

THE SHROUD OF TURIN BETWEEN HISTORY AND SCIENCE: AN ONGOING DEBATE

Salvatore Lorusso*, Chiara Matteucci, Andrea Natali, Tania Chinni, Laura Solla
Dipartimento di Storie e Metodi per la Conservazione dei Beni Culturali
Alma Mater Studiorum Università di Bologna

Keywords: Shroud of Turin, chronology, history, science.

1. Introduction

The term “*sindone*” derives from the Greek σινδών (*sindòn*) and is traditionally used to indicate a good quality linen or printed calico, often used in antiquity as a shroud or burial sheet.

The most famous shroud is the “*Sindone*” housed in the Cathedral of Turin (*Duomo*). It is made of linen and measures 4.40 m by 1.13 m. It is straw-coloured, with a herringbone pattern where a “Z” type thread torsion is used. Examples of this kind of cloth were found in the Middle East and in Judaea, some of them dating back to 140 AD (with a possible time gap of 100 years), a date obtained using the ¹⁴C method.

The double imprint (front and back) of a man is visible on the famous Shroud of Turin – a man bearing signs of torture compatible with a flagellation, a crown of thorns and a crucifixion. To date, the process with which the image was formed remains unknown.

In referring to the man whose effigy is impressed on this sheet, scholars cautiously speak of “the Man of the Shroud”, but – firstly, on the basis of religious and popular tradition, then following accurate, though contrasting scientific research over the last hundred years or more – many believe that it is the historical Christ, due to the fact that there are evident skin lesions on the image of the Shroud, which correspond to what the Gospels attest as regards the passion and death of Christ.

From the second half of the sixteenth century on, the Shroud has been exhibited publicly at expositions, known in Italian as “*ostension*” (from the Latin *ostendere* meaning to show), generally held on the occasion of important religious or civil celebrations. The last exposition was held in 2010 from 10th April to 23rd May.

The scientific community today is still divided as regards the authenticity of the cloth and related sequence of events, and studies undertaken so far have not enabled the enigma surrounding the identity of the person whose image is imprinted on the cloth to be resolved. Not even the fairly accurate chronological range resulting from the radiocarbon ¹⁴C tests, dating it from around the thirteenth to fifteenth century, have been able to settle differences among scholars.

* Corresponding author: salvatore.lorusso@unibo.it

2. Historical-scientific chronology

Experts all agree that the Shroud has certainly been documented since the mid fourteenth century. However, there continue to be doubts and contradictions as regards its previous history and age. As a result, scientists are divided into two schools of thought: firstly, the supporters of its authenticity, in line with tradition, identify possible coincidences with the burial sheet in which the body of Christ was wrapped after the deposition from the cross or indeed with the Mandylion (or “image of Edessa”), a cloth, not painted by human hand and venerated by Christians in the East, where according to tradition, the face of Christ was impressed and whose existence is documented from the sixth century to 1204, the year in which many of Constantinople’s treasures were lost. Then there are the sceptics who believe the Shroud to be a forgery made during the High to Late Middle Ages as proved by the date resulting from the radiocarbon test performed in 1988 by three important international laboratories (if the experiment did not present serious flaws compromising its reliability).

The chronological sequence of events involving the Shroud commences in 1353 with a document stating that the knight Goffredo di Charny, from Lirey (France), was in possession of the burial sheet which was used to wrap the body of Christ in his tomb. One century later, Margherita di Charny, one of Goffredo’s descendants sold the Shroud to Duke Louis of Savoy, who took it to Chambéry, the capital of his lands at that time. Fifty years later, in 1503, Pope Julius II authorised the worship of the Sacred Cloth. The story of the Shroud continues through the years in privately held expositions, such as weddings, baptisms and other events celebrated by the House of Savoy and public ones held for religious festivals and those to ward off the plague and famine.

In the chronicles of 1532 – 1534 there are two significant references to the Shroud: on 4th December, 1532 there is mention of a fire, which the night before had devastated the chapel in Chambéry where a silver urn containing the relic was kept. A drop of molten metal burnt a corner of the sheet, at the time folded over on itself into 48 rectangles measuring approximately 37x28 cm and consequently caused numerous small pieces of the material to be lost. The silver reliquary was also cooled with water, which in turn penetrated the cloth and was absorbed by it; this incident probably gave rise to the diamond-shaped stains present on the Shroud. As a result, the Shroud underwent various repairs for the following two years. These were carried out by the order of the *Clarisse* (Poor Clare sisters) of the French town by applying patches to cover the burn-marks and fixing the burial sheet on a support made of Holland cloth, thus preventing the reverse side of the Shroud to be viewed until 2002 when during conservation work, the sixteenth century additions were removed.

The Shroud was transferred to Turin in 1578, when Duke Emanuele Filiberto nominated the city his capital. Once more the chronicles inform us of the expositions of the Shroud which took place every thirty years, for jubilees or special celebrations held by the House of Savoy. The family boasted about their ownership of the reliquary as it legitimately gave divine proof of their power, in accordance with a widespread custom among the reigning families, as in France, where they possessed the Sacred Crown of Thorns kept in the Saint-Chapelle in Paris.

In 1694, the Shroud was solemnly and definitively placed in the cathedral of Turin (it was moved on two occasions however, to protect it during wartime events, once in 1706 and then in the period of the second World War). It is located in the chapel next to the

royal palace designed by Guarino Guarini. On the occasion of this move, it was decided to reinforce the patches added in the sixteenth century to better preserve the cloth.

The first visual documentation of the Shroud dates back to 1898, when the lawyer Secondo Pia photographed it and found that the image was clearer in the negative. The photographic experiment was then repeated during the exposition of 1931, using orthochromatic film and equipment of the latest design, by the professional photographer Giuseppe Enrie, in the presence of Secondo Pia. Helped by several colleagues and Paul Vignon, a biologist at the Sorbonne and the *Institut Catholique* in Paris who had accurately studied the 1898 images of the Shroud, Enrie took photographs of such excellent quality that they are still used today by researchers for scientific study, often being preferred to those produced in later years with higher resolution.

During the 1930s, international interest and study of the Shroud increased: this was the result of the two expositions held in 1931 and 1933. Several publications, in fact, record the participation of scholars from different scientific fields. In order to spread knowledge about the precious burial cloth and to highlight its great influence on western culture not only from a historical, literary and religious perspective, but also scientific and artistic, in 1934, it was decided to set up a permanent exhibition of the major items collected through the centuries. Today this collection is found in the *Museo della Sindone* in Turin. In 1937, in the same town, the group known as the *Cultores Sanctae Sindonis* was founded and included scholars and experts of the Shroud. The first National Conference of Studies on the Holy Shroud was held in Turin on 2nd and 3rd May, 1939, the proceedings of which were subsequently published.

Studies on the Shroud were inevitably interrupted by World War II and in 1939, thanks to an agreement between Vittorio Emanuele III and Pope Pius XII, the Shroud was hidden in the abbey of Montevergine in the province of Avellino, officially, to protect it from the bombarding. However, according to more recent statements made by Father Andrea D. Cardin, director of the State Library of Montevergine, this move was dictated by the desire to protect the Shroud from Hitler's grasp [1].

The Shroud returned to Turin only after the war ended, in 1946 and in 1950 scholars took up their research once more without further interruption. 1950 was also the year in which the first International Congress for the Study of the Shroud was held both in Turin and Rome.

In 1969, at the behest of Pope Paul VI, the first scientific commission was set up, composed of a dozen experts in order to examine the state of conservation of the relic and in anticipation of performing further tests to dispel doubts regarding the origin of the Shroud.

On 23rd and 24th November, 1973, the Shroud was exhibited on television for the first time. This resulted in growing public interest in the Shroud, causing its authenticity to become a subject of discussion once more. In the same year, a number of scientific tests were authorised. It should be mentioned that one of these was designed to detect the presence of pollen that could shed light on the origin and history of the Shroud. It was carried out by the Swiss biologist and criminologist Max Frei Sulzer (director of the Scientific Police of Zurich) on several samples of deposit taken from the surface of the cloth.

The STURP (Shroud of Turin Research Project) was instituted in 1978 – an international group of 33 scientists who, availing themselves of the expertise of a further 20 colleagues, promoted numerous scientific studies of the Shroud. In addition, a scientific commission was subsequently established with the aim of selecting and

contacting a limited group of laboratories to carry out radiocarbon dating. In 1982, six institutions were chosen to use two methods, one being the “proportional counter” and the other “mass spectrometry”. These would give the answers to three important questions:

- how the image on the cloth was formed
- verify whether the Shroud was authentic or a forgery
- find the best methods for the conservation of the Cloth.

The STURP decided that the laboratories should perform the tests using the two methods, so as to have a greater possibility of comparing results. This decision, and above all the fact that the tests were carried out at different times caused a rift between the study committee and the laboratories, representing a major setback in the investigation of the Shroud.

The final change in ownership of the Shroud was in 1983 when, on his deathbed, Umberto II of Savoy, the last king of Italy, bequeathed it to Pope John Paul II who appointed the archbishop of Turin its “*pro tempore* custodian”.

The first scientific data, consequent to research promoted by the STURP, were only made known in 1984, by two American physicists from the Air Force Academy, John P. Jackson and Eric J. Jumper. In assigning the intensity of colour measured in each point of the two-dimensional image to the vertical axis of a Cartesian system, they obtained a human figure in relief. It showed the evident natural morphological contours of a human face: for example the nose and the eyebrows were more prominent with respect to the rest of the face, and similarly, the arms and hands with respect to the chest. This study caused a sensation because, when applying the same methodology to any other painting or photograph, only greatly distorted images are obtained [2]. Further research demonstrated how the vertical coordinate corresponded precisely to the gap created between a body with a cloth laid over it, thus giving the image a three-dimensional effect [3].

In successive events involving the Shroud, one should be remembered; that of its narrow escape from the fire which devastated the Guarini Chapel on the night between the 11th and 12th April, 1997.

3. Carbon-14 dating

The aforementioned dispute between the STURP and the six selected international laboratories¹ was resolved only two years later in 1986 when the so-called “Turin Protocol” was drawn up, a sort of compromise between the parties which foresaw that:

- the radiocarbon dating, using both methods and a “double-blind” control test² was to be the only one executed;
- control of operations was entrusted to the *Accademia Pontificia delle Scienze*, the Archbishopric of Turin, and the British Museum (guarantors);
- the cloth sample conceded to each laboratory did not weigh more than 28 mg, in other words 9 cm², while the control samples would be supplied by the British Museum;
- the laboratories would not be able to communicate with each other while the

tests were being carried out and would only do so after delivering the results to the guarantors.

The Protocol was then modified by the Vatican (owner of the Shroud from 1983), who preferred to entrust the task to only three laboratories, Oxford University, the University of Tucson, and the Swiss Federal Institute of Technology Zurich. It was also established that the only reference for the proper execution of the sampling and dating, to be carried out using solely mass spectrometry and consequently involving a smaller piece of fabric, would be the British Museum. These new provisions caused further criticism from the scientific world. In the scientific journal, *Nature*, the director of the Rochester Laboratory, Harry Grove, strongly criticised the Vatican's decision not to use the "double-blind" method, which would eliminate any doubt about the results [4]. It was in fact in this journal, *Nature*, that the guidelines for the final Protocol were published in April, 1988 [5]:

1. the three laboratories carrying out the tests were to be Oxford, Tucson and Zurich;
2. the three samples, each weighing 40 mg, all taken from the same area, would be handed over to the laboratory representatives in Turin, together with two control samples, easily recognisable from the Shroud sample (relying on the "trustworthiness of the laboratories");
3. all operations would be carefully filmed and documented;
4. the laboratory results would only be compared when these were definitive;
5. the proportional dating method would not be used as it required larger portions of cloth than the specified mg.

The sample was taken on the 21st April, 1988 by Franco Testore, professor of textile technology at the Turin Polytechnic and Giovanni Riggi from Numana, a manufacturer of equipment for the study of biology. The former weighed the samples and the latter physically executed the cutting of the samples.

As suggested by Testore, a sample measuring about 8.1 x 2.1 cm was removed, decidedly larger than the initial 1 x 7 cm, to allow further testing without the need to cut additional samples. 5 mm were eliminated from the final sample due to the presence of several coloured threads of uncertain origin. This piece weighed 300 mg and was divided into two parts: one was preserved for successive analysing and the other was again divided and given to the three selected laboratories.

