



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

**Μελέτη της κατάστασης διατήρησης αρχαιολογικού
υφασμάτινου αντικειμένου από την ανασκαφή Khibert
Quazone στην Ιορδανία**

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΒΡΑΜΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: Σταυρούλα Ράπτη

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Σταμάτιος Μπογιατζής

Καρατζάνη Άννα

Ράπτη Σταυρούλα

ΑΙΓΑΛΕΩ 2022

Πίνακας Περιεχομένων

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
Ευχαριστίες	4
Περίληψη	6
Abstract	7
1. Εισαγωγή	8
1.1 Ο Χιτώνας – <i>Tunica</i>	10
1.2 Ιστορικά στοιχεία ανασκαφής <i>Quibert Quazone</i>	13
1.3 Περιγραφή αντικειμένου	16
1.3.1 Μακροσκοπική παρατήρηση – Κατάσταση διατήρησης	20
2. Μέθοδοι και Υλικά	21
2.1 Μακροσκοπική παρατήρηση	21
2.2 Μικροσκοπική παρατήρηση	22
2.2.1 Στερεοσκόπιο	22
2.2.2 Οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός	22
2.2.3 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης <i>S.E.M.</i>	23
2.3 Φασματοσκοπία Ενεργειακής διασποράς <i>EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)</i>	23
2.4 Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό <i>Fourier</i> Αποσβένουσας Ολικής Ανάκλασης (<i>ATR-FTIR</i>)	24
2.5 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (<i>RP-HPLC</i>)	25
3. Αποτελέσματα	29
3.1 Μακροσκοπική παρατήρηση	29
3.1.1 Τεχνολογία κατασκευής	29
3.1.2 Κατάσταση διατήρησης	30
3.2 Μικροσκοπική παρατήρηση (στερεοσκόπιο)	34
3.3 Μικροσκοπική παρατήρηση (οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός)	35
3.4 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης <i>S.E.M.</i>	36
3.5 Φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς <i>EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)</i>	40
3.6 Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό <i>Fourier</i> Αποσβένουσας Ολικής Ανάκλασης (<i>ATR-FTIR</i>)	44
3.7 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (<i>RP-HPLC</i>)	46
4. Συζήτηση	47
4.1 Μικροσκοπική παρατήρηση (στερεοσκόπιο)	47
4.2 Μικροσκοπική παρατήρηση (οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός)	47
4.3 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης <i>S.E.M.</i>	48
4.4 Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς <i>EDS (Energy dispersive X-ray spectroscopy)</i>	48
4.5 Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό <i>Fourier</i> Αποσβένουσας Ολικής Ανάκλασης (<i>ATR-FTIR</i>)	49
4.6 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (<i>RP-HPLC</i>)	49
5. Συμπεράσματα	51
6. Βιβλιογραφία	52
7. Πίνακας Εικόνων, Πινάκων, Γραφημάτων, Σχημάτων	55

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Νικόλαος Αβραμόπουλος του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 52015073 φοιτητής του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης της Σχολής Γραφικών Τεχνών και Πολιτισμού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

Ο Δηλών

07 Οκτωβρίου 2022

Νικόλαος Αβραμόπουλος

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Καρατζάνη Άννα

Σταμάτιος Μπογιατζής

Ράπη Σταυρούλα

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία κατατέθηκε ως πτυχιακή εργασία στο τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης (Σ.Α.Ε.Τ.), της σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ΠΑ.Δ.Α.). Με την περαίωση της ολοκληρώνεται η φοίτηση μου στην ως άνω σχολή και κατ' επέκταση η πραγματοποίηση ενός παιδικού ονείρου. Κάθε όνειρο όμως για να πραγματοποιηθεί εκτός από προσωπική προσπάθεια αποτελεί και συλλογική.

Έτσι με την ευκαιρία θέλω να εκφράσω τις θερμές, εγκάρδιες και όχι τυπικές ευχαριστίες μου αρχικά προς την επιβλέπουσα και υπεύθυνη για αυτή την πτυχιακή εργασία κα. Ράπτη Σταυρούλα ΕΔΙΠ του Τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α.. Με το ενδιαφέρον της, την αμέριστη βοήθεια της σε κάθε δυσκολία, την υπομονή της, την αμεσότητα στην επικοινωνία και την υποστήριξή της τόσο ηθικά όσο και ψυχολογικά καταφέραμε να φέρουμε αυτή την εργασία εις πέρας. Η βοήθεια της στην ολοκλήρωση τόσο της παρούσας πτυχιακής εργασίας όσο της πρακτικής μου άσκησης ήταν καθοριστική και υποδειγματική.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την κα. Καρατζάνη Άννα Επίκουρη Καθηγήτρια του τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α. για τη βοήθεια και το ενδιαφέρον της καθόλη τη διάρκεια της πορείας αυτής της εργασίας.

Ευχαριστίες προς τον κ. Μπογιατζή Σταμάτιο Καθηγητή του τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α. για τη διεξαγωγή των αναλύσεων που έγιναν με Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό Fourier (FTIR), στον κ. Καραμπότσο Αθανάσιο εκπρόσωπο ΕΤΕΠ του τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α. και υπεύθυνο του Εργαστηρίου του Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου (SEM) για τη διεξαγωγή των αναλύσεων στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM) καθώς και στην Τζιαμουράνη Ελένη, ΕΔΙΠ του Τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α., για τις αναλύσεις στο εργαστήριο Ενόργανης Χημικής Ανάλυσης του ΠΑ.Δ.Α. και ερμηνεία των αποτελεσμάτων της Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (RP-HPLC).

Παράλληλα θέλω να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου με τους οποίους μοιραστήκαμε τις ίδιες αγωνίες και τους ίδιους στόχους όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης

ευχαριστώ τους υπευθύνους και συναδέλφους μου στη Διεύθυνση Αρχαίων και Νεότερων Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού για τη βοήθεια και την κατανόησή τους.

Τέλος, θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστήσω προς τους γονείς και την οικογένεια μου για την ηθική και οικονομική υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Το **αρχαιολογικό ύφασμα** αποτελεί πάντα για τους αρχαιολόγους, μελετητές και συντηρητές υφάσματος ένα σπάνιο αντικείμενο το οποίο κάθε φορά αποτελεί ένα μοναδικό υλικό προς μελέτη.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η καταγραφή της τεχνολογίας κατασκευής και της κατάστασης διατήρησης, ενός υφασμάτινου αντικειμένου που παραπέμπει σε **χιτώνα – tunica** του 1^{ου} – 3^{ου} μ.Χ. αιώνα, που βρέθηκε σε ταφικό σύνολο, μετά από ανασκαφή στην περιοχή **Khibert Quazone** στην Ιορδανία.

Το αντικείμενο το οποίο φέρει μεγάλες φθορές, μελετήθηκε με φυσικοχημικές μεθόδους όπως με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (**SEM**), με Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς (**EDS**), με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης αντίστροφης φάσης (**RP-HPLC**) και με υπέρυθρη φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier αποσβένουσας ολικής ανάκλασης (**ATR-FTIR**) με σκοπό την εξέταση και μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του.

Σκοπός όλων αυτών των μεθόδων ήταν μέσω των αποτελεσμάτων που συλλέχθηκαν να κατανοηθεί και να τεκμηριωθεί η τεχνολογία κατασκευής, η φύση και το είδος των ρύπων που έφερε και τέλος να εκτιμηθεί η κατάσταση διατήρησής του.

Τελικός στόχος είναι να δοθούν στον μελλοντικό ερευνητή – συντηρητή οι ανάλογες πληροφορίες, έτσι ώστε να επιλεγθεί ο κατάλληλος τρόπος συντήρησης και διατήρησης του και αν κριθεί αναγκαίο και έκθεσης.

Λέξεις κλειδιά: *αρχαιολογικό ύφασμα, ανασκαφή, χιτώνας, tunica, Ιορδανία, SEM, EDS, RP-HPLC, ATR-FTIR, συντήρηση.*

Abstract

For archaeologists, researchers and textile conservators, the archaeological textile is always a rare object that constitutes a unique material to be studied.

This thesis presents the analysis of technology and the assessment of the preservation state of an archaeological textile object, a **tunic** of the 1st- 3rd AD. century, found in a burial environment, after excavation in the **Khibert Quazone** area in Jordan.

The object was studied by physicochemical methods such as scanning electron microscopy (**SEM**), energy dispersive X-ray analysis (**EDS**), reversed-phase high-performance liquid chromatography (**RP-HPLC**) and attenuated total reflection-Fourier transform infrared spectroscopy (**ATR-FTIR**) in order to analyse and study its physicochemical properties.

The aim of the thesis was to understand and document the construction technology and the type of deposits of the archaeological object, as well as to assess its state of preservation.

Finally, the final goal, through the obtained results, was to provide the relevant information in order to select the appropriate conservation treatment and/or method of display.

Keywords: archaeological textile, excavation, tunic, tunica, Jordan, SEM, EDS, RP-HPLC, ATR-FTIR, conservation.

1. Εισαγωγή

Στο διάβα των αιώνων το ύφασμα είναι συνδεδεμένο με την ανθρώπινη ύπαρξη. Εκτός από τα βιολογικά και εμπορικά πλαίσια απέκτησε συμβολική, συναισθηματική, ψυχολογική ακόμα και υπερβατική αξία. Η ενδυμασία και τα υφάσματα που τη διαμόρφωναν προσέδιδαν μια ταυτότητα στην ύπαρξη του ανθρώπου, οι αρχές της οποίας έμειναν αναλλοίωτες μέχρι και σήμερα. Έτσι όταν παρατηρείται η ενδυμασία ενός ανθρώπου μπορούν να κατανοηθούν στοιχεία του χαρακτήρα του. Μπορεί να δηλωθεί η κοινωνική του τάξη, το φύλο του, η ηλικία του, η εθνικότητα του, η οικογενειακή του κατάσταση, το επάγγελμα του, η θρησκεία του, ακόμα και η ιδεολογία του. Επίσης μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο σεξουαλικής προσέγγισης και προσέλκυσης. Η ενδυμασία με λίγα λόγια αποτελεί μια σιωπηλή γλώσσα. Αυτός ο κώδικας επικοινωνίας είναι ένα είδος τέχνης. Όπως όλες οι γλώσσες επικοινωνίας έτσι και η ενδυμασία έχει τη σταθερά της κοινής αντίληψης και διατύπωσης. Η μόδα, δηλαδή το κοινό ενδυματολογικό ύφος, που εξυπηρέτησε το έμφυτο χαρακτηριστικό του ανθρώπου που είναι ο μιμητισμός, αποτέλεσε το αλφάβητο αυτής της γλώσσας. Οι καλλιτεχνικές απεικονίσεις ντυμένων ανθρώπων που διασώζονται είναι ένας πρώτος τρόπος τεκμηρίωσης και καταγραφής των ενδυματολογικών εναλλαγών στο πέρασμα του χρόνου. Μέσω αυτής της παρατήρησης τα είδη των ενδυμάτων στη διάρκεια των αιώνων, ξεκινώντας την εξελικτική τους πορεία από την αρχαιότητα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες: α) Τα πτυχωτά ενδύματα δηλαδή τα υφάσματα που τυλίγονται γύρω από το σώμα. Χαρακτηριστικό είδος αυτής της κατηγορίας είναι ο αρχαίος ελληνικός χιτώνας. β) Το ραμμένο ένδυμα που δημιουργείται από διάφορα υφάσματα που κόβονται και ράβονται σε διάφορα σχήματα δημιουργώντας για παράδειγμα χιτώνες με μανίκια. γ) Τα περαστά ενδύματα δηλαδή τα ενδύματα που έχουν ένα άνοιγμα στη μέση κατάλληλο για να περνά το κεφάλι, όπως τα μεσαιωνικά πανωφόρια. Τέλος, δ) Το εφαρμοστό ένδυμα που αγκαλιάζει το σώμα, όπως το παντελόνι (Γεωργιτισογιάννη, 2007).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η καταγραφή της τεχνολογίας κατασκευής και της κατάστασης διατήρησης ενός υφασμάτινου αντικειμένου του 1^{ου} – 3^{ου} αιώνα μ.Χ., το οποίο βρέθηκε μετά από ανασκαφή σε ένα νεκροταφείο στον

ανασκαφικό χώρο Khibert Quazone στην Ιορδανία. Αυτό θα επιτευχθεί με την εξέταση και μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του υλικού με φυσικοχημικές μεθόδους ανάλυσης.

