în greutate de după tăiere de aproximativ 25% (FOIA 2017, 162), Oxford a găsit și a îndepărtat mai multe fibre textile de diferite culori, inclusiv una identificată de un laborator textil ca fiind de bumbac, “foarte veche și cu posibile origini egiptene” (Anonymous

1988; FOIA 2017, 104). Oxford menționează că într-unul din micro-eșantioane ar fi putut fi “sticlă”, poate cristale de clorură de sodiu (Wilson 1995, 18; FOIA 2017, 103). În ciorna originală, Arizona a indicat că “un fir de ață roșie și trei fire albastre” au fost scoase dintr-unul din micro-eșantioanele sale (Arhiva Giului de la Torino). În 2010, Arizona a recunoscut că păstrase o bucată dintr-un micro-eșantion nedatat al GT. Pe acest micro-eșantion, autorii au identificat materiale străine, invizibile cu ochiul liber, inclusiv o substanță albastră, descrisă ca fiind “aparent vax” (Freer-Waters și Jull 2010, 1522), precum și câteva fibre de bumbac. Iar Zürich ar fi găsit o acumulare de reziduuri (Marinelli 2012, 26).

Protocolul adoptat în testarea GT din 1988 a fost foarte dur criticat la acea vreme. Harry E. Gove, inventatorul metodei AMS, a afirmat că “[dacă] unul din aceste trei laboratoare a obținut un rezultat aberant [...], acesta ar fi imposibil de identificat din punct de vedere statistic, iar cele trei măsurători ar trebui să fie toate incluse în media aritmetică, prin aceasta producându-se un rezultat incorect” (Gove 1989, 237). Analiza noastră statistică confirmă faptul că aceste critici au fost îndreptățite. Documentarea procură un exemplu practic de proceduri complexe, care variază de la un laborator la altul, și care ilustrează modul în care acestea pot afecta autenticitatea unui interval de datare calendaristică. Așa cum s-a sugerat de către unul dintre critici, există un semn de întrebare, și anume, dacă rezultatele sunt combinate în scopul de a da o medie la cântar sau măsurate individual. Acesta va fi subiectul unor viitoare cercetări.

Analiza statistică discutată a susținut argumentul împotriva integrității datării cu radiocarbon a GT, sugerând prezența unor serioase incongruențe între măsurătorile brute. Rezultatele noastre, compatibile cu cele raportate mai înainte de mulți alți autori (Brunati 1996; Van Haelst 1997, 2002; Riani *et al.* 2013), sugerează în mod ferm că datelor le lipsește omogenitatea.

Măsurătorile efectuate de cele trei laboratoare pe eșantioanele prelevate din GT suferă de o lipsă de precizie care afectează în mod serios autenticitatea de 95% a intervalului calendaristic situat între 1260-1390 d.Hr. Analizele statistice, sprijinindu-se pe materialul străin găsit de laboratoare, arată necesitatea unei noi datări cu radiocarbon, în vederea calculării unui interval de timp mai exact. Acest nou test cere un protocol robust, într-o cercetare multidisciplinară. Fără această reconsiderare a analizei, nu este posibil să afirmăm că datarea cu radiocarbon din 1988 oferă “dovezi definitive”, care să demonstreze că intervalul de vârstă este precis și reprezentativ pentru întreaga țesătură.

BIBLIOGRAFIE

Anonim [World News Network], 1988, Rogue fibres found in the Shroud, *Textile Horizons*, 8(12), 13, disponibil pe <http://www.sindone.info/TEXTILE.PDF>.