The three control samples came from:

- cloth from a Nubian tomb dated around 1100 A.D.
- the bandage from an Egyptian mummy from the second century A.D.
- several threads taken from the cloak of St. Louis of Anjou, dated between 1290 and 1310.

During a press conference held on 13th October, 1988, Cardinal Ballestra, the custodian "*pro tempore*", announced the results: the analysis of the cloth dated it between 1260 and 1390, with a level of reliability of 95%, compatible with the first written records relating to the existence of the Shroud contained in the annals of 1300.

The official scientific report was published a few months later in the journal *Nature* [6].

The three dates obtained by the laboratories were:

- Tucson = 646 ± 31 years BP (Before Present);
- Oxford = 750 ± 30 years BP;
- Zurich = 676 ± 24 years BP;

with a weighted average of 689 ± 16 years BP; then, applying the appropriate calibration and necessary rounding off, the result announced by Cardinal Ballestrero was reached and published in *Nature*.

4. The radiocarbon dating debate

Numerous criticisms were raised by various members of the scientific world about the validity of the carbon dating. Many contested the statistical calculations related to the reliability of the analyses, claiming that the vicissitudes of the Shroud had contaminated the concentration of ^{14}C in the samples and thus altered the results of the analyses. It should also be noted that Harry Gove, the father of modern radiocarbon dating, later wrote about this issue in a paper published with other scientists in "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research". In it he ascertains that the presence of fungus and bacteria may have contaminated the cloth samples from the Shroud subjected to the radiocarbon dating test [7].

Another widespread objection to the experiment comes from an obvious observation: as a cloth sample taken from a peripheral area of the cloth was analysed, at a point near the burns dating from 1532, having come into contact with the water used to put out the fire, as well as being amply contaminated through human contact during its numerous expositions (for centuries the Shroud was hung by its edges manually), a deposit of recent carbon may have accumulated, induced by these factors. On the other hand, supporters of the method, even today, believe that these objections cannot justify the missing thirteen centuries.

The debate was incremented in 2000 when Joseph G. Marino and M. Sue Bradford hypothesized that the sample used for the carbon dating was not actually taken from the original cloth, but from a rewoven piece of the Shroud. This hypothesis was based on a written document from 1531 referring to the testamentary dispositions of Margarita of Austria, Duchess of Savoy and aunt of Emperor Charles V. In her will she wished that a part of the Holy Shroud be donated to the church she herself had founded. In J. G. Marino's opinion, the Shroud was given to an able weaver who substituted the missing piece with appropriately coloured cotton fabric so that there was no evident difference. This was then joined to the original linen cloth by weaving the threads through one by one, a technique frequently used in the sixteenth century, making it impossible to distinguish the mending from the original with the naked eye.

This hypothesis caught the attention of Raymond Rogers, a scholar who had been part of the scientific group that performed the sampling. In 2005, the American scholar asserted in an article published in the scientific journal *Termochimica acta*, that the chemical analysis of the surface fibres taken at the same time as that of the Shroud sampling confirmed the presence of vanillin and a tincture employed to produce a uniform colour in the cotton insertion and the original linen [8]. This, in fact, confirmed the differences in composition already found by Adam Adler in 1996 between the sample used for the carbon dating and the samples taken by the STURP in 1978 [9].

The hypothesis of invisible mending was strongly contested by Mechthild Flury-Lemberg, an expert in ancient textiles, who had had the possibility of examining

the Shroud cloth in detail during the sampling. Many other hypotheses, some quite fanciful, were advanced to justify the failure of the ^{14}C radiocarbon dating experiment on the Shroud: substitution of the control samples with that of the Shroud, supposedly unofficial tests proving the insertion of medieval cloth, even speculation about alleged conspiracies in which the Catholic Church would also seem to have been implicitly involved for the purpose of maintaining the aura of mystery around the Shroud. It is evident that none of these hypotheses satisfies the scientific world.

5. Further scientific studies

The Shroud underwent further scientific examination including medical and forensic analyses to establish the origin of the alleged bloodstains visible on the cloth.

The first tests conducted in 1973, to ascertain the presence of haematic traces, were negative, but the researchers who carried out the test (Giorgio Frache, Eugenia Mari Rizzati and Emilio Mari), claimed that the negative response however, did not allow them to give a definitive opinion to exclude the haematic nature of the material examined.

In 1978, the custodian of the Shroud "*pro tempore*", Cardinal Ballestero, allowed the STURP to remove some particles and several threads from the Shroud using adhesive strips. These were examined by Walter McCrone, a STURP consultant. His results showed the presence of red ochre, cinnabar and alizarin, a pink-coloured pigment of plant origin which today is obtained synthetically, identifying the Shroud as a painting. McCrone's conclusions however, were rejected by the STURP, on the basis of comprehensive reasons given by John Heller and Alan Adler and instructed them to make further analyses. Afterwards, McCrone's results were repeatedly refuted [10]. The results obtained by Heller and Adler showed there were traces of haemoglobin, bile pigments and serum-type proteins (albumin), testifying to the presence of blood on the cloth; their results also showed the presence of halo-like serum stains around the coagulated blood, from which it was deduced that the Shroud must have been in contact with a wounded human body [11]. For this test, the two experts from the STURP chose to use the porphyrin test, eliminating other methods due to the fact that if the material to be examined was not adequately solubilised (as could happen in the case of a very old, denatured sample), the results could be negatively distorted. Other scholars on the other hand, believe the porphyrin test used by the two STURP researchers could have given false-positive results [12].

Again in 1978, an Italian forensics expert, Professor Pierluigi Baima Bollone of the University of Turin, on the basis of the examination of several threads taken from precise chosen points of the cloth and using forensic haematology tests (methods used in medico legal laboratories and police forensics), found human blood and identified traces of aloe and myrrh [13].

In 1982, the same Turin scientist conducted immunological tests, identifying an AB blood group (not very common in Europe, about 5% of the population, but more diffuse among the Hebrew population, about 18%), despite inconsistencies with regard to the presence of this group in humans. Several experts nevertheless believe that despite the high sensitivity and specificity of the test, it is not always possible to distinguish between the actual sample and any pollutants which may have affected it.

More recent tests date back to 2008 using Raman spectrometry on dust particles taken in 1978 from between the panel and the support in Holland cloth, on the back.

Results showed the presence of iron oxide attributable to both the degradation of the haemoglobin and the use of a pigment.

As in the case of all other studies, the forensic investigations allow ample room for discussion as regards both the position of the body and the marks left by the wounds. In particular:

- the flexing of the head and knees refer to a state of *rigor mortis*, which for some experts is incompatible with the position of the arms and the hands resting on the pubis which in their opinion, should at least show signs of having been bound to maintain this position;
- the appreciable haematic marks in correspondence with the left wrist are traceable to the nail of the crucifixion passing through the space of Destot³, and to the base of the palm between the carpal and metacarpal;
- the traces and rivulets of blood resulting from the flagellation, probably with a *flagrum*⁴, appear to be irregular and not as one would expect;
- the number of rounded, pointed impressions at the back of the head from which there are signs of dripping in relation to the puncture wounds, are compatible with a crown of thorns being positioned on the head of the Man of the Shroud, as evinced in the Gospels concerning the Passion of Christ. Other scholars, however, believe them to be unrealistic due to the distinct shape of the stains.

6. Interpretation of the photographic images

A number of supporters of the Shroud's authenticity believe that besides the image of the Man, there are visible signs resulting either from objects being positioned on the body or from writing.

For example, for some Jesuit scholars, including Francis Filas, and Alan and Mary Whanger, the impression of two coins over the eyes are clearly visible. These were minted under Pontius Pilate in the years from 29 to 32 AD and were used to keep the eyelids closed.

The coin on the right eye, according to Filas bears a *lituus*, a particular curved stick used for rituals and the four letters, UCAL. The latter Filas believes to be a variant of the coinage of the prefect Pontius Pilate⁵. On the left eye, there appears to be a coin minted in honour of the mother of Tiberius, Julia, bearing the inscription "ARO" and several ears of corn. Recently, Shroud experts Pierluigi Baima Bollone, full professor of forensic medicine at the University of Turin and honorary president of the *Centro Internazionale di Sindonologia di Torino* and Nello Balossino, professor of image processing at the *Università degli Studi di Torino* and vice-president of the same centre, declared they have identified another coin (again in honour of Julia) on the left eyebrow.

It should be noted that these analyses are based entirely on the observation of a number of negative images taken by Giuseppe Enrie, the official photographer during the exposition of 1931. Enrie used orthochromatic film with a minimum image resolution of half a centimetre, which according to the sceptics, makes it impossible to identify the writing on the coins. There are those who believe that these signs are due to irregularities on the plates and therefore not present on the Shroud. This is also due to the fact that the same signs do not seem to be visible in more recent high-definition photographs.

The Swiss biologist, Max Frei Sulzer had already accurately performed significant

palynological analyses on dust collected from the Shroud using adhesive strips in 1973 and 1978. These results showed microscopic fossils of pollen grains produced by plants growing only in Palestine and Anatolia; other palynological traces also appear in line with the history of the Shroud's movements from one place to another; the presence of pollen linked to other hypothesised journeys is lacking. Moreover, no pollen identified by Frei Sulzer belongs to an anemophilous species (that is to say, transported by the wind), thus excluding the possibility that the Shroud was contaminated by pollen from the East transported by winds into Europe. Frei Sulzer died in 1983, before completing his research. Several scholars have expressed doubts regarding the reliability of his assertions, holding that further studies are needed to achieve a definitive certainty. However, later, two eminent Israeli botanists, Aharon Horowitz and Avinoam Danin, respectively professors at Tel Aviv University and the Hebrew University of Jerusalem, showed how some pollens identified by Frei are peculiar to Palestinian territory [14]. Faint images of flowers on each side of the body were also identified by Alan and Mary Whanger, but were only visible by incrementing the photographic contrast. If actually present, the flowers would have perhaps had the function of contrasting the strong smells associated with body decomposition.

The Whangers also detected signs of nails, a spear, a sponge, a rope and a pair of pliers. These, they believe, were placed in the tomb following Hebrew traditions still in use today, according to which the deceased is buried with objects bearing traces of their blood.

The presence of writing (or symbols similar to writing), identified in the area surrounding the face of the Man of the Shroud, is also under discussion. Among those supporting the presence of this writing is Barbara Frale, an Italian historian. She has suggested that the fragments of papyrus bearing these writings were placed around the face of the Man of the Shroud; through an unexplained phenomenon, ink penetrated the Shroud leaving traces only on the part inside, in contact with the face. According to supporters of this theory, these writings would date the cloth to the 1st century AD.

As in the cases discussed above, the writings are visible only on examination of the photographic negatives of 1931.

The inability to distinguish these signs on more recent high-definition photographs has led many scholars to assume that these symbols may either be due to projections of the yarn or the texture of the photographic plate, or a combination of both.

It is therefore clear that the various details, discovered at different times, limit the definition of the Shroud image, as they are read diversely by different scholars; a situation raising contrasting interpretations, which are not unique and highly debated.

7. Processing of two digital images of the Shroud

This contribution to the study of the Shroud aims at examining the cloth and its image through the use of digital image processing in order to contribute to the development of an appropriate methodology for the analysis of the image.

To begin with, two medium resolution images were found on the web: one showing an area of the face of the Shroud (Figure 1), and the other a reproduction of the photographic negative taken by Giuseppe Enrie in 1931 (Figure 2).



Figure 1. Visible light image of a portion of the Shroud corresponding to the face.



Figure 2. Reproduction of the photographic negative developed by Giuseppe Enrie (1931).

The processing of the two photographs was conducted primarily through the use of two software: ANIM TC (vers.3.0) supplied with the equipment for Video Microscopy for Image Analysis produced by Olympus, PV10-CB, and GIMP (ver. 2.6) freeware software produced by the GIMP team, easily available on the web.

The decision to use these two software was dictated by the need to work with multiple programmes able to apply the same filters, each with its distinct characteristics, to improve the readability of the image produced.