Η εργασία χωρίζεται σε 5 κεφάλαια. Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα στοιχεία τεχνολογίας κατασκευής ανάλογων υφασμάτων με το εξεταζόμενο, παρατίθενται ιστορικά στοιχεία της περιοχής που βρέθηκε το αρχαιολογικό υφασμάτινο αντικείμενο, καθώς επίσης γίνεται και η περιγραφή του αντικειμένου που διαχειρίζεται η παρούσα εργασία. Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για να εφαρμοστούν οι φυσικοχημικές μέθοδοι ανάλυσης που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν για την εξέτασή του. Στο 3^ο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα των αναλύσεων των φυσικοχημικών μεθόδων. Στο 4^ο κεφάλαιο γίνεται συζήτηση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από τις φυσικοχημικές αναλύσεις. Τέλος στο 5^ο κεφάλαιο με αφορμή τα αποτελέσματα των αναλύσεων, σε συνδυασμό με τα δεδομένα της διατήρησης ή διάβρωσης των οργανικών υλικών και πιο συγκεκριμένα των υφασμάτων αντικειμένων, που βρίσκονται σε περιβάλλον ταφής, γίνεται η προσπάθεια να απαντηθούν στον αναγνώστη οι τυχόν προβληματισμοί που του δημιουργήθηκαν.

1.1 Ο Χιτώνας - *Tunica*

Με αφετηρία την Αίγυπτο περίπου στις αρχές της 2^{ης} χιλιετηρίδας π.Χ, ο χιτώνας αποτέλεσε για πολλούς αιώνες ένα από τα πιο διαδεδομένα ενδύματα σχεδόν όλων των λαών που περιέβαλλαν τη λεκάνη της Μεσογείου. Αιγύπτιοι, Μεσοποτάμιοι, Έλληνες, Ρωμαίοι, Άραβες ντύθηκαν με διάφορες παραλλαγές του χιτώνα δίνοντας του ταυτόχρονα και ανάλογα ονομασίες (Cosgrave, 2000).

Υπάρχει ένα πλήθος αναφορών που διασώζονται, τόσο σε γραπτές πηγές όσο και σε εικονογραφημένα αντικείμενα που αναφέρουν την ύπαρξη του χιτώνα με διαφορετικές ονομασίες ανάλογα με τη γλώσσα του κάθε λαού. Στο βιβλίο της Γενέσεως (Γεν. 3,21) στην Παλαιά Διαθήκη, ο ίδιος ο Θεός μετά την πτώση των πρωτοπλάστων και την έξοδο τους από τον Παράδεισο έδωσε στους ανθρώπους, δερμάτινους χιτώνες για να προφυλαχθούν από τα στοιχεία της φύσης. Στη λατινική απόδοση του κειμένου οι χιτώνες ονομάζονται “*tunicas*”. Ο Ισίδωρος Σεβίλλης στο έργο του *Etymologie* ή *Origines* δίνει μια ετυμολογική εξήγηση στην λέξη *tunica* λέγοντας πως διαμορφώθηκε από τον δυνατό ήχο (τόνο) από την κίνηση των δερμάτινων χιτώνων που έδωσε ο Θεός στον Αδάμ και την Εύα (Isidore of Seville, 1911).

Σε αιγυπτιακό ιερογλυφικό¹ έχει αποκρυπτογραφηθεί σύμβολο το οποίο έχει την έννοια ενός άνδρα που φορά ένα ένδυμα παρόμοιο του χιτώνα. Από τους πρώτους αρχαίους αιγυπτιακούς όρους που παραπέμπουν σε κοντό χιτώνα χωρίς μανίκια που κάλυπτε το πάνω μέρος του σώματος είναι η λέξη *Bnd* 𓆎𓆏𓆑 *Bdn* (Tamer, 2013). Επίσης η λέξη *sdit* χρησιμοποιήθηκε την ίδια εποχή για να περιγράψει ένα ένδυμα που έμοιαζε με πουκάμισο και φοριόταν χαλαρά πάνω από ένα άλλο ρούχο (Tamer, 2013).

Στην ελληνική γραμματεία εκτός από τη λέξη *χιτώνας*, καταγράφονται και άλλες ονομασίες ενδυμάτων όπως πέπλος, δερματική, καμίσιον, κολόβιον, λεβίτων,

¹ Η ιερογλυφική γραφή προέκυψε από γραπτά σύμβολα κατά την πρώιμη εποχή του Χαλκού γύρω στον 32^ο αιώνα π.Χ.. Η πρώτη αποκρυπτογραφημένη φράση χρονολογείται κατά την περίοδο της Δεύτερης Δυναστείας τον 28^ο αιώνα π.Χ. (Budge, 1920).

στιχάριον που έχουν σχεδιαστικές και κατασκευαστικές ομοιότητες με το χιτώνα (Cromwell, 2020).

Εκτός από τη λέξη *tunica* που αναφέρθηκε ανωτέρω, στη λατινική γραμματεία ενδύματα που μοιάζουν του χιτώνα εμφανίζονται με ονομασίες όπως *subucula*, *indusium* ή *intusium*, *interula*, *sapparus* ή *sapparum*, *nubus*, *camisia* (Smith, 1875).

Η αραβικές έννοιες *thawb* ή *thobe*, *qamis*, καθώς και η περσική *kaftan* ή *caftan* είναι ονομασίες ενδυμάτων της ίδιας σχεδιαστικής οικογένειας με το χιτώνα που μέχρι και σήμερα αποτελούν ενδυματολογικές επιλογές των ανθρώπων που κατοικούν σε χώρες της βορείου Αφρικής και της Μέσης Ανατολής (Khan, 2014).

Στο πέρασμα των αιώνων η μορφή του χιτώνα διαφοροποιήθηκε ανάλογα με τις ανάγκες και τη μόδα της κάθε εποχής. Παρόλα αυτά, η κεντρική αρχή τεχνολογίας κατασκευής του παρέμεινε ίδια και αποτελείτο από ένα ύφασμα ορθογώνιου σχήματος ραμμένο μεταξύ του. Το συνολικό μήκος (μακρύ, κοντό)², τα μανίκια καθώς και η διακόσμηση ήταν τα στοιχεία που διαφοροποιούνταν ανά τους αιώνες. Αρχικά οι χιτώνες ήταν αμάνικοι. Στη συνέχεια προστέθηκαν μανίκια σε διάφορα μήκη (μακριά, κοντά)³ και σχήματα (στενά, φαρδιά). Παράλληλα τα υφάσματα άρχισαν να διακοσμούνται με διάφορα μοτίβα τα οποία είχαν υφανθεί με διαφορετικού χρώματος νήματα (Cromwell, 2020).

Κατά τη ρωμαϊκή περίοδο ένας πολύ διαδεδομένος τρόπος διακόσμησης των χιτώνων ήταν οι κάθετες χρωματιστές ρίγες – λωρίδες που περιγράφονται στη λατινική γραμματεία με τον όρο *clavi*. Ο αριθμός, το πάχος καθώς και το χρώμα των λωρίδων αποτελεί ένα επιπλέον στοιχείο που μπορεί να δώσει πληροφορίες όπως το φύλο και την κοινωνική θέση του ανθρώπου που φόραγε τον κάθε χιτώνα⁴ (Jørgensen, 2011). Άλλο ένα σχεδιαστικό χαρακτηριστικό των χιτώνων ήταν η παρουσία ραμμένων τσακίσεων – πιετών στο ύφασμα που δημιουργούνταν άλλοτε για αισθητικούς και άλλοτε για πρακτικούς λόγους αντοχής του υφάσματος (Wild, 1994).

² Στην αρχαία Ελλάδα ο μακρύς χιτώνας μέχρι το δάπεδο ονομαζόταν ποδήρης και ο κοντός χιτωνίσκος (Χατζηασλάνη, 1989).

³ Στην αρχαία Ελλάδα ο χιτώνας με μακριά μανίκια ονομάζονταν χειριδωτός και με κοντά μανίκια αχειριδωτός (Χατζηασλάνη, 1989).

⁴ Κατά τον Ρωμαίο Ιστορικό Βαλέριο Μάξιμο ένα ένδυμα υποδήλωνε την θέση και το αξίωμα ενός άνδρα (Val. Max., V.1,11).

Η ενδυμασία ακολουθούσε έναν άνθρωπο τόσο καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του όσο και μετά το θάνατο του. Πλήθος γραπτών αναφορών έχουν διασωθεί σχετικά με τα ταφικά έθιμα του αρχαίου κόσμου στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Ταυτόχρονα, τα ευρήματα από τις αρχαιολογικές ανασκαφές σε ταφικά σύνολα παρέχουν αδιάσειστα πειστήρια που πιστοποιούν τις γραπτές αναφορές. Οι νεκροί στην αρχαιότητα θάβονταν με όλες τις τιμές που τους άρμοζαν, ανάλογα με την κοινωνική τους θέση. Η πιο λαμπρή ενδυμασία επιλεγόταν για να ντύσει το νεκρό σώμα του εκλιπόντος σε συνδυασμό με διάφορα κοσμήματα και κτερίσματα που τον συνόδευαν στο μεταθανάτιο του ταξίδι (Retief & Cilliers, 2010).

1.2 Ιστορικά στοιχεία ανασκαφής Quibert Quazone

Οι ιστορικοί Διόδωρος ο Σικελιώτης, Στράβων⁵ και Ιώσηπος Φλάβιος αναφέρουν πως στην ευρύτερη περιοχή μεταξύ του κόλπου της Άκαμπα στην Ερυθρά Θάλασσα μέχρι και τη Νεκρά Θάλασσα, κατοικούσε ο αρχαίος αραβικός λαός που ονομαζόνταν Ναβαταίοι. Η πλούσια σε φυσικούς πόρους (πίσσα, αλάτι, θείο, βάλαμο) περιοχή βοήθησε στην άνθιση του εμπορίου και τη γενικότερη ανάπτυξη, κυρίως κατά την Ελληνιστική και Ρωμαϊκή περίοδο. Κέντρο των Ναβαταίων αποτελούσε η γνωστή λαξευμένη σε κόκκινο λίθο πόλη της Πέτρας (Politis, 2019).

Το αξιοσημείωτο γεγονός της δημιουργίας τόσο ξεχωριστών αρχιτεκτονημάτων στη μέση μιας ερήμου αποτέλεσε πόλο έλξης για αρκετούς ιστορικούς και αρχαιολόγους, οι οποίοι εκτός από την περιοχή της Πέτρας έκαναν εκτεταμένες αρχαιολογικές ανασκαφές στην ευρύτερη περιοχή. Μια από αυτές είναι και η περιοχή γνωστή με το όνομα *Khirbet Qazone* κοντά στο χωριό *Gawr al-Mazraah* στο νοτιοανατολικό άκρο της Νεκράς Θάλασσας στην Ιορδανία, όπου εκτεινόταν ένα νεκροταφείο αποτελούμενο από πάνω 3500 συλημένους τάφους. Εκεί κατά τα έτη 1996–1997 πραγματοποιήθηκε σωστική ανασκαφή, λόγω των έργων για τη διαπλάτυνση της υπάρχουσας οδικής αρτηρίας, από ομάδα ερευνητών από το Τμήμα Αρχαιοτήτων της Ιορδανίας και του Βρετανικού Μουσείου. Αποκαλύφθηκαν συνολικά 23 τάφοι ανδρών, γυναικών και παιδιών (Politis, 2007). Οι νεκροί ήταν τοποθετημένοι ανάσκελα και η κεφαλή τους είχε κατεύθυνση προς το νότιο άκρο του τάφου. Οι τάφοι είχαν λαξευτεί σε βάθος μεγαλύτερο από 1,5m στο μαλακό ιζηματογενή ασβεστολιθικό σχηματισμό *lisan*, ο οποίος επικρατεί γεωλογικά στην ευρύτερη περιοχή. Οι τάφοι ήταν σφραγισμένοι από πλίνθινες πλάκες έχοντας τη μορφή ενός αρκοσόλιου⁶. Το ξηρό κλίμα της περιοχής σε συνδυασμό με τα εξαιρετικά υψηλά

5 “διὰ δὲ τῶν παρακειμένων Ἀραβίων ἔθνῶν Ναβαταίων τε καὶ Χαυλοταίων καὶ Ἀγραίων” Στράβων, Γεωγραφικά, ις’, 4, 2 (Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B1%CE%B2%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CE%B9>, Ημερομηνία ανάκτησης 29-10-2021).