- Ball, P., 2017, Material witness: Is this holy relic preserved? *Nature Materials*, 16, 503.
- Bevilacqua, M., Fanti, G., D'Arienzo, M., and De Caro, R., 2014, Do we really need new medical information about the Turin Shroud? *Injury*, 45, 460–4.
- Boi, M., 2017, Pollen on the Shroud of Turin: the probable trace left by anointing and embalming, *Archaeometry*, 59, 316–30.
- Brunati, E., 1996, La corrispondenza con 'radiocarbon' sulla datazione della Sindone, disponibil pe <http://www.sindone.info/BRUNATI2>.
- Casabianca, T., 2017, Turin Shroud, resurrection and science: one view of the cathedral, *New Blackfriars*, 98, 709–21.
- Christen, J., and Pérez, S., 2009, A new robust statistical model for radiocarbon data, *Radiocarbon*, 51, 1047–59.
- Christen, J. A., 1994, Summarizing a set of radiocarbon determinations: a robust approach, *Applied Statistics*, 43, 489–503.
- Damon, P. E., Donahue, D. J., Gore, B. H., Hatheway, A. L., Jull, A. J. T., Linick, T. W., Sercel, P. J., Toolin, L. J., Bronk, C. R., Hall, E. T., Hedges, R. E. M., Housley, R., Law, I. A., Perry, C., Bonani, G., Trumbore, S., Woelfli, W., Ambers, J. C., Bowman, S. G. E., Leese, M. N., și Tite, M. S., 1989, Radiocarbon dating of the Shroud of Turin, *Nature*, 337, 611–5.
- Fanti, G. și Malfi, P., 2014, Multi-parametric micro-mechanical dating of single-fibers coming from ancient flax textiles, *Textile Research Journal*, 84, 714–27.
- FOIA (Freedom of Information Act), 2017, Freedom of Information request on the Turin Shroud to the British Museum, Muzeul Britanic către Tristan Casabianca (comunicare electronică), 18 iulie, document PDF, 211 pp.
- Freer-Waters, R. A. și Jull, T. A. J., 2010, Investigating a dated piece of the Shroud of Turin, *Radiocarbon*, 52, 1521–7.
- Gove, H. E., 1989, Letter to the editor: The Turin Shroud, *Archaeometry*, 31, 235–7.
- Marinelli, E., 2012, The setting for the radiocarbon dating of the Shroud, în 1st International Congress on the Holy Shroud, Valencia, Spania, disponibil pe <http://www.sindone.info/VALENC-3.PDF>
- OxCal version 4.3, 2018, <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html> (accesat pe 20 martie 2018).
- Perneger, T., 1998, What's wrong with Bonferroni adjustments, *BMJ*, 316, 1236–8.
- Pouille, E., 2009, Les sources de l'histoire du linceul de Turin, revistă critică, *Revue d'histoire ecclésiastique*, 104, 747–82.
- Pourrat, O., 1991, Shroud dating still questioned, *Nature*, 349, 558.
- Ramsey, C. B., and Lee, S., 2013, Recent and planned developments in the program OxCal, *Radiocarbon*, 55, 720–30.
- Ramsey, C. B., Dee, M., Lee, S., Nakagawa, T., and Staff, R. A., 2010, Developments in the calibration and modeling of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, 52, 953–61.
- Riani, M., Atkinson, A. C., Fanti, G. și Crosilla, F., 2013, Regression analysis with partially labelled regressors: Carbon dating of the Shroud of Turin, *Statistics and Computing*, 23, 551–61.
- Rinaldi, G. M., 2012, La statistica della datazione della sindone, disponibil pe http://sindone.weebly.com/uploads/1/2/2/0/1220953/nature_statistica.pdf.
- Rogers, R., 2005, Studies on the radiocarbon sample from the Shroud of Turin, *Thermochimica Acta*, 425, 189–94.
- Arhiva Giugiului de la Torino [documentație necatalogată], Departamentul de Știință și Conservare, British Museum, Londra.
- Van Haelst, R., 1997, Radiocarbon dating the Shroud: a critical statistical analysis,

disponibil pe <https://www.shroud.com/vanhels3.htm>.

Van Haelst, R., 2002, Radiocarbon dating of the Shroud of Turin: a critical review of the nature report (authored by Damon *et al.*) with a complete unbiased statistical analysis, disponibil pe <http://www.sindone.info/VHAELST6.PDF>

Ward, G. K., and Wilson, S. R., 1978, Procedure for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique, *Archaeometry*, 20, 19–31.

Wilson, I., 1995, From a forgotten memorandum: A visit to the Oxford Research Laboratory 7 July 1988, *British Society for the Turin Shroud Newsletter*, 41, 15–8, disponibil pe <https://www.shroud.com/pdfs/n41part4.pdf>.

INFORMAȚII SUPLIMENTARE

Informații suplimentare de suport pot fi găsite online, în secțiunea de Informație Suplimentară de la sfârșitul acestui articol.

Tabelul S1. Testul Shapiro–Wilk (a) și testele Levene și Bartlett (b) (pentru datele de radiocarbon din *Nature*).

Tabelul S2. ANOVA (pentru datele de radiocarbon din *Nature*).

Tabelul S3. Testele T (a) și testele Mann–Whitney (b) (pentru datele de radiocarbon din *Nature*).

Tabelul S4. Testele Shapiro–Wilk (a) și Levene (b) (pentru datele brute de radiocarbon).

Tabelul S5. Testul Shapiro–Wilk (a) și testele Levene & Bartlett (b) pentru ANOVA în ambele sensuri.

Tabelul S6. ANOVA (pentru datele brute de radiocarbon).

Tabelul S7. Testele Mann–Whitney (datele intra-laboratoare : *Nature* vs datele brute de radiocarbon).

Tabelul S8. Testele Mann–Whitney (comparație între laboratoare, folosind datele brute de radiocarbon).

Tabelul S9. Testele T pentru diferențele de medie aritmetică (datele de radiocarbon din *Nature*).

Tabelul S10. Testul Shapiro–Wilk (a) și testele Levene (b) (calculul adunat de Arizona).

Tabelul S11. Eșantioane de control (datele brute de radiocarbon). Legendă : (a) media aritmetică (raportul de la Zürich); (c) media ponderată corectată (raportul de la Arizona). Sursă: rapoartele de la Oxford, Arizona și Zürich (FOIA, 2017).

Tabelul S12. Compatibilitatea dintre două date de radiocarbon (Arizona Date brute 1 și Arizona Date brute 2). Diagrama Boxplot S1. Corecția Bonferroni.

Traducere din limba engleză de Alexandra Cherciu
(2025)