Details of the filters used in the analyses are:

- EQ filter (equalisation): not exactly a filter, but a procedure, which once in place can remain active even during the phase of image acquisition using video microscopy. By adjusting the levels of brightness and contrast, the overall vision of the processing is improved giving a clearer definition of the *chiaroscuro*;
- Sobel Transform: this is the most efficient filter for highlighting image edges by working on their intensity and orientation;
- Amplification of horizontal and vertical components: these are two complementary filters, able to emphasize edges in a selective manner, thus defining the horizontal and vertical lines more clearly;
- Edge detection: a particular filter able to detect edges and any discontinuity in an image;
- Laplacian: this particularly powerful filter is used to highlight the edges and irregularities of an image regardless of their orientation. However, it tends to increase image noise;
- High-pass and low-pass: these are two complementary filters used mainly for treating “flat” images. They act selectively removing low frequency or high frequency components from images. Overall, the image will have greater focus (but with significant increase in noise) in

the first case and noise reduction (but with decreased resolution) in the second case;

- Erosion: when using this filter white pixels are reduced enhancing the visibility of the edges and darker areas;
- Expansion: the opposite of the erosion filter, it reduces dark pixels enhancing the edges and lighter areas;
- Noise reduction: this filter reduces image noise, making it more clear but with consequent loss of detail;
- Skeletonization: this filter repeatedly erodes the image so that only the edges remain.

The following are the best results, accompanied by the appropriate comparison between the two programmes used. The results were obtained at different times and for different purposes: more technical (ANIM TC) or large-scale distribution (GIMP2).

8. Results

The image in visible light

The first phase of the investigation focused on the image in visible light of a portion of the shroud corresponding to the head. The face appears indistinct at close range, and barely visible, due to a difference in the colour of the fabric, but as is known, becomes more evident the farther away one moves from it. The image in question was found on the web, with medium resolution and selected for its sharpness.

Using the above-mentioned filters, it can be noted that:

- equalisation with ANIM TC shows excessive uniformity of light levels, producing a “flattened” image, whereas GIMP2 retains a slight variety of colours, better highlighting the volume of the face, especially in the central area (Figures 3-4);
- Sobel Transform with both software, greatly increases image noise, preventing identification of the edges and causing loss of face perception. We believe this is due to the chromatic uniformity of the image (Figures 5-6);
- amplification of horizontal and vertical components with both filters fails to emphasize the different orientation of the edges. This effect is probably related to the visibly low chromatic variation, making distinction of the image edge imperceptible for the two programmes used (Figures 7-8 and figures 9-10);
- edge detection with ANIM TC and GIMP2, as in the previous case, fails to highlight significant aspects and vision is extremely blurred (Figures 11-12);
- the Laplacian filter using the same method as in previous cases and with both programmes, is unable to identify any edges (Figures 15-16);
- the high-pass filter with ANIM TC, in eliminating low frequency components increases noise, creating image interference, whereas with GIMP2, despite the increase in noise, it would appear that the volumes are substantially maintained (Figures 15-16);
- the low-pass filter with ANIM TC shows a decrease in resolution, with a general levelling out of the light; GIMP2 produces a “rougher” effect causing perception of the fabric to be lost completely (Figures 17-18);
- erosion with both software acts so deeply it highlights black spots unrelated

to the original image; however with GIMP2 the image is less bright (Figures 19-20);

- expansion, unlike the previous filter, with ANIM TC, highlights a number of white spots, only partially related to the image and there is a general shading at the sides, while with GIMP 2, this secondary effect does not occur (Figures 21-22);
- noise reduction with ANIM TC produces a reduction in image definition, with loss of resolution and an action which can be described as shallow; conversely, GIMP2, despite the increase in noise has a deeper action, with a decisive loss in perception of the texture and enhancement of the traces related to the face (Figures 23-24);
- for the skeletonization, it must be noted that both software is unable to identify facial features as they are too indefinite; however, whereas ANIM TC fails to recognise elements in the initial image, GIMP2 manages to recognise, through the slightly denser mass of dots, a change of colour corresponding to the stains visible on the cloth (Figures 25-26).



Figure 3. Equalized image with ANIM TC



Figure 4. Equalized image with GIMP2



Figure 5. Processed image using Sobel Transform filter with ANIM TC



Figure 6. Processed image using Sobel Transform filter with GIMP2 Figure 4. Equalized image with GIMP2



Figure 7. Processed image using filter amplification of horizontal components with ANIM TC



Figure 8. Processed image using filter amplification of horizontal components with GIMP2

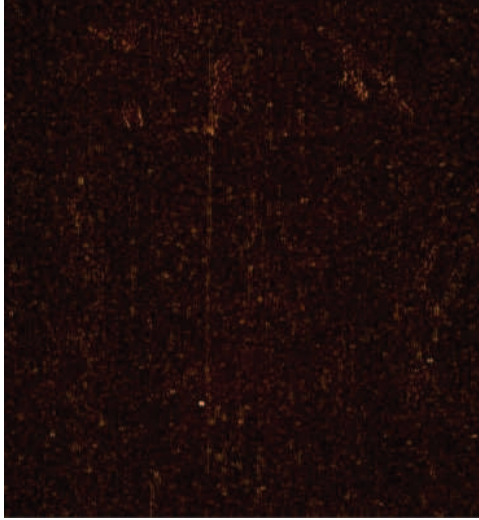


Figure 9. Processed image using filter amplification of vertical components with ANIM TC



Figure 10. Processed image using filter amplification of vertical components with GIMP2



Figure 11. Processed image using edge detection filter with ANIM TC



Figure 12. Processed image using edge detection filter with GIMP2



Figure 13. Processed image using Laplacian filter with ANIM TC



Figure 14. Processed image using Laplacian filter with GIMP2



Figure 15. Processed image using high-pass filter with ANIM TC



Figure 16. Processed image using high-pass filter with GIMP2



Figure 17. Processed image using low-pass filter with ANIM TC



Figure 18. Processed image using low-pass filter with GIMP2



Figure 19. Processed image using filter erosion of pixels with ANIM TC



Figure 20. Processed image using filter erosion of pixels with GIMP2



Figure 21. Processed image using expansion filter with ANIM TC



Figure 22. Processed image using expansion filter with GIMP2



Figure 23. Processed image using noise reduction filter with ANIM TC



Figure 24. Processed image using noise reduction filter with GIMP2

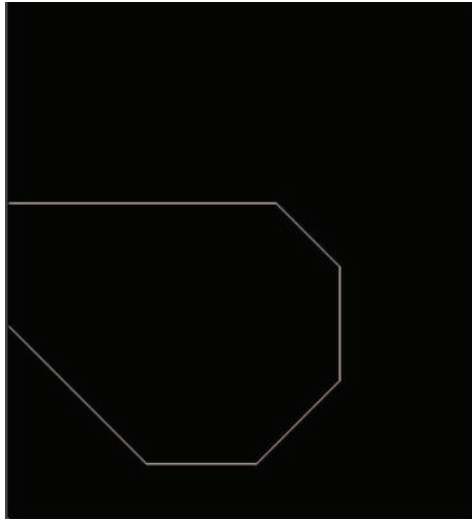


Figure 25. Processed image using skeletonization filter with ANIM TC



Figure 26. Processed image using skeletonization filter with GIMP2

9. Reproduction of the 1931 photographic negative

The second phase of research involved digitally reproducing the negative of the photographic plate developed by Giuseppe Enrie in 1931. The choice of this particular negative was dictated by the debate arising around the possible existence of writing on the Shroud (15): this is based on the observation of Enrie's photographic negative itself, as it is the only medium on which they are visible. As mentioned previously, the photographic negatives show more clearly the volume of the body, gaining a great deal in detail.

Although not of good quality, the image proved to be the best choice among those available on the web, owing to its size, the quantity of pixels and consequently its resolution.

The image processing obtained through use of the filters shows that:

- **equalization** with ANIM TC produces a uniform colour in the pixels only in shades of black and white, flattening the image, whereas with GIMP2 a slight plurality in shades is maintained, thus retaining a substantial volumetric vision (Figures 27-28);
- **the Sobel Transform** with ANIM TC fails to highlight the edges of the face, but identifies volumes through masses of dots in different shades; with GIMP2, though not highlighting the contours clearly, the central area of the face and the stains on the cloth are more defined (Figures 29-30);
- **the amplification of the horizontal and vertical components** with ANIM TC, emphasizes the horizontal and vertical components present on the photographic medium, while reducing vision of the face; Gimp2 also reduces perception of the face, but greatly increases visibility of the

- horizontal and vertical lines related to the stains present on the cloth, the creases in the fabric and likely deterioration of the photographic medium (Figures 31-32 and figures 33-34);
- **edge detection** with both software transforms the image into a mass of dots. While with ANIM TC there is a higher concentration of dots in correspondence with the volumes despite loss of the original vision of the face, GIMP2 presumably highlights the more prominent areas of the face (eyebrows, cheekbones, nose) without losing the horizontal lines produced by the creases in the cloth and possibly by the deterioration of the medium (Figures 35-36);
 - **the Laplacian filter** with ANIM TC, though performing similarly to the previous filter, partially improves vision with respect to the previous filter through the use of diverse colourings for the mass of dots identifying the various areas. GIMP2 also gives an improved image with respect to the use of the previous filter, with higher definition of the contours of the stains and of the horizontal lines produced by the creases and/or deterioration of the photographic medium (Figures 37-38);
 - **the high-pass filter** with ANIM TC increases the effect of the noise and consequently interferes with the image; the image is also lighter around the mouth; with GIMP2 the lighter effect is less evident and there is a low increase in noise (Figures 39-40);
 - **the low-pass filter** with ANIM TC and GIMP2 shows a decrease in image resolution and a loss of sharpness, effects of the filter itself: thus, no details are gained (Figures 41-42);
 - **erosion** with ANIM TC, shows loss of image resolution, whereas with GIMP2, which goes too deeply, highlights black dots unrelated to the original image, consequently degrading the quality (Figures 43-44);
 - **expansion** with both programmes shows an increase in brightness due to enhanced light pixels and highlights white pixels unrelated to the original image (Figures 45-46);
 - **noise reduction** with ANIM TC maintains perception of the image pixels visible, while GIMP2, acts more in depth, levelling the image and gaining in detail in the central part of the face and the stains (Figures 47-48);
 - **skeletonization**, in the photographic negative and with both software, fails to highlight facial features, however it must be noted that ANIM TC recognises a concentration of edges in the central area of the face, while GIMP2 highlights the contours of the stains (Figures 49-50).