⁶ Όρος που προέρχεται από τις λατινικές λέξεις *arcus* (= αψίδα) και *solium* (= θρόνος βασιλικός, κρεβάτι και αργότερα σαρκοφάγος). Είναι υπόγειος ιδιωτικός τάφος των πρώτων χριστιανικών χρόνων, που η προέλευσή του ξεκινά από τα μνημεία της κλασικής αρχαιότητας. Ο τάφος ήταν λαξευμένος στα τοιχώματα της κατακόμβης σε σχήμα λάρνακας. Εκεί έθαβαν τον νεκρό. Πάνω από τη λάρνακα υπήρχε τόξο, συνήθως διακοσμημένο. Ο τάφος αυτοί είχαν πολλές φορές, σε βάθος, δύο ή

ποσοστά αλατιού της Νεκράς Θάλασσας, που γειτνιάζει με την περιοχή που βρίσκεται το νεκροταφείο, καθώς επίσης και η αεροστεγής σφράγιση των τάφων, βοήθησε στην καλή διατήρηση των νεκρών και των αντικειμένων που τους περιέβαλαν, με αποτέλεσμα να διατηρηθούν μαλλιά και δέρμα. Επίσης βρέθηκαν και άλλα οργανικά υλικά που είχαν τη χρήση σάβανων, όπως υφάσματα και δέρματα. Ορισμένα από τα δέρματα ήταν διακοσμημένα με κόκκινη χρωστική, τα δε υφάσματα παρέπεμπαν κυρίως σε χιτώνες ελληνορωμαϊκού στιλ (Politis, 2007).

Οι τάφοι, αν και συλημένοι από τους ντόπιους τυμβωρύχους, μετά τη νόμιμη ανασκαφή αποκάλυψαν μικρό αριθμό αξιοσημείωτων κτερισμάτων. Σιδερένια και χρυσά βραχιόλια, χρυσά, ασημένια και χάλκινα σκουλαρίκια, χάλκινα και ασημένια τόρκ – *torc* ή *torq*⁷ χάντρες, καθώς και ένας φθαρμένος σκαραβαίος αποτελούν τα κοσμήματα που βρέθηκαν στην ανασκαφή (Politis, 2007).

Στον τάφο ενός ενήλικα άνδρα βρέθηκε ένα ξύλινο ραβδί, ένα ζευγάρι σανδάλια και ένα δάφνινο στεφάνι. Επίσης βρέθηκαν κεραμικά όστρακα, γυάλινα θραύσματα και έργα μεταλλοτεχνίας. Το σύνολο των ευρημάτων παραπέμπουν στην ύστερη ρωμαϊκή περίοδο (1ος – 3ος αιώνας μ.Χ.). Επιπροσθέτως σε αυτό το συμπέρασμα συνηγορεί και το γεγονός πως στην επιφάνεια του νεκροταφείου βρέθηκαν διάσπαρτα σπασμένα ζωγραφισμένα κεραμικά ημισφαιρικά δοχεία (μπολ), πιάτα και ποτήρια της εποχής των Ναβαταίων, γεγονός που μπορεί να ερμηνευτεί ως απομεινάρια ταφικών γευμάτων, που αποτελούσε μια κοινή θρησκευτική πρακτική (έθιμο) των Ναβαταίων που άκμασαν την εποχή αυτή στην περιοχή. Άλλο στοιχείο της παρουσίας των Ναβαταίων στην περιοχή ήταν επίσης, η ανακάλυψη τεσσάρων στύλων⁸ (*betyls*), σε μια εκ των οποίων ήταν χαραγμένη στα ελληνικά σε γραφή της ελληνιστικής περιόδου⁹ η επιγραφή “ΑΥCΕΝΗ Η ΚΑΛΗ” (Politis, 2007).

περισσότερες λάρνακες. Ο τύπος του τάφου αυτού ήταν συνηθισμένος στα υπόγεια νεκροταφεία της Ελλάδας.

(Πηγή: https://greek_greek.en-academic.com/24275/%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF%CF%83%CF%8C%CE%BB%CE%B9%CE%BF, Ημερομηνία ανάκτησης 03-11-2021).

⁷ Το τork είναι είδος μεταλλικού κοσμήματος, το οποίο φοριέται γύρω από το λαιμό. Κατασκευάζονται από ένα κομμάτι μετάλλου ή από ελάσματα συνεστραμμένα μεταξύ τους (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Torc>, Ημερομηνία ανάκτησης 03-11-2021).

⁸ Οι στήλες αυτές αποδίδονται στη λατρεία του θεού *Dushara*, θεού που λάτρευαν οι Ναβαταίοι εκείνη την εποχή. Είναι ανεικονικές έχουν όμως χαράγματα με τα σύμβολα των θεοτήτων. Παρόμοιες στήλες βρέθηκαν λαξευμένες σε λίθους στην Πέτρα (Wenning, 2007).

⁹ Η χρήση της ελληνικής γλώσσας κατά τη διάρκεια των 1ου-3ου αι. μ.Χ. στην περιοχή που κατοικούσαν οι Ναβαταίοι δεν ήταν ασυνήθιστη, καθώς αποτελούσε την κοινή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ των λαών που απάρτιζαν την ανατολική ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Ένα επιπλέον στοιχείο που

Τα πλέον αξιοσημείωτα ευρήματα, όπως σημειώνει και ο αποκλειστικός πληροφοριοδότης μας για αυτή την ανασκαφή κ. Κωνσταντίνος Δ Πολίτης, ήταν τα τουλάχιστον πενήντα επτά ασυνήθιστα καλά διατηρημένα υφάσματα, πολλά από τα οποία βρέθηκαν σχεδόν ολόκληρα. Τα περισσότερα ήταν αμάνικοι ρωμαϊκοί χιτώνες με μια μοβ λωρίδα (*clavi*) ή ορθογώνιοι ελληνικού τύπου μανδύες διακοσμημένοι με τέσσερα, συμμετρικά τοποθετημένα, χρωματιστά μοτίβα συνήθως σε σχήμα γάμμα¹⁰.

συνηγορεί στην άποψη αυτή είναι οι δυο πάπυροι που βρέθηκαν στην περιοχή του νεκροταφείου. Οι πάπυροι αυτοί, που είναι προϊόντα τυμβωρυχίας και είναι τώρα στην κατοχή ιδιωτών της περιοχής, έχουν περιεχόμενο συμβολαίων κατοχής γης και χρονολογούνται στους πρώτους αιώνες μ.Χ καθώς τόσο το όνομα του ιδιοκτήτη που τα υπογράφει είναι ναβαταιϊκό όσο και όλο το κείμενο είναι γραμμένο στα ελληνικά (Politis, 2007).

¹⁰ Παρόμοια καλά διατηρημένα υφάσματα έχουν βρεθεί στο Σπήλαιο των Επιστολών (*Cave of Letters*) στην έρημο της Ιουδαίας στο Ισραήλ και στην αρχαία πόλη Δούρα Ευρωπός κοντά στον ποταμό Ευφράτη στην νοτιοανατολική Συρία (Politis, 2007).

1.3 Περιγραφή αντικειμένου

Στους χώρους του εργαστηρίου Συντήρησης Υφάσματος, του Τμήματος Συντήρησης Έργων Τέχνης και Αρχαιοτήτων, της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής ήταν αποθηκευμένο, για αρκετά χρόνια, κουτί κατασκευασμένο από αντιόξινο χαρτόνι, διαστάσεων (100x60cm), στην πλάγια όψη του οποίου υπήρχε ετικέτα με τα στοιχεία ταυτότητας και ιδιοκτησίας του υφασμάτινου αντικειμένου που βρισκόταν στο εσωτερικό του (**Ετικέτα:** Owner: Dino Politis, Lab no.: 7466, Owner number/context: KQ Tex 52, Jordan, Date: 1st – 3rd Century AD, Packed: 26th June 2002).



Εικόνα 1 Φωτογραφίες από το εσωτερικό του αντιόξινου κουτιού αποθήκευσης του χιτώνα (© Αβραμόπουλος, 2021).

Όπως αναφέρεται και στην ετικέτα σε συνδυασμό με τις αναφορές του ανασκαφέα κ. Κωνσταντίνου Πολίτη, το υφασμάτινο αντικείμενο αποτελεί εύρημα από τάφο, της ανασκαφής που έλαβε χώρα στην περιοχή του *Khirbet Qazone* στην Ιορδανία και χρονολογείται μεταξύ του 1^{ου} και 3^{ου} αιώνα μ.Χ.. Κατά την περίοδο αυτή όπως αναφέρθηκε αναλυτικά και στο κεφάλαιο 1.3 η περιοχή κατοικούνταν από Ναβαταίους οι οποίοι είχαν σαφείς ελληνορωμαϊκές επιρροές.

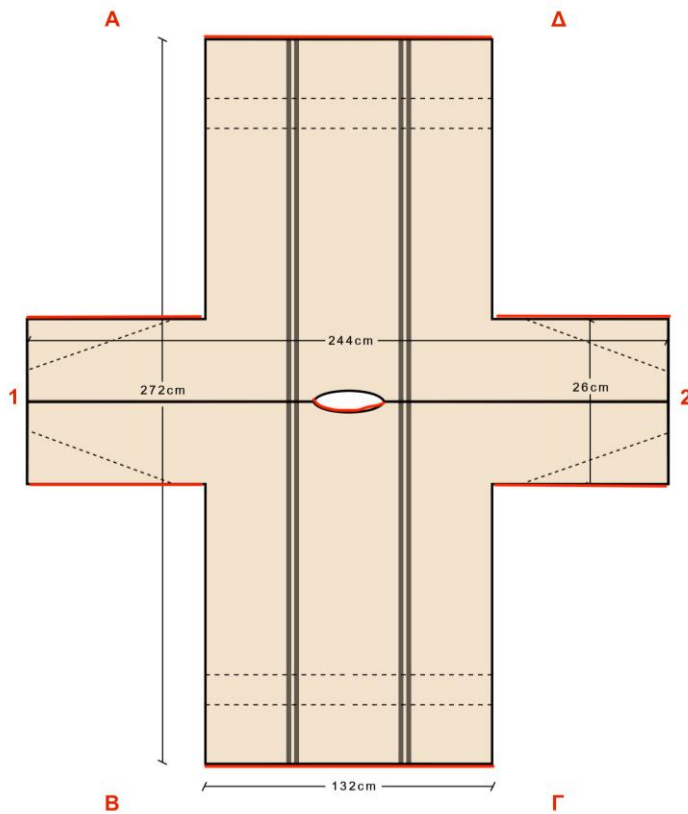
Την 17^η Μαΐου 2021, παρουσία της επιβλέπουσας καθηγήτριας της παρούσας πτυχιακής εργασίας κας Σ. Ράπτη, ανοίχτηκε το κουτί με σκοπό την τεκμηρίωσή του και την καταγραφή της κατάστασης διατήρησής του. Το αντικείμενο ήταν αποθηκευμένο μέσα σε επάλληλα φύλλα αντιόξινων χαρτιών. Κατά τη διαδικασία της ανάσυσρής του από το κουτί διαπιστώθηκε πως στο πάνω μέρος ήταν τοποθετημένα

σπαράγματα (μικρά και μεγάλα) και στο κάτω ήταν διπλωμένο το κύριο σώμα του αντικειμένου.