Figure 27. Equalized image with ANIM TC



Figure 28. Equalized image with GIMP2



Figure 29. Processed image using Sobel Transform filter with ANIM TC



Figure 30. Processed image using Sobel Transform filter with GIMP2



Figure 31. Processed image using filter amplification of horizontal components with ANIM TC

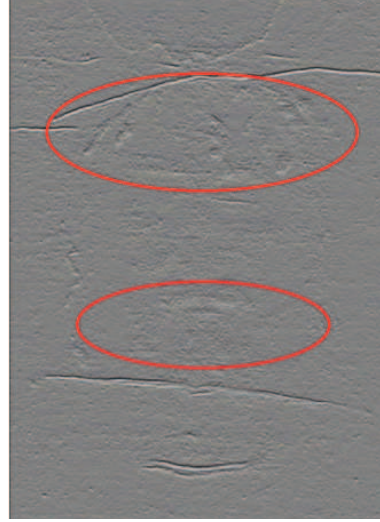


Figure 32. Processed image using filter amplification of horizontal components with GIMP2



Figure 33. Processed image with filter amplification of vertical components with ANIM TC



Figure 34. Processed image with filter amplification of vertical components with GIMP2



Figure 35. Processed image using edge detection filter with ANIM TC



Figure 36. Processed image using edge detection filter with GIMP2



Figure 37. Processed image using Laplacian filter with ANIM TC



Figure 38. Processed image using Laplacian filter with GIMP2



Figure 39. Processed image using High-pass filter with ANIM TC



Figure 40. Processed image using High-pass filter with GIMP2



Figure 41. Processed image using Low-pass filter with ANIM TC



Figure 42. Processed image using Low-pass filter with GIMP2



Figure 43. Processed image using filter erosion of pixels with ANIM TC



Figure 44. Processed image using filter erosion of pixels with GIMP2



Figure 45. Processed image using expansion filter with ANIM TC



Figure 46. Processed image using expansion filter with GIMP2



Figure 47. Processed image using noise reduction filter with ANIM TC



Figure 48. Processed image using noise reduction filter with GIMP2

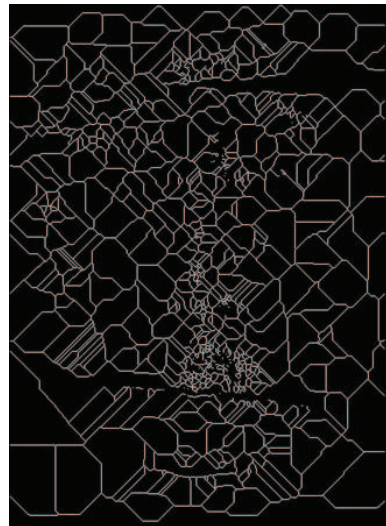


Figure 49. Processed image using skeletonization filter with ANIM TC

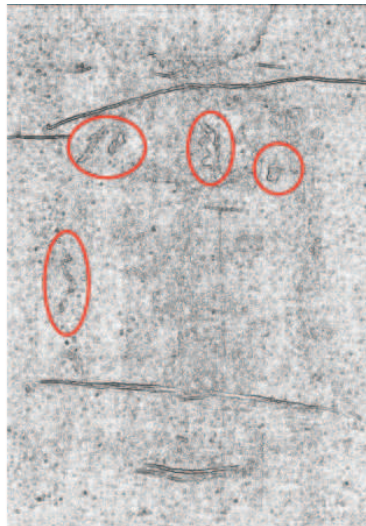


Figure 50. Processed image using skeletonization filter with GIMP2

10. Conclusions

The main objectives of this preliminary study are:

- to historically retrace events and contradictions which have occurred in the course of more than 650 years of history and over one hundred years of documentary research, studies and analyses;
- to highlight situations and conditions resulting from investigations and experimental tests including any findings found to be contradictory and open to different interpretations;
- to contribute to the development of an appropriate methodology, particularly with the use of image analysis;
- to verify the presence of signs, symbols or writings on the Shroud;
- and in addition, to develop a new campaign in support of non-destructive investigation in the field of image study, not only applicable to the case of the Shroud.

Together with the first objective, and as a result of this study, it is held that the analysis and processing of digital images using appropriate filters, overlapping them if necessary, may effectively improve the perception of several details. The main difficulty encountered in the images of the Shroud is linked principally to their low resolution, which prevents the software from applying the filters optimally.

As for the existence of signs, symbols or writing, which would be visible on the appropriately processed photographic negative of the Shroud, the use of the filters described above did not highlight any significant findings in our study. It must be remembered that the set of signs found by several studies (Marion, 1998) are only visible in the processing of the 1931 photographic negative by Enrie.

For current investigations, since the signs interpreted by Marion as inscriptions, are not visible in other photographic processing, and were not detected in our study, we believe that the hypothesis claiming these signs are a result of the possible manipulation of the negative during its development in 1931, should be subjected to verification.

It is also believed that these signs may be linked to the further influence of a number of protuberances in the yarn in several points of the cloth, as well as to the alteration and influence of the texture of the photographic negative, on the image itself [16].

Hence the need to develop new campaigns, starting with the direct investigation of high-definition digital images in different light conditions.

Using appropriate filters in various combinations, this image processing may therefore shed new light on the complex series of studies regarding the Shroud of Turin.

Ultimately, it is considered essential that a campaign of analysis, with the collaboration of an interdisciplinary team, retrace the history of the Shroud from a historical, documentary and scientific standpoint [17].

Given the importance of this "icon", it is therefore considered essential to draw on non-destructive diagnostic tests for preliminary screening to establish which are the most significant points for micro-destructive sampling.

Fully investigated, the samples could consequently provide further indications relative to settling discrepancies in scientific results collected through nearly a century of investigations, as well as cross-referencing historical-documentary sources.

A suitably designed methodology could represent a step forward in the debate on the Shroud of Turin.

Acknowledgements

We are grateful to Emanuela Bagattoni for her precious help in reviewing historically this paper.

Notes

¹ The Brookhaven National Laboratory, at Upton (New York), the Atomic Energy Research Establishment of Harwell in Oxfordshire (Great Britain), the Laboratory of Rochester (New York), Oxford University, Tucson University in Arizona and the Swiss Federal Institute of Technology Zurich.

² The laboratories would date three samples of cloth: the Shroud sample and two from other sources, indistinguishable from each other and the original.

³ Destot's space is a small opening between the lunate, pyramidal, capitate and hamate of the wrist. The insertion of the nail at this point cuts the median nerve, resulting in the flexion of the thumb: in the man of the Shroud these two fingers are not visible.

⁴ The *flagrum* is a Roman instrument used for flogging, for which there is recorded evidence in written documents, but no actual existing archaeological finds.

⁵ Coins minted in Palestine under Pontius Pilate bear the writing TIBEPLOY KAIΣAPOΣ ("Tiberio Cesare"); Filas says he has found examples with the variant TIOU CAI[ΣAPOΣ], whose central letters would seem to correspond to those on the Shroud. This identification is contested by some numismatists, as the coin in question has a worn edge and the remaining letters on this edge could therefore be interpreted using the usual legend.

References

- [1] ANSA.it, 2010, www.ansa.it/web/notizie/rubriche/cultura/2010/04/06/visualizza_new.html_1759834405.html, notizia del 06/04/2010 [accessed 19/05/2010].
- [2] JACKSON J.P., JUMPER E.J., Ercoline W.R., 1984, *Correlation of Image Intensity on the Turin Shroud with the 3-D Structure of a Human Body Shape*, Applied Optics, 23, pp. 2244-2269.
- [3] LATENDRESSE M., 2005, *The Turin Shroud was not Flattened before the Images Formed and no Major Image Distortions Necessarily Occur from a Real Body*, Third International Dallas Conference on the Shroud of Turin, September 8-11, 2005.
- [4] GOVE H. E., 1988, *Radiocarbon-dating the Shroud*, Nature, 333, p. 110.
- [5] TITE M.S., 1988, *Turin Shroud*, Nature, 332, p. 482, 1988.
- [6] DAMON P.E. *et al.*, 1989, *Radiocarbon Dating of the Shroud of Turin*, Nature, 337, pp. 611-615.
- [7] GOVE H.E., MATTINGLY S.J., DAVID A.R., LA GARZA-VALDES L.A., 1997, *A Problematic Source of Organic Contamination of Linen*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 23, 504-507.
- [8] ROGERS R., 2005, *Studies on the Radiocarbon Sample from the Shroud of Turin*, Thermochemica Acta, 425, pp. 189-194, 2005.

- [9] ADLER A., 1996, *Updating Recent Studies on the Shroud of Turin*, in M.V. Orna (ed.), *Archaeological Chemistry: Organic, Inorganic and Biochemical Analysis*, ACS Symposium Series 625, American Chemical Society, Washington, pp. 223-228.
- [10] FORD D., 2000, *The Shroud of Turin's Blood Image: Blood or Paint? A history of Science Inquiry*, <http://www.shroud.com/pdfs/ford1.pdf>
- [11] HELLER J., ADLER A., 1980, *Blood on the Shroud of Turin*, *Applied Optics*, 19, pp. 2742-2744.
- [12] Britannica.com, 2010, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/260903/hemochromogen>, voce "hemochromogen", in *Encyclopædia Britannica*. [accessed 10/06/2010].
- [13] BAIMA BOLLONE P.L., 1982, *Indagini identificative su fili della Sindone*, *Giornale della Accademia di Medicina di Torino*, 1/12, 228-239.
- [14] DANIN A. et al., 1999, *Flora of the Shroud of Turin*, St. Louis, Missouri Botanical Garden Press.
- [15] MARION A., 1998, *Discovery of Inscriptions on the Shroud of Turin by Digital Image Processing*, *Optical Engineering*, 37-8, pp. 2308-2313, 1998.
- [16] COPPINI A., CAVAZZUTI F. (ed.), 2000, *Le icone di Cristo e la Sindone. Un modello per l'arte cristiana*, Cinisello Balsamo, San Paolo
- [11] BAIMA BOLLONE P., 2010, *Sindone. Storia e scienza*, Torino, Priuli&Verluccha

La Sindone fra storia e scienza: un dibattito ancora aperto

Parole chiave: Sindone, cronologia, storia, scienza.

1. Introduzione

Il termine "sindone" deriva dal greco σινδών (*sinдон*) e indica tradizionalmente un tessuto di lino di buona qualità, o tessuto d'India, spesso impiegato nell'antichità come sudario.

Il sudario più famoso è la Sindone, conservata nel Duomo di Torino, costituita da un lenzuolo di lino, di 4,40 m per 1,13 m di color paglierino, tessuto a "spiga" o "spina di pesce" con torsione del filo di tipo "Z": una tipologia di tessuto di cui sono stati rinvenuti esemplari in Medio Oriente e in Giudea, alcuni dei quali datati al 140 d.C. (con un possibile scarto di 100 anni) col metodo del ^{14}C .

Sul celebre telo di Torino è appena visibile la doppia impronta (frontale e dorsale) di un uomo che porta segni di torture compatibili con una flagellazione, una incoronazione di spine e una crocifissione. Un'immagine di cui, a tutt'oggi, non si conosce il procedimento di formazione.

Gli studiosi, prudentemente, riferendosi all'uomo la cui effigie è impressa su questo lenzuolo, parlano di "Uomo della Sindone", ma da sempre – prima sulla base della tradizione religiosa e popolare, poi anche a seguito di accurate, anche se contrastanti, ricerche scientifiche che da oltre un secolo si susseguono – molti ritengono di poterlo identificare col Gesù storico in quanto l'immagine sindonica mostra lesioni cutanee corrispondenti a quanto i Vangeli attestano circa la passione e la morte di Cristo.

Dalla seconda metà del '500 in poi la Sindone è stata pubblicamente esposta in numerose ostensioni (dal latino ostendere, "mostrare"), generalmente indette in occasione di importanti celebrazioni religiose o civili. L'ultima ostensione ha avuto luogo dal 10 aprile al 23 maggio 2010.

A tutt'oggi il mondo scientifico si divide sull'autenticità e la relativa cronologia del telo e gli studi finora realizzati non hanno permesso di risolvere l'enigma circa l'identità della persona la cui immagine è impressa sulla tela. Nemmeno la datazione al radiocarbonio ^{14}C , per quanto abbia individuato un range cronologico abbastanza

preciso, riconducibile attorno al XIII-XV secolo, ha potuto appianare le divergenze tra gli studiosi.

2. Cronologia storico-scientifica

Tutti gli storici sono d'accordo nel ritenere che la Sindone sia documentata con sufficiente certezza a partire dalla metà del XIV secolo. Sulla sua storia precedente e sulla sua datazione persistono a tutt'oggi incertezze e contraddizioni, che portano il mondo scientifico a dividersi in due correnti di pensiero. I sostenitori della sua autenticità che, in linea con la tradizione, ne individuano le possibili coincidenze col sudario in cui, secondo quanto i Vangeli narrano, fu avvolto il corpo di Gesù dopo la deposizione dalla croce o, addirittura, con il Mandylion (o "Immagine di Edessa"), panno acheropita (cioè non dipinto da mano d'uomo) venerato dai cristiani d'Oriente in cui, secondo la tradizione, era impresso il volto di Cristo e la cui esistenza è documentata dal VI secolo fino al 1204, anno in cui la Quarta Crociata disperse molti tesori di Costantinopoli. Gli scettici, che ritengono il telo sindonico un falso prodotto in epoca basso medievale, come proverebbe la datazione al radiocarbonio, eseguita nel 1988 da tre importanti laboratori internazionali (se l'esperimento non presentasse gravi vizi che ne compromettono l'attendibilità).

La scansione cronologica degli eventi relativi alla Sindone comincia nel 1353, data a cui risale un documento in cui si afferma che il cavaliere Goffredo di Charny, di Lirey (Francia), era in possesso del telo che avvolse il corpo di Cristo nel sepolcro. Ad un secolo di distanza, Margherita di Charny, discendente di Goffredo, vendette la Sindone al duca Ludovico di Savoia, che la portò a Chambéry, allora capitale dei suoi possedimenti.

Cinquant'anni dopo, nel 1503, il papa Giulio II autorizzò il culto del Sacro Telo. La storia della Sindone procede quindi tra ostensioni private, in occasione di matrimoni, battesimi e altri eventi della casa dei Savoia, e pubbliche, per ricorrenze religiose e per scongiurare pestilenze e carestie.

Nelle cronache degli anni 1532-1534 si trovano due significativi riferimenti alla Sindone: il 4 dicembre del 1532 viene riportata la notizia di un incendio che, la notte precedente, aveva devastato la cappella di Chambéry, in cui era custodita l'urna d'argento che conteneva la reliquia. Una goccia del metallo fuso bruciò un angolo del lenzuolo allora ripiegato su se stesso in 48 rettangoli delle dimensioni di cm. 37x28 circa e che, pertanto, causò numerose piccole perdite di materiale tessile. Il reliquiario in argento fu, inoltre, raffreddato con acqua che a sua volta penetrò all'interno venendo assorbita dal tessuto; con buone probabilità sono infatti da ricondurre a questo evento gli aloni a forma di rombo ben evidenti sul telo. Nei due anni successivi, la Sindone fu oggetto di interventi da parte delle suore clarisse della cittadina francese che applicarono toppe in corrispondenza delle bruciature e fissarono l'antico sudario ad una tela di sostegno in lino d'Olanda che ha impedito la visione del rovescio della Sindone sino al 2002, quando, nel corso di un intervento conservativo, le integrazioni cinquecentesche sono state rimosse.

Il trasferimento a Torino avvenne nel 1578, quando il duca Emanuele Filiberto spostò in questa città italiana la propria capitale. Sono ancora una volta le cronache a riferirci le notizie di ostensioni ogni 30 anni, per giubilee o per celebrazioni particolari della casa di Savoia che vantava il possesso della preziosa reliquia quale prova della legittimazione divina del proprio potere, secondo un costume diffuso tra le casate regnanti, come ad esempio quella di Francia che possedeva la Sacra Corona di Spine conservata nella Sainte-Chapelle di Parigi.

Nel 1694 la Sindone venne solennemente – e definitivamente (gli unici spostamenti, entrambi finalizzati alla protezione del telo in occasione di eventi bellici, risalgono al 1706 e al periodo della seconda guerra mondiale) – collocata nel duomo di Torino, nella cappella attigua al palazzo reale progettata da Guarino Guarini e, per quell'occasione, al fine di una migliore conservazione del telo, si decise di rafforzare i rattoppi cinquecenteschi.

Le prime documentazioni visive della Sindone risalgono al 1898, ad opera dell'avvocato Secondo Pia, che la fotografò, scoprendo che l'immagine diventava più chiara in negativo. L'esperimento fotografico fu poi ripetuto in occasione dell'ostensione del 1931, utilizzando apparecchiature allora all'avanguardia e una pellicola ortocromatica, dal fotografo professionista Giuseppe Enrie che, alla presenza di Secondo Pia e assistito da diversi colleghi e da Paul Vignon, biologo della Sorbona e dell'Institut Catholique di Parigi che aveva accuratamente studiato le immagini sindoniche del 1898, effettuò fotografie di elevata qualità,

tanto da essere utilizzate dai ricercatori per i loro studi scientifici fino ai nostri giorni, venendo spesso preferite a quelle, a più alta definizione, realizzate nei decenni successivi.

Nel corso degli anni Trenta si assistette, a livello internazionale, ad un forte incremento dell'interesse e degli studi sulla Sindone: a seguito delle due ostensioni, che ebbero luogo nel 1931 e nel 1933, diverse pubblicazioni attestano infatti il coinvolgimento di studiosi appartenenti a diversi ambiti scientifici. Allo scopo di diffondere la conoscenza del prezioso sudario e di mettere in rilievo la sua ampia influenza sulla cultura occidentale dal punto di vista storico, letterario e devozionale, ma anche scientifico ed artistico, nel 1936 si decise di allestire a Torino una esposizione permanente dei principali reperti raccolti nel corso dei secoli, dando origine all'attuale Museo della Sindone. Nel 1937 venne fondato, sempre nel capoluogo piemontese, il gruppo dei Cultores Sanctae Sindonis formato da studiosi e cultori della reliquia che, nei due anni successivi, organizzarono il primo Convegno Nazionale di Studi sulla Santa Sindone, tenutosi a Torino il 2 e 3 maggio 1939, cui seguì la pubblicazione degli atti.

Il conflitto mondiale segnò un'inevitabile interruzione degli studi sindonici e nel 1939, grazie ad un accordo tra Vittorio Emanuele III e papa Pio XII, il telo venne nascosto nell'abbazia di Montevergine, in provincia di Avellino, ufficialmente con lo scopo di sottrarlo alla minaccia dei bombardamenti, ma secondo le più recenti dichiarazioni di Padre Andrea D. Cardin, direttore della Biblioteca Statale di Montevergine, questo spostamento fu dettato dal desiderio di proteggere la Sindone dalle mire di Hitler [1].

La Sindone rientrò a Torino solo a guerra conclusa, nel 1946, e i contatti tra i numerosi studiosi interessati ripresero – per non conoscere più interruzioni – nel 1950, quando fu indetto il primo Congresso Internazionali di Studi sulla Sindone, tenutosi a Torino e Roma.

Nel 1969, venne istituita dal card. Pellegrino una Commissione internazionale di esperti allo scopo di studiare lo stato di conservazione della reliquia, anche in previsione di ulteriori ricerche atte a sciogliere i dubbi sull'origine della Sindone.

Il 23-24 novembre del 1973 avvenne la prima ostensione televisiva. Fu così amplificata l'attenzione popolare verso la Sindone e si cominciò nuovamente a discutere sulla sua autenticità. Nel medesimo anno, furono autorizzati alcuni esperimenti scientifici tra cui va ricordato quello finalizzato a rintracciare la presenza di pollini che potessero far luce sull'origine e sulla storia del telo sindonico, effettuato dal biologo e criminologo svizzero Max Frei Sulzer (direttore del Servizio Scientifico della Polizia di Zurigo) su alcuni campioni di polvere prelevata dalla superficie del lenzuolo.

Nel 1978 fu istituito lo STURP (Shroud of Turin Research Project – Progetto di ricerca sulla Sindone di Torino), un gruppo internazionale di 33 scienziati che, avvalendosi anche della competenza di un'ulteriore ventina di colleghi, promosse numerosi studi scientifici sul telo. Tra l'altro, fu riunita una commissione scientifica con lo scopo di selezionare e contattare un ristretto gruppo di laboratori per eseguire delle datazioni al radiocarbonio. Nel 1982 furono scelti 6 istituti che, impiegando i due metodi del "contatore proporzionale" e della "spettrometria di massa", dovevano dare una risposta a tre fondamentali quesiti:

- in che modo si è formata l'immagine del telo;
- verificarne l'autenticità o la falsità;
- trovare le migliori modalità per la sua conservazione.

A tale riguardo lo STURP decise che i laboratori eseguissero le analisi secondo i due metodi, così da avere una più alta probabilità di riscontri. Questa decisione e soprattutto lo svolgimento delle analisi in tempi diversi provocarono una frattura tra il comitato di studi e i laboratori, che rappresentò una battuta d'arresto nel percorso conoscitivo della Sindone.

Intanto, nel 1983, avveniva il definitivo passaggio di proprietà del lenzuolo sindonico dalla casa di Savoia al Papa, quando l'ultimo re d'Italia Umberto II di Savoia, sul letto di morte, lo lasciò in eredità a papa Giovanni Paolo II, che ne nominò custode "pro tempore" l'arcivescovo di Torino.

I primi dati scientifici, conseguenti alle ricerche promosse dallo STURP, cominciarono ad essere diffusi solo nel 1984, quando due fisici dell'U.S. Air Force Academy, John P. Jackson ed Eric J. Jumper, assegnando all'asse verticale di un sistema cartesiano l'intensità di colore misurata in ogni punto dell'immagine bidimensionale, ottennero una figura umana in rilievo in cui venivano rispettate le altezze naturali della morfologia umana: ad esempio il naso e le sopracciglia

sporgevano rispetto al resto del volto, e le braccia e le mani rispetto al busto. Questo studio fece scalpore perché, applicando la stessa metodologia ad un qualunque altro dipinto o fotografia, si ottengono immagini fortemente distorte [2].

Ulteriori ricerche mostrarono come la coordinata verticale corrispondesse precisamente alla distanza che si viene a creare tra un corpo e un tessuto steso su di esso, conferendo quest'effetto tridimensionale all'elaborazione [3].

Nel prosieguo degli accadimenti che hanno coinvolto il "caso Sindone", si ricorda il pericolo scampato nell'occasione dell'incendio che, nella notte tra l'11 e il 12 aprile 1997, devastò la Cappella del Guarini.

3. La datazione al ¹⁴C

La già citata disputa tra lo STURP e i 6 laboratori internazionali prescelti¹ si risolse solo nel 1986, quando venne stilato il cosiddetto "Protocollo di Torino", una sorta di compromesso tra le parti il quale prevedeva che:

- l'esame al radiocarbonio, impiegando entrambi i metodi e con il controllo del "doppio cieco"², fosse l'unico da effettuare;
- il controllo delle operazioni fosse affidato all'Accademia Pontificia delle Scienze, all'Arcivescovado di Torino e al British Museum (organismi garanti);
- il campione di tessuto, concesso ad ogni laboratorio, non pesasse più di 28 mg, ovvero 9 cm², mentre i campioni di controllo sarebbero stati forniti dal British Museum;
- i laboratori non avrebbero potuto comunicare tra di loro durante l'effettiva esecuzione delle analisi, ma solo dopo aver consegnato i risultati agli organismi garanti.

Il protocollo fu poi ulteriormente modificato dal Vaticano (dal 1983 proprietario del telo sindonico) che preferì affidare l'incarico a soli 3 laboratori: ovvero all'Università di Oxford, all'Università di Tucson e all'Istituto Federale di Tecnologia di Zurigo. Inoltre fu stabilito che l'unico referente per il corretto svolgimento delle operazioni di prelievo e datazione, che sarebbe avvenuta unicamente con il metodo della spettrometria di massa e, quindi utilizzando una minore quantità di tessuto, fosse il British Museum. Queste nuove disposizioni suscitarono ulteriori critiche da parte del mondo scientifico: attraverso le pagine della rivista scientifica Nature, il direttore del Laboratorio di Rochester, Harry Gove, criticò aspramente la decisione del Vaticano di non impiegare il metodo del "doppio cieco", che avrebbe invece fugato ogni sospetto sui risultati [4]. Proprio dalle pagine della rivista inglese Nature furono diffuse nell'aprile del 1988 le linee guida per il protocollo definitivo [5]:

1. i tre laboratori operanti i test sarebbero stati Oxford, Tucson, Zurigo;
2. i tre campioni, di 40 mg di peso, prelevati in un unico punto, sarebbero stati consegnati ai rappresentanti dei laboratori, riuniti a Torino, assieme a due campioni di controllo, facilmente distinguibili dal campione sindonico (ci si rimetteva alla "sincerità dei laboratori");
3. ogni operazione sarebbe stata accuratamente filmata e documentata;
4. non ci sarebbe stato alcun confronto tra i risultati dei laboratori fino a quando questi non fossero stati definitivi;
5. il metodo di datazione proporzionale non sarebbe stato utilizzato perché richiedeva porzioni di tessuto maggiori dei mg previsti.

Il campione fu prelevato il 21 aprile del 1988 da Franco Testore, docente di tecnologia dei tessuti presso il Politecnico di Torino, al quale fu affidato il compito di pesare i campioni, e da Giovanni Raggi di Numana, produttore di apparecchiature per studi di biologia, che eseguì materialmente il taglio.

Su proposta di Testore, fu prelevato un campione di circa 8,1 x 2,1 cm, decisamente più ampio rispetto all'iniziale 1 x 7 cm, per consentire nuove indagini senza ulteriori prelievi. Dal campione definitivo furono eliminati 5 mm di tessuto nei quali erano presenti alcuni fili colorati, di incerta provenienza. Il frammento recuperato aveva un peso pari a 300 mg. Esso fu suddiviso in 2 parti: una fu conservata per successive analisi, l'altra fu ulteriormente suddivisa e distribuita ai 3 laboratori selezionati.