Μετά το άνοιγμα του κυρίως σώματος του αντικειμένου, πάνω σε έναν ειδικά διαμορφωμένο πάγκο στο εργαστήριο συντήρησης υφάσματος, παρατηρήθηκε πως το ύφασμα είχε εκτεταμένες φθορές σε βαθμό που καθιστούσαν δύσκολη τη μεταχείρισή του και ταυτόχρονα την κατανόηση και περιγραφή του σχήματός του. Λόγω αυτού του γεγονότος επιλέχθηκε να παρουσιαστεί αρχικά ένα σχεδιάγραμμα του αρχικού σχεδίου (πατρόν), έτσι ώστε στη συνέχεια να γίνει κατανοητή η περιγραφή της ταυτότητας και της έκτασης των φθορών του ενδύματος.

Όπως παρουσιάζεται και στην **Εικόνα 2**, το αρχικό σχέδιο κατασκευής του αντικείμενου αποτελούταν από ένα ενιαίο ύφασμα σχήματος σταυρού. Το ύφασμα διπλώθηκε στη μέση (μεταξύ των σημείων 1,2 του σχεδιαγράμματος) και ράφτηκαν μεταξύ τους οι πλευρές Α-Β και Γ-Δ δημιουργώντας ένα ένδυμα σχήματος σάκου με μανίκια, στην κορυφή του οποίου υπήρχε άνοιγμα με σκοπό το πέρασμα της κεφαλής. Αριστερά και δεξιά, οριζόντια του ανοίγματος της κεφαλής υπήρχε διπλή διακοσμητική διαγράμμιση σκούρου κόκκινου χρώματος από αντίστοιχου χρώματος βαμμένα νήματα.

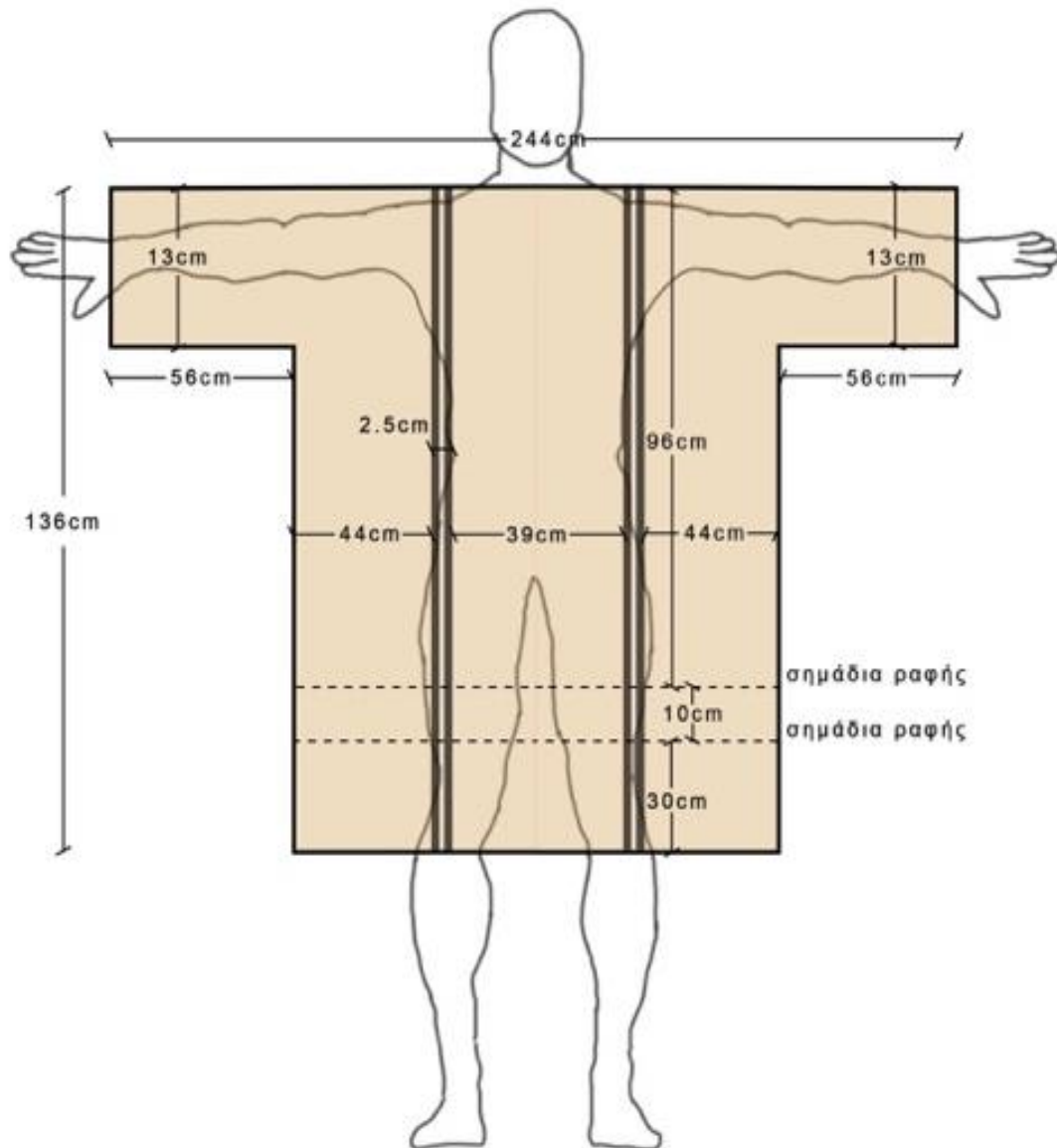
Στο ένδυμα που έχει υφανθεί κατά πάσα πιθανότητα σε αργαλειό σώζονται σημεία από την ούγια του. Η ούγια του, που παρουσιάζεται στην **Εικόνα 2** με γραμμές κόκκινου χρώματος, ήταν στις πλευρές Α-Δ και Β-Γ στο σημείο του ανοίγματος της κεφαλής στο κέντρο της πλευράς 1-2, καθώς και στα σημεία των μανικιών και στις δυο πλευρές από το σημείο της μασχάλης μέχρι το τέλος του μανικιού με παράλληλη φορά προς την ευθεία 1-2.



Εικόνα 2 Σχεδιαστική αναπαράσταση του ενιαίου υφάσματος του χιτώνα (© Αβραμόπουλος, 2021).

Στο σημείο των γονάτων περιμετρικά του ενδύματος είχε δημιουργηθεί ραμμένη τσάκιση (πιέτα). Οι ανωτέρω σχεδιαστικές πληροφορίες παραπέμπουν σε ένα ρωμαϊκού τύπου χιτώνα (*tunica*) με μανίκια, λαμβάνοντας υπόψη τη μορφή των ενδυμάτων όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 1.1.

Η κατάσταση του υπάρχοντος χιτώνα απέχει πολύ από το αρχικό σχήμα που παρουσιάζεται στην **Εικόνα 2**. Η σχεδόν ολοκληρωτική καταστραφή του κεντρικού μέρους της μιας πλευράς και της περιοχής των ώμων και η διατήρηση μερικών ραφών στα σημεία της μέσης, έχει αλλάξει άρδην τη γεωμετρία του αρχικού σχήματος του υφάσματος από κάθετη σε οριζόντια. Έτσι λόγω της κακής κατάστασης διατήρησης οι διαστάσεις δεν μπορούν να καταγραφούν με ακρίβεια, με αποτέλεσμα να είναι ενδεικτικές. Το μέγιστο μήκος είναι 272cm και το πλάτος είναι 244cm. Το χρώμα του δεν είναι ομοιόμορφο και περιγράφεται μεταξύ αποχρώσεων του καφέ, κόκκινου και μπεζ. Οι σκούρες κόκκινες διακοσμητικές γραμμές, πλάτους 2,5cm, διατηρούνται σε μεγάλο βαθμό και βοηθούν στην κατανόηση του αρχικού σχήματος του χιτώνα καθώς λειτουργούν ως οδοδείκτες (**Εικόνα 3**).



Εικόνα 3 Σχέδιο που παρουσιάζει τις διαστάσεις του χιτώνα (© Αβραμόπουλος, 2021).

1.3.1 Μακροσκοπική παρατήρηση – Κατάσταση διατήρησης



Εικόνα 4 Υπολείμματα ινιδίων από το χιτώνα όταν ανασηκώθηκε για να φωτογραφηθεί κάποια πλευρά (© Αβραμόπουλος, 2021).

Η κατάσταση διατήρησης όπως προαναφέρθηκε μετά την αρχική μακροσκοπική παρατήρηση χαρακτηρίστηκε ως κακή. Η βασική παθολογία του αντικειμένου βλέποντας το για πρώτη φορά είναι πως χαρακτηρίζεται από εξαιρετική ευθρυπτότητα. Μια μικρή απόδειξη αυτού του γεγονότος είναι η **Εικόνα 4**, όπου παρουσιάζει τα υπολείμματα θραυσμένων ινών οι περισσότερες εξ αυτών κονιορτοποιούνταν σε σημείο να

γίνονται σκόνη. Αυτό το γεγονός όμως δεν μπορεί να χαρακτηρίσει το σύνολο του αντικειμένου καθώς υπάρχουν σημεία σε αρκετά καλή κατάσταση.

Η δεύτερη μεγάλη παραδοχή που δημιουργείται στον μελετητή σε μια πρώτη επαφή είναι οι μεγάλης έκτασης απώλειες και οπές. Αυτό δημιουργεί δυσκολία στην κατανόηση του μεγέθους του σχήματός του. Γι' αυτό το λόγο κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία σχεδιαστικών αναπτυγμάτων των δυο εξωτερικών πλευρών του αντικειμένου που παρουσιάζουν κατά προσέγγιση το αρχικό σχήμα του, τα οποία δημιουργήθηκαν βασισμένα στα υπάρχοντα σωζόμενα τμήματα του.


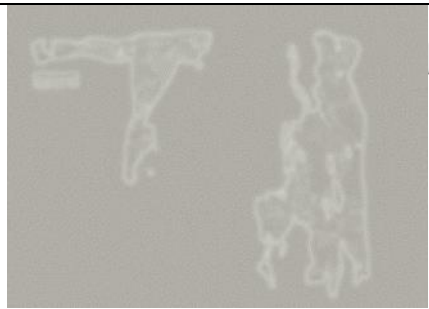
2. Μέθοδοι και Υλικά

Βασική εργασία για τη μελέτη της τεχνολογίας κατασκευής και της κατάστασης διατήρησης του αντικειμένου είναι η εξέταση του με φυσικοχημικές αναλύσεις. Μέσω των αναλύσεων αυτών μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με τη χρονική περίοδο που κατασκευάστηκε, το είδος των ιών, το είδος της ύφανσης, ο αριθμός των κλώνων και η στρέψη. Επίσης μπορούν να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με τη χημική σύσταση των ιών, των βαφών που έχουν χρησιμοποιηθεί, των λεκέδων που μπορεί να υπάρχουν και των προϊόντων από τα υλικά που έρχονταν σε επαφή με το ύφασμα. Όλες αυτές οι πληροφορίες είναι σημαντικές όχι μόνο για τους συντηρητές υφασμάτων αλλά και για τους αρχαιολόγους και τους ιστορικούς υφασμάτων.

2.1 Μακροσκοπική παρατήρηση

Το εξεταζόμενο αντικείμενο παρατηρήθηκε μακροσκοπικά σε όλη την έκταση του, προκειμένου να προσδιοριστούν τα είδη και η έκταση των φθορών και να γίνει μια γενικότερη εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης του. Για να επιτευχθεί η καλύτερη κατανόηση της ύφανσης και το μέτρημα των στημονιών και τον υφαδιών ανά 1cm² σε ορισμένα σημεία χρησιμοποιήθηκαν μεγεθυντικός φακός και κλωστόμετρο.

Έγινε δειγματοληψία από 13 σημεία (**Εικόνα 5**). Κάθε δείγμα πήρε τον αντίστοιχο αριθμό για να εξεταστεί με την ανάλογη φυσικοχημική μέθοδο, που θα αναλυθεί παρακάτω. Τα δείγματα συλλέχθηκαν με τη βοήθεια αποστειρωμένου ψαλιδιού και λαβίδας και τοποθετήθηκαν τα μεν 1 και 2 σε μεταλλικούς δειγματοφορείς (stubs) και συγκρατήθηκαν με αυτοκόλλητη αγώγιμη ταινία διπλής όψεως, τα δε υπόλοιπα σε μικρά πλαστικά κωνικά δοχεία δειγματοληψίας με πόμα (erpendorf).

Σημεία δειγματοληψίας για φυσικοχημικές αναλύσεις	
 α	 β
(Εξωτερική Α' πλευρά)	(Εξωτερική Β' πλευρά)

Εικόνα 5α,β Φωτογραφία που παρουσιάζει τα σημεία δειγματοληψίας για τις φυσικοχημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν (© Αβραμόπουλος, 2021).

2.2 Μικροσκοπική παρατήρηση

2.2.1 Στερεοσκόπιο

Το εξεταζόμενο αντικείμενο, παρατηρήθηκε σε όλη την έκταση του σε στερεοσκόπιο Konus, μοντέλο Crystal98 #5428, σε μεγέθυνση 14x4, προκειμένου να μελετηθεί περαιτέρω η τεχνολογία κατασκευής του (στρέψη των νημάτων, σχέδιο της ούγιας), η έκταση των επικαθίσεων και η κατάσταση διατήρησης.

Το στερεοσκόπιο συνήθως αποτελεί το πρώτο βήμα μιας αναλυτικής έρευνας που σκοπό έχει τη διερεύνηση του τρόπου κατασκευής και διακόσμησης των υφασμάτων. Παράλληλα είναι μια μέθοδος ανάλυσης – τεκμηρίωσης, που βοηθά τον ερευνητή να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με την ταυτοποίηση των ινών, του είδους της ύφανσης και στρέψης των ινών (Margariti, 2009).

Το κύριο πλεονεκτήματα του στερεοσκοπίου είναι πως αποτελεί μια μη καταστρεπτική μέθοδο καθώς δεν απαιτεί τη λήψη δείγματος από το προς εξέταση αντικείμενο. Όταν ειδικά το στερεοσκόπιο είναι εξοπλισμένο με αναδιπλωμένο βραχίονα μπορεί να μετακινηθεί πάνω από το αντικείμενο και να παρατηρηθεί σε όλο του το εύρος.

Τα υφάσματα αν και φαίνονται επίπεδα είναι τρισδιάστατα καθώς τα νήματα και οι ίνες βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το περιορισμένο βάθος πεδίου του στερεοσκοπίου ειδικά σε μεγάλες μεγεθύνσεις, μπορεί να αποτελέσει ένα πιθανό μειονέκτημα για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

2.2.2 Οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός

Από φθαρμένα σημεία στημονιών και υφαιδιών του εξεταζόμενου αντικειμένου αφαιρέθηκαν νήματα μήκους 2-3mm με σκοπό την παρατήρησή τους σε οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός ¹¹. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε

¹¹ Μια κοινή μέθοδος τεκμηρίωσης ενός υφάσματος είναι η μικροσκοπική παρατήρηση μέσω ενός οπτικού μικροσκοπίου. Η μικροσκοπική παρατήρηση αποτελεί μια ελάχιστη επεμβατική μέθοδο αφού προϋποθέτει την ελάχιστη συλλογή δείγματος ίνας ενός υφάσματος, η οποία τοποθετείται σε μια γυάλινη πλάκα (αντικειμενοφόρο) και αφού προστεθεί βάμμα (γλυκερίνη/νερό σε αναλογία 1/1), καλύπτεται με μία λεπτή γυάλινη πλάκα (καλυπτρίδα). Το παρασκεύασμα που δημιουργείται τοποθετείται στην τράπεζα του μικροσκοπίου και με τη βοήθεια τεχνητού φωτιστικού σώματος, εξετάζεται μέσω των προσοφθάλμιων και αντικειμενικών φακών που κυμαίνονται σε βαθμούς μεγέθυνσης 2.5x, 10x, 40x, 100x (Akkurt, 2004).

αντικειμενοφόρους πλάκες και διοχετεύτηκε στάγδην με χρήση πιπέτας Paster μια σταγόνα διαλύματος γλυκερίνης/νερού σε αναλογία 1/1 και στη συνέχεια αφού διανοίχθηκαν με εντομολογική καρφίτσα τοποθετήθηκαν καλυπτρίδες. Τα δείγματα παρατηρήθηκαν σε μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός Wang Biomedical και με αντικειμενικούς φακούς 10x και 40x και προσοφθάλμιους WF 10x-18mm.

2.2.3 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης S.E.M.

Όπως παρουσιάζονται και στην **Εικόνα 5a** από διάφορα σημεία του αντικειμένου συλλέχθηκαν ικανός αριθμός δειγμάτων από διάφορα σημεία φθορών με σκοπό την εξέταση τους σε Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM)¹². Ελήφθησαν δυο δείγματα (**No1 και No2, Εικόνα 5a**), 2x2mm τα οποία επιχρυσώθηκαν με παλλάδιο/χρυσό σε συσκευή High Resolution Sputter coater Polaron SC7640 προκειμένου να είναι πιο λεπτομερής και αποτελεσματική η παρατήρηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των ινών και της κατάστασης διατήρησης αυτών. Τα δείγματα αυτά εξετάστηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, τύπου JEOL JSM 6510 LV σε υψηλό κενό, στα 20kV, στο εργαστήριο S.E.M. του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης του ΠΑ.Δ.Α. Τα υπόλοιπα τέσσερα δείγματα νημάτων 2x2mm που ελήφθησαν αφορούσαν σημεία με λευκές (**δείγμα No3, Εικόνα 5a**) και κόκκινες επικαθίσεις (**δείγμα No5, Εικόνα 5a**), καθώς επίσης και προσροφημένου υλικού (**δείγμα No7, Εικόνα 5a**), επικαθίσεις χόματος (**δείγμα No8, Εικόνα 5a**) και το δείγμα **No12, (Εικόνα 5β)** από σημείο με κόκκινες ίνες. Τα δείγματα αυτά εξετάστηκαν χωρίς περαιτέρω επεξεργασία (επιγραφίτωση), στο προαναφερόμενο SEM σε χαμηλό κενό 20Pa, στα 20kV. Η παρατήρηση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διακυμάνθηκε μεταξύ 35x έως 5000x και έδωσε πληροφορίες σχετικά με την ταυτοποίηση των ινών, τις εναποθέσεις στην επιφάνειά τους και την κατάσταση διατήρησης των ινών.

2.3 Φασματοσκοπία Ενεργειακής διασποράς EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)

Εφόσον τα δείγματα **No3, No5, No7, No8 (Εικόνα 5a)** και **No12 (Εικόνα 5β)** που εξετάστηκαν στο S.E.M. δεν υποβλήθηκαν σε διαδικασία επιγραφίτωσης ώστε να

¹² Η Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (Scanning Electron Microscopy, SEM), είναι μια σύγχρονη φυσικοχημική μέθοδος τα αποτελέσματα της οποίας προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη μικροδομή ενός μεγάλου εύρους υλικών οργανικής ή ανόργανης προέλευσης. Η αρχή λειτουργίας του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης βασίζεται στη χρήση δέσμης ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα μεγέθυνσης από 10 έως 300.000 φορές (Azad & Avin, 2018).

γίνουν αγώγιμα, ήταν δυνατή, παράλληλα, η στοιχειακή ανάλυση με φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς (EDS) ακτινών Χ, ώστε να γίνει ποιοτικός προσδιορισμός και ημιποσοτική ανάλυση των ανόργανων στοιχείων που βρίσκονται στην επιφάνεια των ινών αλλά και προσροφημένα στα κυτταρικά τοιχώματά τους. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης είναι εφοδιασμένο με ανιχνευτή Pentafet 6587® (INCA analysis software, Oxford Instruments, UK).

2.4 Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό Fourier-Αποσβένουσας Ολικής Ανάκλασης (ATR-FTIR)

Η φασματοσκοπία ATR-FTIR είναι μια γρήγορη μέθοδος, μη καταστρεπτική, χωρίς να απαιτεί τη λήψη δείγματος, που προσδιορίζει τη μοριακή δομή του διερευνούμενου υλικού, από τις χαρακτηριστικές δονήσεις των δεσμών των μορίων όταν απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία (Günzler & Gremlich 2002).

Τα δείγματα που εξετάστηκαν με τη μέθοδο EDS **No3** με λευκές επικαθίσεις, **No5** με κόκκινες επικαθίσεις, **No7** με προσροφημένο υλικό και **No8** με επικαθίσεις χρώματος, όπως παρουσιάζονται στην **Εικόνα 5α**, επαναχρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστούν και με τη μέθοδο **ATR-FTIR**. Επίσης συλλέχθηκαν και δυο νέα δείγματα **No9** με συνδυασμό επικαθίσεων χρώματος και προσροφημένου υλικού (**Εικόνα 5α**) και **No12** από ίνες βαμμένες με κόκκινη βαφή (**Εικόνα 5β**). Όλα τα δείγματα αναλύθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί και να εκτιμηθεί η κατάσταση διατήρησης του αντικειμένου, καθώς επίσης, αν είναι εφικτό, η ταυτοποίηση διάφορων επικαθίσεων λευκού και κόκκινου χρώματος, του προσροφημένου υλικού και της κόκκινης βαφής. Η διερεύνηση της κατάστασης διατήρησης έγινε συγκρίνοντας τα δείγματα με μάλλινο δείγμα αναφοράς που δεν έχει υποστεί περεταίρω επεξεργασία από την εταιρεία Testfabrics, Inc© (διάγνιας ύφανσης, βάρους 241 γραμμάρια/m², πλάτους 152cm με κωδικό προϊόντος 526).

Όλα τα φάσματα ελήφθησαν στο εργαστήριο Φασματοσκοπίας του τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του Πα.Δ.Α. χρησιμοποιώντας το σύστημα BRUKER ALPHA II, σε λειτουργία ATR εξοπλισμένο με πολυκρυσταλλικό κρύσταλλο διαμαντιού με δείκτη διάθλασης 2.42 και 2mm διάμετρο κρυστάλλου. Τα φάσματα ATR-FTIR καταγράφηκαν στην περιοχή 4.000 έως 400 cm⁻¹ (24 σαρώσεις ανά φάσμα, με φασματική ανάλυση 4 cm⁻¹). Σε όλα τα ληφθέντα φάσματα πραγματοποιήθηκε διόρθωση ATR (ATR correction) και προκειμένου να είναι εύκολη η ανάγνωση και η

σύγκρισή τους έγινε διόρθωση της βασικής γραμμής (baseline correction) χρησιμοποιώντας το λογισμικό OPUS 8.5 SP1.

Στη συνέχεια όλα τα φάσματα προκειμένου να είναι συγκρίσιμα και να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων λαμβάνοντας υπόψη τις μετατοπίσεις των κορυφών αλλά και τη διαφοροποίηση των εντάσεων των κορυφών κανονικοποιήθηκαν (normalized) με τιμή 0.5, στην κορυφή 3277 cm^{-1} της περιοχής $3200\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$ κάνοντας την παραδοχή ότι είναι η πιο σταθερή σε αλλαγές που οφείλονται σε χημική αλλοίωση, εφόσον αφορά δεσμούς που σχετίζονται με δόνηση τάσης στην Αμιδική Α και στο δεσμευμένο νερό.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ορθότητα της απόφασης έγινε επίσης κανονικοποίηση στην κορυφή 1637 cm^{-1} της περιοχής της Αμιδικής Ι ($1650\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$). Επιπλέον, βιβλιογραφική αναφορά (Odlyha, Theodorakopoulos and Campana 2007) επισημαίνει την περιοχή της Αμιδικής ΙΙ ($1200\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$) που όμως αποκλείστηκε στην παρούσα εργασία γιατί παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις. Η κανονικοποίηση των φασμάτων (normalize) εφαρμόστηκε στα φάσματα με το λογισμικό πρόγραμμα SpectraGryph 1.2.16.2, όπως επίσης και η καταγραφή και σύγκριση όλων των φασμάτων.

2.5 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (RP-HPLC)

Η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης με ανίχνευση φθορισμού είναι πολύ αποτελεσματική τεχνική για τον προσδιορισμό της σύστασης αμινοξέων των πρωτεϊνών σε επίπεδο υπομικρογραμμαρίων. Αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματική στην ανίχνευση της οξειδωσης των ινών, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δειγμάτων αναφοράς μαλλιού.