I tre campioni di controllo provenivano invece da:

- un tessuto recuperato in una sepoltura nubiana, datata intorno al 1100 d.C.;
- un bendaggio di una mummia egiziana del II secolo d.C.;
- alcuni fili prelevati dal mantello di san Luigi d'Angiò, datato tra il 1290 e il 1310.

Durante una conferenza stampa, tenuta il 13 ottobre 1988, il cardinale Ballestrero, custode "pro tempore", annunciò i risultati: l'analisi del tessuto prelevato aveva fornito una datazione compresa tra il 1260 e il 1390, con un'affidabilità del 95%, compatibile

con le prime annotazioni relative all'esistenza del Telo, contenute negli annali del 1300.

La relazione scientifica ufficiale fu pubblicata alcuni mesi dopo sulla rivista *Nature* [6]. Le tre datazioni ottenute dai laboratori furono:

- Tucson = 646 ± 31 anni Before Present (BP);
- Oxford = 750 ± 30 anni BP;
- Zurigo = 676 ± 24 anni BP;

con una media pesata di 689 ± 16 anni BP; applicando poi le dovute calibrazioni e i necessari arrotondamenti, si giunse al risultato annunciato dal cardinale Ballestrero e pubblicato su *Nature*.

4. Il dibattito sulla datazione al radiocarbonio

Numerose furono le critiche sollevate da vari esponenti del mondo scientifico circa la validità della datazione al radiocarbonio. Gli oppositori contestarono i calcoli statistici relativi all'affidabilità delle analisi sostenendo che le vicissitudini del Telo avessero potuto portare a degli inquinamenti sulla concentrazione di ^{14}C nel campione, e quindi alterare i risultati delle analisi. In particolare va rilevato che anche lo stesso Harry Gove, padre della moderna datazione radiocarbonica, ritornando più tardi sulla questione con uno studio pubblicato assieme ad altri scienziati su "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research" asserisce che la presenza di funghi e batteri può aver contaminato il campione di tessuto sindonico sottoposto all'analisi suddetta [7].

Un'altra diffusa obiezione all'esperimento è costituita da un'ovvia osservazione: essendo stato esaminato un campione di tessuto prelevato in un punto periferico del telo, giusto in prossimità di una bruciatura risalente al 1532 e venuto a contatto con l'acqua usata per lo spegnimento dell'incendio, nonché ampiamente contaminato per contatto umano durante le numerose ostensioni, in quanto la Sindone per secoli è stata manualmente appesa per i bordi, potrebbe essersi verificato un arricchimento di carbonio recente, indotto dai suddetti fattori.

I sostenitori del metodo ritengono a tutt'oggi che queste obiezioni non possano giustificare un salto temporale di circa 13 secoli.

Il dibattito fu incrementato nel 2000 quando Joseph G. Marino e M. Sue Bradford ipotizzarono che il campione utilizzato per l'esame al radiocarbonio provenisse in realtà da un tessuto non originale, impiegato per una ritessitura del Telo. Quest'ipotesi nasceva dalla menzione, riportata in un documento del 1531, alle disposizioni testamentarie di Margherita d'Austria, duchessa di Savoia e zia dell'imperatore Carlo V, che volle che un lembo del Sacro Telo fosse donato ad una chiesa da lei stessa fondata. Secondo Marino la Sindone fu quindi affidata ad un abile tessitore che sostituì il pezzo mancante con un tessuto di cotone, opportunamente colorato per non mostrarne la differenza, unito al lino originale, intrecciando i fili uno per uno: con questa tecnica, diffusa nel XVI secolo, era impossibile distinguere ad occhio nudo i rammendi dall'originale.

Quest'ipotesi attirò l'attenzione di Raymod Rogers, uno studioso che aveva fatto parte dell'equipe scientifica che aveva eseguito il prelievo. Nel 2005, lo studioso statunitense, in un articolo pubblicato nella rivista scientifica *Termochimica acta*, asseriva che le analisi chimiche, compiute su fibre superficiali, prelevate assieme al campione sindonico, confermavano la presenza di vanillina e di una tintura, atta ad uniformare il colore dell'innesto in cotone a quello del lino originale [8] di fatto confermando le differenze composizionali, già rilevate da Alan Adler nel 1996, tra il campione per la datazione al radiocarbonio e campioni prelevati dallo STURP nel 1978 [9].

L'ipotesi di un rammendo invisibile fu pesantemente contestata da Mechthild Flury Lemberg, esperta di tessuti antichi, che aveva avuto modo di esaminare approfonditamente il tessuto sindonico durante i prelievi.

Numerose altre ipotesi, anche fantasiose, furono avanzate per giustificare il fallimento dell'esperimento della datazione al ^{14}C sulla Sindone: sostituzioni tra i campioni di controllo e il frammento sindonico, presunti test non ufficiali che proverebbero l'inserimento di tessuto medievale, fino ad elucubrazioni su presunti complotti – in cui, addirittura, sarebbe stata coinvolta anche la Chiesa Cattolica – volti a mantenere l'alone di mistero sulla Sindone. Nessuna di queste argomentazioni, ovviamente, può trovare concorde il mondo scientifico.

5. Ulteriori studi scientifici

Il Telo fu sottoposto anche ad altri riscontri scientifici, quali studi medici e medico-

legali, per stabilire l'origine delle presunte macchie di sangue, visibili sul tessuto.

Le prime indagini, condotte nel 1973, per appurare la presenza di tracce ematiche, diedero risultati negativi, ma gli stessi ricercatori che effettuarono l'esperimento (Giorgio Frache, Eugenia Mari Rizzati ed Emilio Mari) asserirono che la risposta negativa ottenuta, comunque, non permetteva loro di dare un parere assoluto di esclusione della natura ematica del materiale esaminato.

Nel 1978 il custode "pro tempore", cardinal Ballestero, permise allo STURP di asportare, tramite l'impiego di strisce adesive, alcune particelle e alcuni fili del Telo, esaminati da Walter McCrone, consulente dello STURP, che rilevò la presenza di ocre rossa, cinabro e alizarina, un pigmento rosato di origine vegetale, oggi ottenuto sinteticamente, che identificavano la Sindone come un dipinto. La conclusione di McCrone fu però rigettata dallo STURP sulla base di esaurienti motivazioni addotte da John Heller e Alan Adler ed incaricò questi ultimi di compiere nuove analisi. Anche successivamente i risultati di McCrone sono stati più volte confutati [10]. Le analisi di Heller e Adler rilevarono la presenza di tracce di emoglobina, pigmenti di bile e proteine del tipo del siero (albumina) a testimonianza che c'era sangue intero sul tessuto; furono inoltre trovati aloni di siero attorno ai coaguli di sangue che permisero di evincere che la Sindone doveva essere stata in contatto con un corpo umano ferito [11]. Per questo esperimento i due studiosi scelsero di impiegare il test delle porfirine, evitando altri metodi in quanto, se il materiale esaminato non fosse stato adeguatamente solubilizzato (come poteva accadere nel caso di un campione molto antico e denaturato), avrebbero potuto falsare in negativo il risultato. Altri studiosi, al contrario, ritengono che il test delle porfirine, utilizzato dai due ricercatori dello STURP, possa fornire dei falsi risultati positivi [12].

Sempre nel 1978, anche uno studioso italiano di medicina legale, il professor Pierluigi Baima Bollone dell'Università di Torino, sulla base dell'esame di alcuni fili prelevati da punti mirati della superficie della Sindone, attraverso indagini di ematologia forense (metodi del laboratorio medico-legale e della polizia scientifica), rilevò la presenza di sangue umano ed individuò tracce di aloe e mirra [13].

Nel 1982 il medesimo scienziato torinese eseguì test immunologici che identificarono un gruppo sanguigno AB (scarsamente diffuso in Europa, in circa il 5% della popolazione, ma più diffuso – in circa il 18% – tra la popolazione ebraica), pur con incongruenze relativamente alla comparsa di questo gruppo nella specie umana. Alcuni studiosi ritengono tuttavia che, nonostante l'alta sensibilità e specificità del test, non sia sempre possibile discriminare il campione reale dal suo inquinamento.

Indagini più recenti risalgono al 2008, quando sono state effettuate delle analisi in spettrometria Raman su polveri prelevate nel 1978 tra il Telo e il supporto, in tela d'Olanda, posto sul retro. I risultati evidenziarono la presenza di ossido di ferro, attribuibile sia alla degradazione dell'emoglobina sia all'impiego di un pigmento.

Proprio come tutti gli altri studi, le indagini medico-legali presentano ampi margini di discussione, sia per la posizione del corpo, sia per le impronte riconducibili alle ferite. In particolare:

- la flessione del capo e delle ginocchia fanno riferimento ad una condizione di rigor mortis, che ad alcuni studiosi sembra incompatibile con la posizione delle braccia e delle mani, appoggiate sul pube, che, a loro parere, dovrebbero presentare quantomeno i segni di una legatura, per il mantenimento della posizione stessa;
- le tracce ematiche apprezzabili in corrispondenza del polso sinistro sono riconducibili al passaggio del chiodo della crocifissione nello spazio di Destot³ e alla base del palmo, tra il carpale e il metacarpace;
- le tracce e i rivoli di sangue, riferibili alla flagellazione, eseguita forse con il flagrum⁴, sono oggetto di controversia tra chi li ritiene di chiara lettura e chi vi scorge delle difformità;
- le numerose impronte puntiformi e tondeggianti, presenti in corrispondenza del retro del capo, da cui si dipartono delle colature, relazionabili con delle ferite da punta, vengono ricondotte all'apposizione sul capo dell'Uomo della Sindone di una corona di spine, allo stesso modo di quanto attestato nei Vangeli relativamente alla Passione di Gesù, mentre altri studiosi le ritengono irrealistiche per via della forma troppo distinta delle macchie.

6. Le interpretazioni delle immagini fotografiche

Alcuni sostenitori dell'autenticità della Sindone ritengono che, oltre all'immagine

dell'Uomo, siano visibili dei segni riconducibili all'apposizione di oggetti sul cadavere o a scritte.

In particolare, secondo alcuni studiosi, tra cui i gesuiti Francis Filas, Alan e Mary Whanger, sugli occhi sono ben visibili le impronte di due monete, coniate sotto Ponzio Pilato negli anni compresi tra il 29 e il 32 d.C., utilizzate per tenere chiuse le palpebre.

Sulla moneta dell'occhio destro, secondo Filas, si riconosce un lituus, un particolare bastone ricurvo impiegato per scopi rituali, e le quattro lettere "UCAI", che lo studioso ritiene essere una variante della monetazione del prefetto Ponzio Pilato⁵. Sull'occhio sinistro sarebbe invece visibile una moneta coniata in onore della madre di Tiberio, Giulia, recante l'iscrizione "ARO" e delle spighe di grano. Recentemente, i sindonologi Pier Luigi Baima Bollone, professore ordinario di Medicina Legale presso l'Università di Torino e Presidente Onorario del Centro Internazionale di Sindonologia di Torino, e Nello Balossino, professore di Elaborazione di Immagini all'Università degli Studi di Torino e Vice Presidente del sopracitato Centro, hanno annunciato di aver identificato un'altra moneta (anche questa emessa in onore di Giulia) sul sopracciglio sinistro.

È da notare che queste analisi si basano interamente sull'osservazione di alcune immagini negative ottenute da Giuseppe Enrie, fotografo ufficiale durante l'Ostensione del 1931. Egli impiegò una pellicola ortocromatica con una risoluzione minima dell'immagine di mezzo centimetro, che, a detta degli scettici, non permetterebbe di identificare le scritte presenti sulle monete. Vi è chi ritiene che questi segni siano riconducibili a delle irregolarità delle lastre, e non siano quindi effettivamente presenti sul Telo, in quanto gli stessi segni non sarebbero visibili in fotografie scattate in tempi più recenti a più alta definizione.