Χαρακτηριστικές αλλοιώσεις στη σύνθεση αμινοξέων των πρωτεϊνών του μαλλιού, μπορούν να ανιχνευθούν και να προσδιοριστούν για την παρακολούθηση της οξειδωτικής φθοράς της κερατίνης.

Τα δείγματα ινών **No10**, **No11** και **No13** (Εικόνες **5a/β**) που λήφθηκαν από το αντικείμενο παραδόθηκαν για εξέταση και ερμηνεία στην κα. Τζιαμουράνη Ελένη ΕΔΙΠ του Τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α., εργαστήριο Ενόργανης Χημικής Ανάλυσης του Τμήματος Σ.Α.Ε.Τ. του ΠΑ.Δ.Α.. Εκτός από τα προαναφερόμενα δείγματα, αναλύθηκαν πρότυπα διαλύματα αμινοξέων (AASt Sigma Aldrich, ΗΠΑ),

όπως επίσης και μάλλινα δείγματα αναφοράς που δεν έχουν υποστεί περαιτέρω επεξεργασία και χωρίς να έχουν υποστεί τεχνητή γήρανση, από την εταιρεία Testfabrics, Inc© (διαγώνιας ύφανσης, βάρους 241 γραμμάρια/m², πλάτους 152cm με κωδικό προϊόντος 526), έτσι ώστε τα αποτελέσματα να συγκριθούν με αυτά των δειγμάτων του αρχαιολογικού αντικειμένου.

Επιπροσθέτως, η μέθοδος HPLC στοχεύει στις τροποποιήσεις των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων στο πολυμερές της κερατίνης, που επηρεάζουν τη συνολική κατανομή αμινοξέων και οδηγούν στην ανίχνευση τους, όπως το κυστεϊκό οξύ ($\text{HO}_2\text{CCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$), και τη σουλφόνη της μεθειονίνης (MetSO_2) που αποτελούν προϊόντα οξείδωσης της κερατίνης. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα των δειγμάτων του αντικειμένου, τα προϊόντα οξείδωσης της κερατίνης (κυστεϊκό οξύ και η μεθειονίνη σουλφόλη) προστέθηκαν στο πρότυπο διάλυμα αμινοξέων (AASt Sigma Aldrich, ΗΠΑ).

Οι αναλογίες κυστεϊκού οξέος/κυστίνης και τυροσίνης/αλανίνης μπορούν να θεωρηθούν ως πολύ χρήσιμοι δείκτες για την οξειδωτική διάσπαση που υφίστανται οι ίνες και η χρήση τους θα παρέχει ένα ευαίσθητο και αποτελεσματικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της αποδόμησης των πρωτεϊνών. Για το λόγο αυτό τα αποτελέσματα της HPLC επικεντρώνονται στην εκατοστιαία αναλογία των αμινοξέων [AA]% και των τιμών των λόγων του κυστεϊκού οξέος/κυστίνης και τυροσίνης/αλανίνης, παρά στην απόλυτη συγκέντρωση αμινοξέων (AA), λόγω των εγγενών σφαλμάτων που σχετίζονται με τη ζύγιση και τη μεταφορά όγκου δείγματος (μL) με πιπέτα. Αυτό το σφάλμα ελαχιστοποιείται σημαντικά, σχεδόν εξαλείφεται, εστιάζοντας μόνο στις αναλογίες.

2.4.1 Προετοιμασία δειγμάτων

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο HPLC με ανιχνευτές φθορισμού και UV/Vis, ανιχνεύθηκε το προφίλ των παραγώγων FMOC-AA μετά από υδρολυτική διάσπαση των πεπτιδικών δεσμών της πρωτεΐνης των ινών μαλλιού και παραγωγοποίηση των αμινοξέων. Διεξήχθη τριπλή υδρόλυση και παραγωγοποίηση για κάθε δείγμα (**No10**, **No11** και **No13**, **Εικόνες 5α/β**). Πραγματοποιήθηκε μία έγχυση στην HPLC για κάθε διάλυμα παραγωγοποίησης.

Αναλυτικά:

1. Υδρόλυση

- Σε 5 mg δείγματος (ίνες μαλλιού) προστέθηκε 1 mL HCl 6N¹³.
- Ακολούθησε όξινη υδρόλυση στους 105° C για 24 ώρες.
- Το υδρόλυμα ξηράνθηκε πλήρως στους 30° C.
- Το ξηρό υπόλοιπο επαναδιαλύθηκε σε όγκο 5 mL νερού, προκειμένου να παρασκευαστεί αποθεματικό διάλυμα 1μg/mL (stock solution) το οποίο φυλάχθηκε στους 4° C.

2. Διαδικασία παραγωγοποίησης με 9-fluorenylmethyl chloroformate (FMOC-Cl)

- Παραλαβή 4μL από το υδρόλυμα και προσθήκη σε αυτό 460 μL ρυθμιστικό διάλυμα βορικού οξέος (pH 8.5).
- Από αυτό το διάλυμα ελήφθησαν 100 μL για παραγωγοποίηση προσθέτοντας 100 μL διαλύματος FMOC-Cl. Ακολούθησε ανάδευση και τοποθέτηση στον κάδο υπερήχων για 10 λεπτά. Τα προϊόντα λαμβάνονται με την αντίδραση αμινοξέων με 5mM FMOCCl και με 40 mM ρυθμιστικό διάλυμα βορικού οξέος (pH 8.5) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 15 λεπτά (Σχήμα 1)
- Στη συνέχεια προστέθηκαν 60 μL αντιδραστήριου διάσπασης (cleavage). Ακολούθησε ανάδευση και τοποθέτηση στον κάδο υπερήχων για 10 λεπτά.
- Η αντίδραση στη συνέχεια διακόπηκε με την προσθήκη 140 μL αντιδραστήριου σβέσης (quenching).
- Τα αμινοξέα παραγωγοποιήθηκαν με χλωρομυρμηκικό 9-φθορενυλμεθυλεστέρα (9-fluorenylmethyl chloroformate -FMOC-Cl) (Haynes et al., 1991).
- Όγκος 20 μL (0,4 μg πρωτεΐνης) από τα παρασκευασμένα διαλύματα εγχύθηκαν στο σύστημα HPLC.
- Επίσης πρότυπο διάλυμα αμινοξέων 2,5 mM (AASt Sigma Aldrich, ΗΠΑ) και πρότυπο διάλυμα αμινοξέων 2,5 mM με προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας μεθειονίνης σουλφόνης (ουσία αναφοράς), ακολούθησαν την ανωτέρω γραφόμενη διαδικασία.

¹³ Η ανάλυση αμινοξέων ολόκληρων ιών έχει αρκετούς περιορισμούς, επειδή παρέχει μέσες τιμές για την περιεκτικότητα σε αμινοξέα των πρωτεϊνικών ουσιών των ιών. Ένας δεύτερος παράγοντας που περιπλέκει την ανάλυση, είναι η αποδόμηση ορισμένων αμινοξέων μέσω της υδρόλυσης. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο μέσο για την υδρόλυση ιών κερατίνης, είναι το υδροχλωρικό οξύ 5 έως 6N. Σε μελέτες που περιλαμβάνουν όξινη υδρόλυση κερατινών, έχει αναφερθεί μερική αποδόμηση αμινοξέων, όπως η κυστίνη, θρεονίνη, τυροσίνη, φαινυλαλανίνη και αργινίνη και σχεδόν πλήρη καταστροφή της τρυπτοφάνης (Rajabinejad et al., 2017).

3. Χρωματογραφικές συνθήκες

Ένα σύστημα GBC εξοπλισμένο με μια αντλία HPLC LC 1150, ανιχνευτή UV GBC LC 1250 καθώς και φθορισμομετρικό ανιχνευτή χρησιμοποιήθηκε για το διαχωρισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό των παραγώγων φθορισμού αμινοξέων στα δείγματα αναφοράς και στα δείγματα του αρχαιολογικού αντικειμένου.

Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα τριπλής βαθμιδωτής έκλουσης διαλυτών, διεξήχθη μια πλήρης ανάλυση αμινοξέων εντός 54 λεπτών.

- Σύστημα διαλυτών C : 90% ακετονιτρίλιο και 10% νερό
- Σύστημα διαλυτών B: 85% Νερό και 15% Μεθανόλη
- Σύστημα διαλύτη A: Σύστημα διαλύτη B και 1,5% (v/v) φωσφορικό αμμώνιο.

Έγινε έγχυση 10μL των υπό διερεύνηση διαλυμάτων σε χρωματογραφική στήλη ODS Hypersil, dim (mm) 250X4.6, με μέγεθος σωματιδίων 3μ, σε θερμοκρασία στήλης 38° C. Ο ρυθμός ροής του υγρού έκλουσης μέσα στη στήλη ήταν 0.8 mL/min. Τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας διέγερσης (lexc) στον ανιχνευτή φθορισμού ήταν 270 nm και της ακτινοβολίας εκπομπής (lem) 316 nm και τα αντίστοιχα μήκη κύματος της ακτινοβολίας διέγερσης (lexc) στον ανιχνευτή για το UV ήταν 210 nm και (lem) 310 nm.

4. Βαθμονόμηση μεθόδου ανάλυσης αμινοξέων

Για να πραγματοποιηθούν ποσοτικοί υπολογισμοί, το σύστημα βαθμονομήθηκε χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμένο πρότυπο διάλυμα αμινοξέων που περιέχει 16 αμινοξέα. Η γραμμικότητα απόκρισης λαμβάνεται στην περιοχή από 0 έως 250 pmoles με συντελεστές συσχέτισης άνω του 0,99. Από τα χρωματογραφήματα βαθμονόμησης υπολογίζεται ο συντελεστής απόκρισης ($Rf=area/pmol$) κάθε αμινοξέος.

3. Αποτελέσματα

3.1 Μακροσκοπική παρατήρηση

3.1.1 Τεχνολογία κατασκευής

Η ύφανση του χιτώνα είναι απλή (ένα υφάδι περνάει πάνω και κάτω από ένα στημόνι και αντίστοιχα το στημόνι περνάει πάνω και κάτω από ένα υφάδι). Αυτό τεκμηριώθηκε με τη βοήθεια κλωστόμετρου μέσω του οποίου παρατηρήθηκε επίσης πως ανά 1cm² υπάρχουν 20 στημόνια και 38 υφάδια. Η ύφανση αυτή χαρακτηρίζεται ως απλή ανισομερής δομή (**Εικόνα 6**) όπου επικρατεί το υφάδι και κατά πάσα πιθανότητα έχει υφανθεί σε αργαλειό (Τσουρινάκη, 2002).



Εικόνα 6 Σχεδιαστική αποτύπωση της απλής ανισομερής ύφανσης όπου επικρατεί το υφάδι (© Αβραμόπουλος, 2021).

Η ούγια του υφάσματος όπως περιεγράφηκε και στο κεφάλαιο 1.4 είχε οριζόντιο προσανατολισμό ως προς το φορεμένο ένδυμα. Η σωζόμενη ούγια διατηρείται κυρίως στα σημεία των μανικιών και στο

άνοιγμα του λαιμού που έχει μικρότερο πάχος, πιθανά από την τριβή με το λαιμό κατά τη χρήση του. Στο ύψος των γονάτων η ούγια έχει ελάχιστη έκταση σε σύγκριση με το συνολικό πλάτος του χιτώνα.

Ο χιτώνας έχει ελάχιστες ραφές που σώζονται. Εναπομείνουσες ραφές παρατηρούνται κατά μήκος των ενώσεων των δυο πλευρών αριστερά και δεξιά, καθώς επίσης στην κάτω πλευρά των μανικιών. Ειδικά στην περιοχή των μανικιών υπάρχουν εσωτερικές ραφές που δημιουργούν τσακίσεις με σκοπό να στενέψει στην άκρη το μανίκι. Οι ραφές έχουν γίνει κυρίως με δίκλωνη μάλλινη κλωστή.

Στην οριζόντια κάτω πλευρά στο ύψος των γονάτων σώζονται ίχνη ραφών με κλωστές, οι οποίες υποδηλώνουν το σημείο όπου υπήρχε η ραμμένη τσάκιση (πιέτα) του περιγράφεται στο υποκεφάλαιο «1.6 Περιγραφή αντικειμένου».