Nel 1973 e nel 1978 il biologo svizzero Max Frei Sulzer aveva eseguito accurate e significative analisi palinologiche su campioni di polveri prelevati, con nastri adesivi, dalla Sindone. Sono stati quindi rilevati microscopici granuli fossili di polline, riconducibili a piante che crescono solo in Palestina ed Anatolia ed anche altre tracce palinologiche si presentano in linea con gli spostamenti cui fu sottoposta la Sindone nel corso della sua storia; mancano invece pollini legati ad ogni altro spostamento ipotizzato. Inoltre nessun polline identificato da Frei Sulzer appartiene ad una specie anemofila (cioè trasportata dal vento), escludendo così la possibilità che il tessuto sindonico sia stato contaminato da pollini orientali trasportati in Europa dai venti. Frei Sulzer è deceduto nel 1983, prima di poter portare a compimento le sue ricerche. Alcuni studiosi hanno espresso dubbi circa l'attendibilità delle sue asserzioni, ritenendo che, per pervenire a certezze, siano necessari ulteriori studi. Successivamente, però, due illustri botanici israeliani Aharon Horowitz e Avinoam Danin, rispettivamente professori all'Università di Tel Aviv e all'Università Ebraica di Gerusalemme, hanno evidenziato come alcuni pollini individuati da Frei siano peculiari del territorio palestinese [14].

Alan e Mary Whanger hanno identificato anche immagini, molto deboli, di fiori ai lati del corpo, visibili solo aumentando il contrasto fotografico. I fiori, se effettivamente presenti, avrebbero forse avuto la funzione di sovrastare i forti odori legati alla decomposizione del corpo.

I coniugi Whanger avrebbero inoltre riconosciuto i segni dei chiodi, di una lancia, di una spugna, di una corda e di un paio di pinze, che ritengono siano stati posti nel sepolcro, in linea con le tradizioni ebraiche tuttora valide, in base alle quali il defunto debba essere sepolto con gli oggetti che recano eventuali tracce del suo sangue.

Altrettanto discussa è la presenza di scritte (o simboli ricollegabili a scritte) che sono state individuate attorno al volto dell'Uomo della Sindone. Tra coloro che sostengono la presenza di queste iscrizioni, vi è Barbara Frale, che nei suoi scritti avanza l'ipotesi per la quale dei frammenti di papiro, recanti scritte, sarebbero stati apposti sul Telo attorno al volto dell'Uomo della Sindone. Secondo la storica italiana, per un fenomeno non spiegato, l'inchiostro sarebbe penetrato nel lenzuolo, lasciandone traccia solo nella parte interna, a contatto con il volto. Queste scritte, secondo i sostenitori di tale ipotesi, permetterebbero di datare il tessuto al I sec. d.C.

Come nei casi precedentemente esposti, le scritte sarebbero visibili solo dallo studio dei negativi fotografici del 1931.

L'impossibilità di distinguere questi segni sulle immagini fotografiche più recenti, e a più alta definizione, ha portato molti studiosi a supporre che questi simboli possano essere dovuti sia a sporgenze del filato, sia alla trama della lastra fotografica stessa, oppure alla loro concomitanza.

Appare quindi evidente che i vari particolari, rilevati a più battute, al limite della definizione dell'immagine sindonica, vengono letti in maniera differente dai diversi

studiosi, così da sollevare interpretazioni contrastate, non univoche e fortemente dibattute.

7. Elaborazione di due immagini digitali della Sindone

Il presente contributo sullo studio della Sindone è volto ad indagare il Telo e l'immagine su di esso, tramite l'elaborazione di immagini digitali, al fine di contribuire allo sviluppo di una metodologia appropriata all'analisi d'immagine.

L'analisi si è sviluppata a partire da due immagini a media risoluzione, reperite tramite la rete web: un'immagine del visibile riguardante la porzione del Telo nella zona del volto (fig.1), e una riproduzione del negativo fotografico dello scatto di Giuseppe Enrie del 1931 (fig.2).

L'elaborazione delle due fotografie è stata condotta attraverso l'impiego prevalente di due software: ANIM TC (vers. 3.0) in dotazione con la strumentazione per la Videomicroscopia ad Analisi d'Immagine dell'OLYMPUS, PV10-CB, e GIMP2 (vers. 2.6), software freeware prodotto dal GIMP team, facilmente reperibile nel web.

La scelta sull'impiego di questi due software è stata dettata, nei limiti del possibile, dalla necessità di lavorare con più programmi in grado di applicare gli stessi filtri, ognuno con la propria peculiarità, che permettono di migliorare la leggibilità dell'immagine elaborata.

Nel dettaglio i filtri impiegati nell'analisi sono:

- Equalizzazione: non si tratta di un vero e proprio filtro, ma di una procedura che, una volta impostata, può rimanere attiva anche durante la fase di acquisizione dell'immagine da Videomicroscopio. Agendo sui livelli di luminosità e sul contrasto, esso migliora la visione d'insieme dell'elaborato, con una maggiore definizione dei chiaroscuri;

- Trasformata di Sobel: si tratta del filtro più efficace per evidenziare i bordi di un'immagine, lavorando sulla loro intensità e orientamento;

- Amplificazione delle componenti orizzontali e delle componenti verticali: sono due filtri complementari, in grado di enfatizzare i bordi in maniera selettiva, portando in evidenza le linee orizzontali o quelle verticali;

- Rilevamento bordi: è un particolare filtro in grado di rilevare i bordi e le discontinuità dell'immagine;

- Laplaciano: questo filtro, particolarmente potente, permette di evidenziare i bordi e le discontinuità dell'immagine, indipendentemente dal loro orientamento. Tuttavia, tende ad aumentare il rumore di fondo dell'immagine;

- Passa alto e Passa basso: anche questi sono due filtri complementari, impiegati maggiormente per il trattamento di immagini "piatte". Agiscono selettivamente, sottraendo all'immagine le componenti a bassa frequenza o quelle ad alta frequenza. Nel complesso l'immagine avrà una messa a fuoco maggiore (ma con un significativo aumento del rumore) nel primo caso, e una riduzione del rumore (ma con una diminuzione della risoluzione) nel secondo caso;

- Erosione: attraverso l'impiego di questo filtro si ha una riduzione dei pixel bianchi a favore della visibilità dei bordi e delle aree più scure;

- Dilatazione: filtro inverso all'erosione, riduce i pixel scuri, a favore dei bordi e delle aree più chiare;

- Riduzione del rumore: questo filtro riduce il rumore dell'immagine, rendendola più nitida, ma con conseguente perdita dei dettagli;

- Scheletrizzazione: questo filtro erode ripetutamente l'immagine così da ottenere la traccia dei soli bordi.

In questa sede saranno presentati i migliori risultati ottenuti, nonché l'opportuno confronto tra i due programmi impiegati, in quanto prodotti in tempi diversi e per scopi diversi: più tecnici (ANIM TC) o per la grande distribuzione (GIMP2).

8. I risultati

L'immagine in luce visibile

La prima fase d'indagine si è concentrata sull'immagine in luce visibile di una porzione della Sindone, in corrispondenza del capo. Il volto appare confuso a distanza ravvicinata, appena distinguibile, grazie ad una differente colorazione del tessuto, ma, come risaputo, essa appare più evidente mano a mano che ci sia allontanata dalla stessa. L'immagine in esame è stata reperita nel web, con una risoluzione media, selezionata in base alla sua nitidezza.

Dall'impiego dei filtri precedentemente elencati si nota che:

- l'equalizzazione in ANIM TC evidenzia un'eccessiva uniformità dei livelli di luce, restituendo un'immagine "appiattita", mentre GIMP2 conserva una lieve varietà cromatica, meglio evidenziando i volumi del volto, soprattutto nella zona centrale (Figg. 3-4);
- la trasformata di Sobel, con entrambi i software, aumenta eccessivamente il rumore dell'immagine, impedendo di individuare i bordi, facendo perdere la percezione del volto. Riteniamo che ciò sia dovuto all'uniformità cromatica dell'immagine (Figg. 5-6);
- l'amplificazione delle componenti orizzontali e verticali, con entrambi i filtri, non riesce ad enfatizzare i diversi orientamenti dei bordi. Questo effetto è probabilmente da mettere in relazione con la bassa variazione cromatica visibile, che rende impercettibile, per i due programmi impiegati, la distinzione di un bordo dell'immagine (Figg. 7-8 e Figg. 9-10);
- il rilevamento bordi, come nel caso precedente, sia con ANIM TC, sia con GIMP2, non riesce ad evidenziare aspetti significativi e la visione appare molto confusa (Figg. 11-12);
- anche il filtro Laplaciano, che agisce con lo stesso metodo dei precedenti, con entrambi i programmi, non riesce ad identificare alcun bordo (Figg. 13-14);
- il filtro passa alto, con ANIM TC, eliminando le componenti a bassa frequenza, aumenta il rumore, creando un disturbo dell'immagine, mentre con GIMP2, nonostante l'aumento del rumore, si ha la sensazione di un sostanziale mantenimento dei volumi (Figg. 15-16);
- il filtro passa basso, con ANIM TC, mostra una diminuzione della risoluzione con un livellamento generale della luce; con GIMP2 si ha un effetto più "spinto" che fa perdere completamente la percezione del tessuto (Figg. 17-18);
- l'erosione, con entrambi i software, agisce troppo in profondità, fino ad evidenziare dei punti neri, non legati all'immagine originale; tuttavia GIMP2 opera un minore schiarimento dell'immagine (Figg. 19-20);
- la dilatazione, al contrario del filtro precedente, con ANIM TC, mette in evidenza dei punti bianchi solo parzialmente legati all'immagine, mentre si riscontra un inscurimento generalizzato ai lati dell'immagine; con GIMP2, quest'effetto secondario non avviene (Figg. 21-22);
- la riduzione del rumore, con ANIM TC, comporta una riduzione dell'effetto di disturbo dell'immagine, con una perdita di risoluzione e un'azione che si può definire poco profonda; al contrario, GIMP2 agisce più in profondità, con una perdita decisiva della percezione dell'intessuto, ed un'enfatizzazione delle tracce riferibili al volto (Figg. 23-24);
- per quanto concerne la scheletrizzazione, dobbiamo constatare che entrambi i software non riescono ad identificare i tratti del volto, perché troppo indefinito; tuttavia, mentre ANIM TC non riconosce alcun elemento dell'immagine di partenza, GIMP2 riconosce, tramite delle nuvole di punti leggermente più fitte, il passaggio di colore corrispondente alle macchie visibili sul tessuto (Figg. 25-26).

9. La riproduzione del negativo fotografico del 1931

La seconda fase della ricerca ha interessato la riproduzione digitale del negativo della lastra fotografica, sviluppata nel 1931 da Giuseppe Enrie. La scelta di questo particolare negativo è stata dettata dal dibattito sorto attorno all'ipotesi che sulla Sindone possano essere presenti delle scritte (Marion, 1998): esso si basa sull'osservazione proprio del negativo fotografico di Enrie, unico supporto su cui apparirebbero visibili.

Come già detto in precedenza, i negativi fotografici mostrano in maniera più evidente i volumi del corpo, con un buon guadagno di dettagli.

L'immagine, non di altissima qualità, è tuttavia risultata la scelta migliore tra quelle disponibili sul web per quantità di pixel, e quindi risoluzione, e per la dimensione effettiva dell'immagine.