Σε ορισμένα σημεία των ενώσεων των δυο πλευρών αριστερά και δεξιά, καθώς και στις άκρες των απολήξεων των μανικιών, σώζονται ένθετα διακοσμητικά κορδόνια ραμμένα στα υφάδια του χιτώνα, τα οποία έχουν δημιουργηθεί με δίκλιωνα ή τρίκλιωνα νήματα στρέψης S, τα οποία δημιουργούν ένα είδος αισθητικής ανάδειξης στο ένδυμα (Kwaspen, 2020). Στην απόληξη των κορδονιών έχει δημιουργηθεί κόμπος για την ένωση και σταθεροποίηση τους.

Στο σημείο του λαιμού το φινίρισμα της ούγκιας έχει κατασκευαστεί με διαφορετικό τρόπο από τα πλεγμένα κορδόνια στριμμένου στημονιού που βρίσκονται αριστερά και δεξιά και στην περιοχή των χεριών. Η κατασκευή έχει μια πιο ήπια και λεπτή απόληξη. Ο ακριβής τρόπος ύφανσης είναι δυσδιάκριτος εξαιτίας πιθανά της χρήσης του αντικειμένου που έχει οδηγήσει σε λέπτυνση και φθορά του σημείου αυτού.

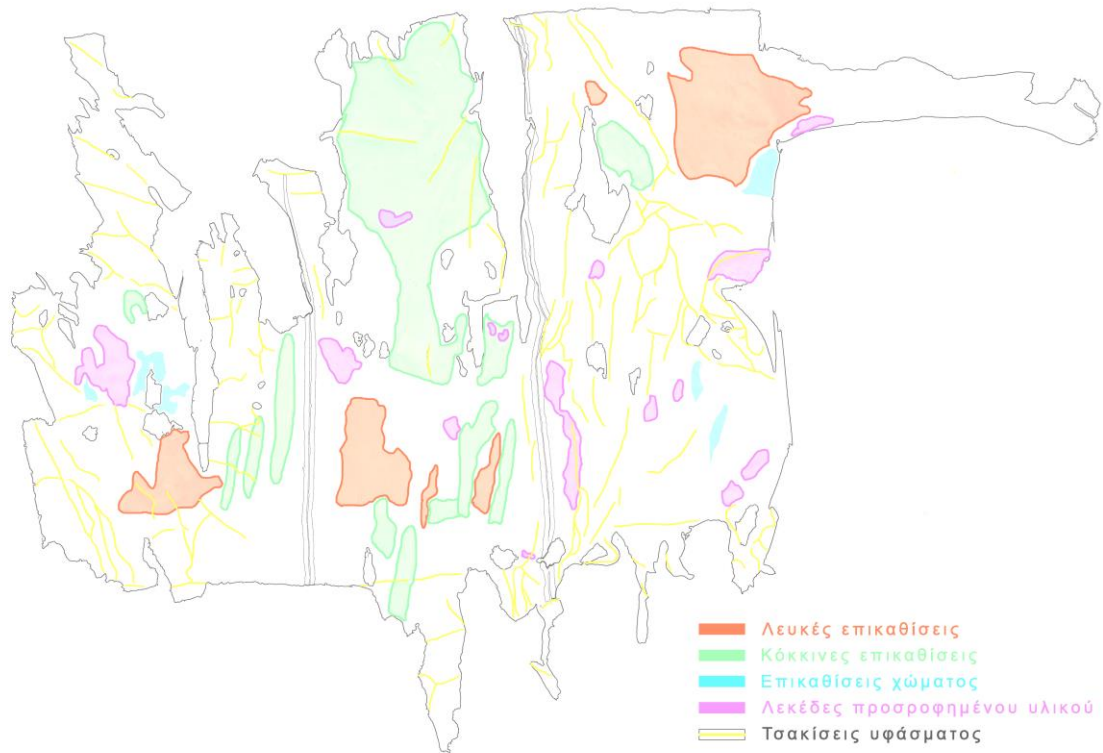
3.1.2 Κατάσταση διατήρησης

Η κύρια παθολογία του χιτώνα είναι η εκτεταμένη αφύγρανση και ευθρυπτότητα των ινών που παρατηρήθηκε σε αρκετά σημεία του. Τα δεκάδες σπαράγματα καταγράφηκαν ανάλογα με το μέγεθός τους. Στα δύο μεγαλύτερα σπαράγματα με αριθμό 1 και 2 παρατηρήθηκαν οι ίδιες φθορές με το κυρίως αντικείμενο. Στο ένα μανίκι από το χιτώνα που έχει αποκοπεί διατηρείται όλη η ραφή που ενώνει τις δυο πλευρές του. Επίσης ένα σύνολο 110 σπαραγμάτων μικρού μεγέθους, καθώς και ενός πλαστικού κουτιού με κονιορτοποιημένα νήματα, θραυσμένες ίνες που δημιουργούν την εικόνα σκόνης, πιστοποιούν πως αυτή η παθολογία συνοδεύει το αντικείμενο πριν τοποθετηθεί στο κουτί. Στα σπαράγματα του αντικειμένου παρατηρήθηκε επίσης μέτριος αποχρωματισμός, καθώς και επικαθίσεις λευκού, καφέ και σκούρου πορτοκαλί χρώματος. Τέλος, επικαθίσεις χρώματος, άμμου, επιφανειακών ρύπων και σκόνης ήταν εμφανείς σε διάφορα σημεία των σπαραγμάτων.

Η αμέσως επόμενη παρατήρηση η οποία συνδέεται άμεσα με την ευθρυπτότητα των ινών είναι το μεγάλο εύρος απωλειών, σχισιμάτων και οπών που εντοπίστηκαν σε όλη την έκταση του χιτώνα και των σπαραγμάτων του. Η ευθρυπτότητα συνδέεται επίσης και με τη θραύση των νημάτων, την αποδυνάμωση της ύφανσης, καθώς και τη μειωμένη ελαστικότητα που εντοπίστηκε σε αρκετά σημεία του χιτώνα. Οι τσακίσεις - αναδιπλώσεις που είναι σε όλη την επιφάνεια του χιτώνα και των σπαραγμάτων του

σχετίζονται πιθανά με τον τρόπο αποθήκευσης και διατήρησης του αντικειμένου στο περιβάλλον ταφής του.

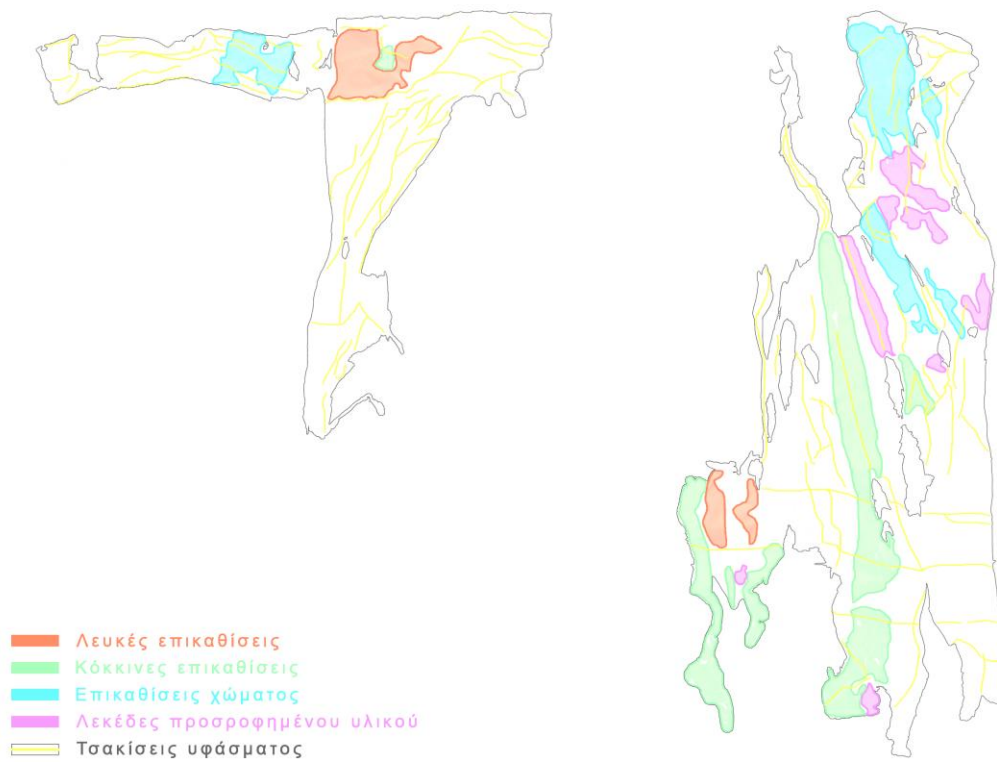
Στην επιφάνειά του, τόσο στις εσωτερικές όσο και στις εξωτερικές πλευρές, εντοπίζονται φθορές δυσχρωμιών και επικαθίσεων που ομαδοποιούνται σε λευκές και κόκκινες επικαθίσεις, επικαθίσεις χώματος, σκόνης και επιφανειακών ρύπων και λεκέδες αγνώστου προελεύσεως προσροφημένου υλικού. Στις **Εικόνες 7-10** που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τέσσερις όψεις του χιτώνα, δηλαδή οι δυο εσωτερικές και οι δυο εξωτερικές σε σχεδιαστική αποτύπωση φθορών. Με μπεζ χρώμα παρουσιάζονται οι λευκές επικαθίσεις, με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι κόκκινες επικαθίσεις, με μπλε χρώμα παρουσιάζονται οι επικαθίσεις χώματος και με μωβ χρώμα παρουσιάζονται οι λεκέδες από άγνωστο προσροφημένο υλικό. Τέλος, οι τσακίσεις του υφάσματος που δημιουργήθηκαν πιθανά κατά την περίοδο της παραμονής του στο ανασκαφικό περιβάλλον παρουσιάζονται με γραμμές κίτρινου χρώματος.



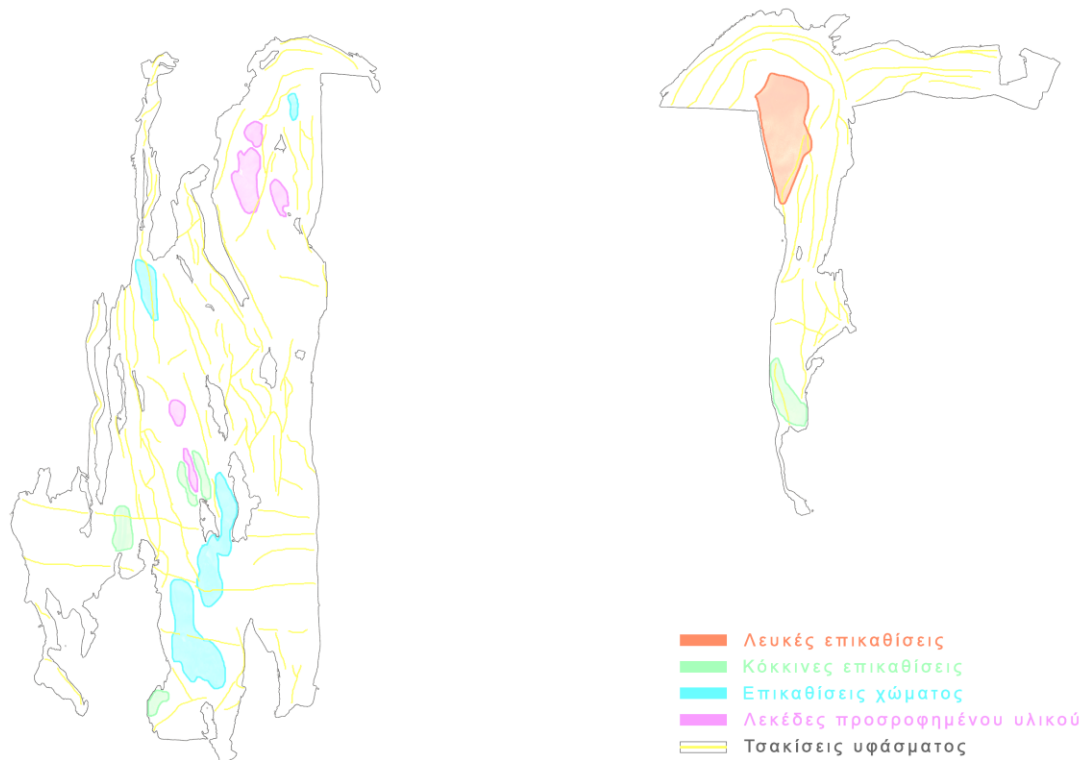
Εικόνα 7 Παρουσίαση φθορών της εξωτερικής Α' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021).