Dall'elaborazione attraverso l'impiego dei filtri si evince che:

- l'equalizzazione in ANIM TC uniforma il colore dei pixel alle sole tonalità bianco e nero, con un appiattimento dell'immagine, mentre GIMP2, mantenendo una lieve pluralità di toni, conserva una sostanziale visione volumetrica (Figg. 27-28);

- la trasformata di Sobel con ANIM TC non riesce ad evidenziare i bordi del volto, ma identifica i volumi attraverso nuvole di punti a differente tonalità; mentre in GIMP2, pur non evidenziando i contorni in modo chiaro, rileva in maniera più definita la zona centrale del volto e le macchie presenti sul tessuto (Figg. 29-30);

- l'amplificazione delle componenti orizzontali e verticali, enfatizza con ANIM TC le tracce orizzontali e verticali presenti sul supporto fotografico mentre si attenua la visione del volto; anche con GIMP2 si perde la percezione del volto a favore della maggiore visibilità delle linee orizzontali e verticali legate alle macchie presenti sul tessuto, alle pieghe del tessuto, e ad un probabile degrado del supporto fotografico (Figg. 31-32 e figg. 33-34);

- il rilevamento bordi, con entrambi i software trasforma l'immagine in una nuvola di punti. Mentre con ANIM TC si ha una maggiore concentrazione dei punti in corrispondenza dei volumi, nonostante la perdita della visione originale del volto, con GIMP2 vengono evidenziate, presumibilmente le zone più sporgenti del volto (sopracciglia, zigomi, naso) e non si perdono le tracce orizzontali dovute alle pieghe del tessuto, e forse al degrado del supporto (Figg. 35-36);

- il filtro Laplaciano, con ANIM TC, nonostante funzioni come il filtro precedente, migliora parzialmente la visione rispetto al filtro precedente, tramite l'impiego di differenti colorazioni delle nuvole di punti che identificano le varie zone. Anche con GIMP2 si ha un miglioramento dell'immagine rispetto all'utilizzo del filtro precedente, con una migliore definizione dei contorni delle macchie e delle linee orizzontali riconducibili alle pieghe e/o a degradi del supporto fotografico; inoltre con GIMP2 non si ha un eccessivo aumento del rumore dell'immagine (Figg. 37-38);

- il filtro passa alto, con ANIM TC aumenta l'effetto del rumore, e quindi il disturbo dell'immagine, e si nota uno schiarimento dell'immagine all'altezza della bocca; con GIMP2 l'effetto di schiarimento è meno decisivo e si ha un basso aumento del rumore (Figg. 39-40);

- il filtro passa basso, sia con ANIM TC che con GIMP2 evidenzia una diminuzione della risoluzione dell'immagine e una perdita di nitidezza, effetti propri del filtro: quindi non si registra un guadagno di dettagli (Figg. 41-42);

- l'erosione, con ANIM TC mostra una perdita di risoluzione dell'immagine, mentre con GIMP2, che agisce troppo in profondità, evidenzia punti neri, non legati all'immagine originale, che ne peggiorano la qualità (Figg. 43-44);

- la dilatazione, con entrambi i programmi mostra un aumento della luminosità, in conseguenza dell'enfatizzazione dei pixel chiari, e fa emergere dei pixel bianchi non legati all'immagine originale (Figg. 45-46);

- la riduzione del rumore, con ANIM TC mantiene visibile la percezione dei pixel dell'immagine, mentre con GIMP2, che agisce più in profondità, livella l'immagine con un guadagno dei dettagli nella zona centrale del volto e delle macchie (Figg. 47-48);

- la scheletrizzazione, anche sul negativo fotografico e con entrambi i software, non evidenzia i tratti del volto, tuttavia è da rilevare che ANIM TC riconosce una concentrazione di bordi nella zona centrale del volto, mentre GIMP2 evidenzia i contorni delle macchie (Figg. 49-50).

10. Conclusioni

Questo studio preliminare si prefigge come obiettivi principali di:

- ripercorrere storicamente accadimenti e contraddizioni succedutisi nel corso di oltre 650 anni di storia e di oltre un secolo di ricerche documentarie, studi ed analisi;

- evidenziare, a seguito delle indagini e delle prove sperimentali, situazioni e condizioni nonché risultanze non concordi e interpretabili in maniera altrettanto differente;

- contribuire allo sviluppo di una metodologia appropriata, in particolare con l'impiego dell'analisi d'immagine;

- verificare la presenza di segni, simboli, o scritte sulla Sindone;

- inoltre, sviluppare una nuova proposta a supporto di una campagna d'indagine non distruttiva, e non solo, nell'ambito dello studio delle immagini, applicabile al caso della Sindone.

Contestualmente al primo obiettivo, a seguito dello studio condotto, si ritiene che l'analisi e l'elaborazione delle immagini digitali tramite opportuni filtri, eventualmente sovrapponibili, possa effettivamente migliorare la percezione di alcuni dettagli. La difficoltà maggiore riscontrata nell'ambito delle immagini relative alla Sindone è da ricollegare prevalentemente alla loro bassa risoluzione che non permette ai software di applicare i filtri in modo ottimale.

Per quanto riguarda l'esistenza di segni, simboli, o scritte, che sarebbero visibili sul negativo fotografico del Telo opportunamente elaborato, l'utilizzo dei filtri precedentemente esposti, nel nostro studio, non ha evidenziato presenze significative. Si ricorda che questo insieme di segni riscontrati da alcuni studiosi [15] sarebbero visibili solo dall'elaborazione del negativo fotografico di Enrie del 1931.

Allo stato attuale delle indagini, poiché i segni interpretati da Marion come scritte non sono visibili in altre elaborazioni fotografiche, né risultano rilevabili nel nostro studio, riteniamo che l'ipotesi, che le considera dovute ad una eventuale manipolazione del negativo durante lo sviluppo operato nel 1931, vada sottoposta a verifica.

Non si può quindi escludere che questi segni possano essere ricollegabili all'ulteriore influenza di alcune sporgenze del filato in alcuni punti del Telo, sia all'alterazione e/o all'influenza della trama del supporto negativo fotografico sull'immagine stessa [16].

Da qui la necessità di sviluppare nuove campagne d'indagine, a partire dall'acquisizione diretta di immagini digitali ad alta definizione, in diverse condizioni di luce.

L'elaborazione di queste immagini, con l'impiego di opportuni filtri, anche diversamente combinati tra loro, potrebbe infatti gettare nuova luce sul complesso insieme di studi che interessano la Sindone di Torino.

In definitiva, si ritiene fondamentale elaborare una campagna di analisi legata ad una équipe interdisciplinare, che possa ripercorrere le vicende del Telo sia dal punto di vista storico e documentario, sia da quello scientifico [17].

Vista l'importanza di questa "icona" si ritiene fondamentale attingere ad analisi diagnostiche non distruttive per uno screening preliminare, per stabilire conseguentemente i punti più significativi per i prelievi microdistruttivi.

I campioni, opportunamente indagati potrebbero così fornire maggiori indicazioni relativamente ad una accordanza o discordanza tra i risultati scientifici ottenuti in quasi un secolo di indagini, nonché un confronto con i riferimenti tratti dalle fonti storico-documentarie.

Una metodologia opportunamente progettata potrebbe rappresentare un ulteriore passo in avanti nel dibattito sulla Sindone.

Ringraziamenti

Si rivolge un sentito ringraziamento a Emanuela Bagattoni per la preziosa revisione degli aspetti storici nel lavoro.

Note

1. Il Brookhaven National Laboratory, presso Upton (New York), l'Atomic Energy Research Establishment di Harwell, in Oxfordshire (Gran Bretagna), il Laboratorio di Rochester (New York), l'Università di Oxford (Gran Bretagna), l'Università di Tucson in Arizona e l'Istituto Federale di Tecnologia di Zurigo.

2. I laboratori avrebbero cioè datato tre campioni di tessuto: il campione sindonico e due estranei, indistinguibili tra loro e con l'originale.

3. Lo spazio di Destot è una piccola apertura tra il semilunare, piramidale, capitato e uncinato del polso. L'infissione del chiodo in questo punto recide il nervo mediano, con conseguente flessione del pollice: nell'Uomo della Sindone queste due dita non sono visibili.

4. Il flagrum è uno strumento romano impiegato per la flagellazione, attestato a livello documentario, di cui tuttavia non sono pervenuti reperti archeologici.

5. Le monete coniate in Palestina sotto Ponzio Pilato presentano la scritta ΤΙΒΕΡΙΟΥ ΚΑΙΣΑΡΟΣ ("Tiberio Cesare"); Filas afferma di aver trovato anche esemplari con la variante ΤΙΟΥ ΚΑΙΣΑΡΟΣ], le cui lettere centrali

corrisponderebbero a quelle leggibili sulla Sindone. L'identificazione sostenuta da Filas viene contestata da alcuni numismatici, in quanto la moneta presa in considerazione dallo studioso presenta il bordo consunto e i resti delle lettere sul bordo potrebbero quindi essere interpretati anche con la legenda consueta.

Summary

The Shroud of Turin has passed through centuries of history, has travelled and has experienced events, which have only partially been recorded in documentary sources. Popular-cultural tradition has now accepted it as being the Shroud of the historical Christ. Nevertheless, public opinion has always been divided between those who believe in its authenticity and those who do not. Since the seventies there have been various wide-ranging study campaigns devoted to unravelling the mystery. Today the Shroud has become once more the centre of attention for the scientific world on the occasion of its last exposition. This paper aims to present a chronology of the investigative phases conducted so far and to put forward a new proposal in the field of image analysis and artistic diagnosis.

Riassunto

La Sindone di Torino ha attraversato secoli di storia ed ha subito spostamenti ed avvenimenti solo parzialmente ricordati dalle fonti documentarie. La tradizione cultural-popolare ne ha da subito riconosciuto il sudario del Cristo storico, ma da sempre l'opinione pubblica si divide tra autenticisti e scettici. A partire dagli anni '70 sono state effettuate diverse campagne di studio, ad ampio spettro, volte a svelarne il mistero. Oggi la Sindone è tornata all'attenzione del mondo scientifico in occasione della sua ultima ostensione. Il presente lavoro vuole presentare una cronologia delle fasi d'indagine svolte finora e una nuova proposta nel campo dell'analisi d'immagine.

Résumé

Le Suaire de Turin a traversé des siècles d'histoire et a subi des déplacements et des vicissitudes qui ne sont que partiellement rappelés par les sources documentaires. La tradition de la culture populaire n'a pas tout de suite reconnu le Suaire du Christ comme historique, mais depuis toujours l'opinion publique se partage entre ceux qui en revendiquent l'authenticité et les sceptiques. À partir des années 1970 ont été effectuées diverses campagnes d'étude, à ample spectre, visées à en dévoiler le mystère. Aujourd'hui le Suaire est revenu à l'attention du monde scientifique à l'occasion de sa dernière ostension. Le travail présent veut présenter une chronologie des phases de recherche développées jusqu'ici et une nouvelle proposition dans le domaine de l'analyse de l'image.

Zusammenfassung

Das Turiner Grabtuch hat eine Jahrhunderte lange Geschichte und erfuhr Ortsveränderungen und Ereignisse, die nur zum Teil von den dokumentarischen Quellen erfasst sind. Die kulturelle und volkstümliche Überlieferung hat es von Beginn an als das Grabtuch des historischen Christus erkannt, aber die öffentliche Meinung ist von jeher in Authentisten und Skeptiker gespalten. Seit den 70er Jahren wurden

mehrere breit gefächerte Untersuchungsreihen durchgeführt, um sein Geheimnis zu lüften. Heute steht das Grabtuch anlässlich seiner jüngsten Ausstellung wieder im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt. Die vorliegende Arbeit will eine Chronologie der bisher durchgeführten Forschungsarbeiten geben und einen neuen Ansatz auf dem Gebiet der Bildanalyse vorschlagen.

Resumen

La Sábana Santa de Turín ha recorrido siglos de historia y ha sido objeto de desplazamientos y de acontecimientos que las fuentes documentales sólo recuerdan en modo parcial. La tradición cultural-popular enseguida supo reconocer en ella el sudario del Cristo histórico; sin embargo la opinión pública se ha dividido desde siempre entre los que creen en su autenticidad y los escépticos. A partir de los años 70 se han efectuado diversas campañas de estudio, de amplio espectro, buscando desvelar su misterio. La Sábana Santa ha vuelto hoy a la atención del mundo científico con ocasión de su última ostensión. Este trabajo se propone presentar una cronología de las fases de estudio hasta ahora aplicadas, así como una nueva propuesta en el campo del análisis de la imagen.

Резюме

Туринский Саван прошел через века истории и его перемещения и события, связанные с ним, лишь частично упоминаются в документальных источниках. Народ сразу признал в нем изображение лика исторического Христа, но общественное мнение всегда разделяется на тех, кто верит и на скептиков. Начиная с 70-ых годов были произведены различные широкие исследования, направленные на открытие тайны истины. В наши дни Саван опять привлекает внимание ученых после его последней выставки. Настоящая работа стремится представить хронологию проведенных исследований вплоть до сегодняшнего дня и новое предложение в области анализа изображения.