Εικόνα 8 Παρουσίαση φθορών της εσωτερικής Α' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021).



Εικόνα 9 Παρουσίαση φθορών της εξωτερικής Β' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021).



Εικόνα 10 Παρουσίαση φθορών της εσωτερικής Β' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021).

3.2 Μικροσκοπική παρατήρηση (στερεοσκόπιο)

Όλα τα νήματα του χιτώνα, εκτός από τις κόκκινες λωρίδες στο κέντρο του, δεν είναι βαμμένα. Η χρωματική διαφοροποίηση σε κάποια σημεία πιθανά να οφείλεται είτε από τη χρήση τριχώματος από διαφορετικά σημεία ζώου είτε από τις διάφορες επικαθίσεις και τη φθορά που έχουν υποστεί τα νήματα. Η στρέψη τόσο για το στημόνι όσο και για το υφάδι είναι Z.

Τα νήματα είναι όλα μονόκλωνα, εκτός από τα σημεία που ενώνονται με ραφή οι άκρες του υφάσματος στην αριστερά και δεξιά πλευρά του και στις άκρες των μανικιών όπου εμφανίζονται κάποιες ενώσεις με το διακοσμητικό κορδόνι, που έχει δημιουργηθεί με συστροφή S δίκλωνων ή τρίκλωνων νημάτων. Η αρχική εντύπωση που δημιουργείται είναι πως το κορδόνι έχει κατασκευαστεί ως συνέχεια της απόληξης σε συστροφή των στημονιών του υφάσματος. Σε μια όμως πιο προσεκτική παρατήρηση ενός φθαρμένου σημείου όπου το κορδόνι είχε ξηλωθεί, παρατηρήθηκαν σημεία ένωσής του με το κυρίως ύφασμα, γεγονός που βεβαιώνει πως το κορδόνι έχει τοποθετηθεί ως ένθετο με σκοπό τη δημιουργία ενός είδους αισθητικής ανάδειξης στο ένδυμα.

Επίσης η παρατήρηση μέσω του στερεοσκοπίου βοήθησε στην κατανόηση του τρόπου κατασκευής της ούγιας του υφάσματος. Η εναπομείνασα ούγια έχει δημιουργηθεί από πυκνή ύφανση τριών στημονιών με υφάδια που σκοπό έχει τη σταθεροποίησή τους.

Αξιοσημείωτο είναι ένα σημείο όπου παρατηρήθηκε μια διατάραξη στην ύφανση η οποία ίσως παραπέμπει σε παλαιότερη επέμβαση σταθεροποίησης σημείου που έφερε φθορά, που πιθανά έγινε κατά τη διάρκεια της χρήσης του αντικειμένου και ταυτόχρονα παρουσιάζει πως το πάχος των νημάτων του στημονιού και των υφαδιού διαφέρουν σε διάφορα σημεία.

3.3 Μικροσκοπική παρατήρηση (οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός)

Τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά των ινών που ελήφθησαν και παρατηρούνται σε οπτικό μικροσκόπιο, όπως φαίνεται στις **Εικόνες 11α-γ** συνάδουν με ίνες από τρίχωμα ζώου, εφόσον είναι διακριτά τα επιθηλιακά κύτταρα που είναι στοιχείο αναγνώρισης τέτοιων νημάτων. Στις ίδιες εικόνες, εκτός από τα τμήματα ινών, είναι εμφανείς κόκκοι χρώματος από το περιβάλλον ταφής. Από την παρατήρηση ορισμένων ινών στο οπτικό μικροσκόπιο, φαίνεται να υπάρχει απομείωση των λεπτομερειών των επιθηλιακών κυττάρων που ενδεχομένως υποδηλώνει τη φθορά των ινών είτε κατά τη χρήση του υλικού είτε κατά την ταφή του.

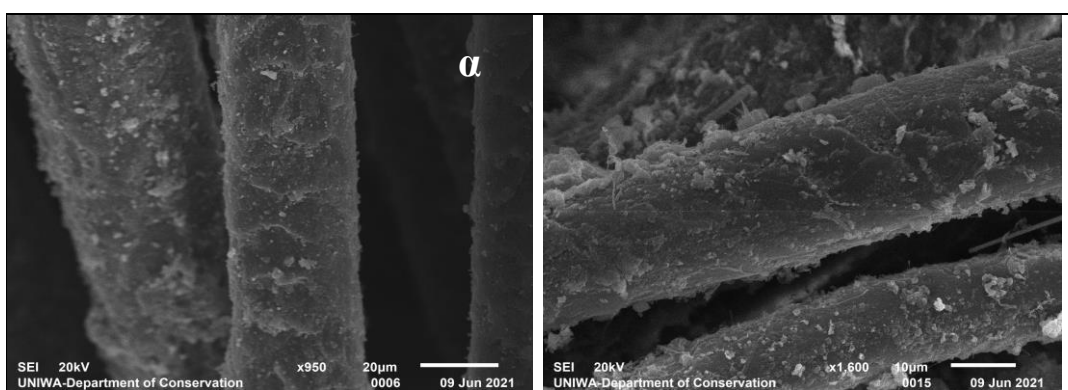
Παράλληλα σημειώνεται πως τόσο για τα στημόνια όσο και για τα υφάδια έχει χρησιμοποιηθεί ένα είδος ίνας. Επίσης οι ίνες που συλλέχθηκαν από σημεία στημονιών και υφαδιών δεν έχουν την ίδια διάμετρο.



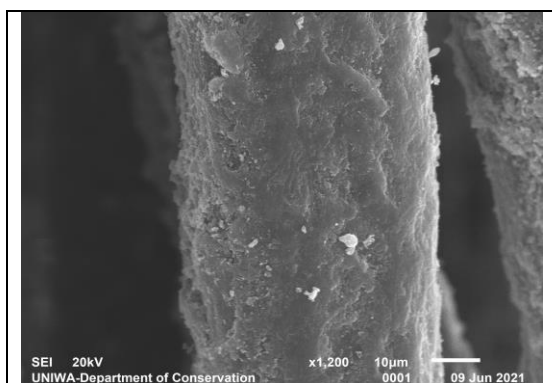
Εικόνα 11α-γ Παρουσίαση ινών όπως εικονίζονται στο οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός. Είναι εμφανή τα επιθηλιακά κύτταρα που συναντώνται σε ίνες προερχόμενες από τρίχωμα ζώου(© Αβραμόπουλος, 2021).

3.4 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης S.E.M.

Στην **Εικόνα 12α/β** είναι ορατά επιθηλιακά κύτταρα (φολίδες) στην επιφάνεια των ινών, αν και με σχετική απομείωση των λεπτομερειών τους. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός αυτό, είναι σαφές πως τόσο για τα στημόνια όσο και για τα υφάδια τα νήματα είναι ίδια και προέρχονται από τρίχωμα ζώου (ζωικές ίνες). Όμως στην **Εικόνα 13** παρατηρείται απώλεια των επιθηλιακών κυττάρων που αποτελεί ένδειξη φθοράς των μάλλινων ινών.

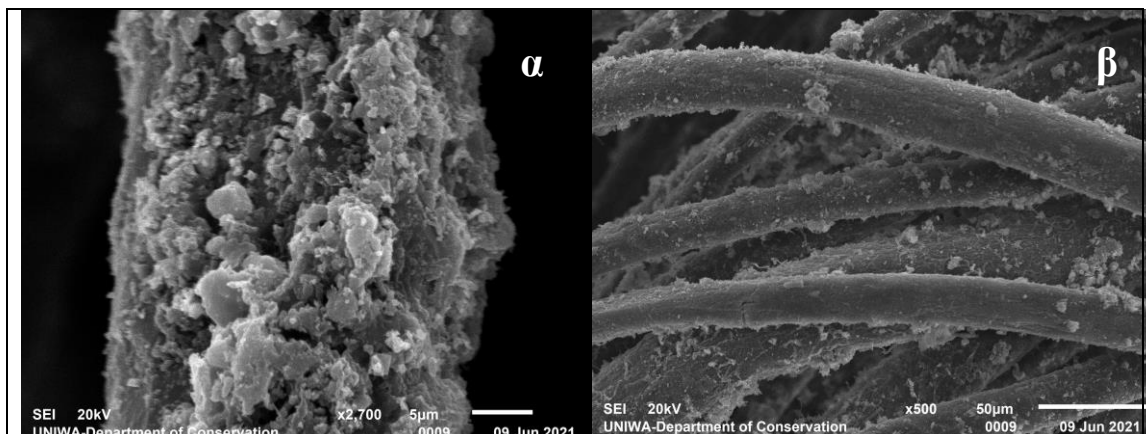


Εικόνα 12α/β Ίνες μαλλιού από στημόνι (α) και υφάδι (β), όπου διακρίνονται τα επιθηλιακά κύτταρα (φολίδες), (μεγέθυνση x950 & x1600 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).



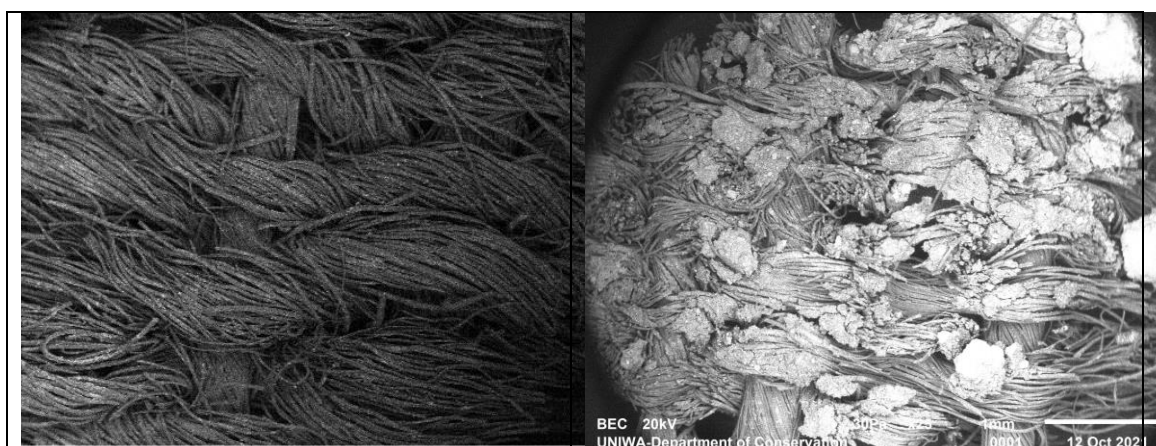
Εικόνα 13 Ίνα μαλλιού όπου δε διακρίνονται τα επιθηλιακά κύτταρα (φολίδες), αλλά η απομείωση των λεπτομερειών των επιφανειών τους (μεγέθυνση x1,600), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Οι επικαθίσεις είναι το βασικό στοιχείο το οποίο παρατηρείται στην πλειονότητα των εικόνων όλων των δειγμάτων. Γεγονός αναμενόμενο όταν το αντικείμενο προέρχεται από ταφικό περιβάλλον (**Εικόνες 14α-β**).



Εικόνα 14α-β Ίνες μαλλιού όπου διακρίνονται επικαθίσεις (μεγέθυνση x1,600 & x1,000 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Παρόλα αυτά, στο δείγμα Νο12 που προερχόταν από βαμμένες κόκκινες ίνες παρατηρήθηκαν αρκετά καθαρές ίνες σε σύγκριση με άλλα σημεία που εξετάστηκαν (**Εικόνα 15**). Γεγονός που βεβαιώνει τη διακύμανση της έκτασης των επικαθίσεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό επικαθίσεων παρατηρήθηκε στο δείγμα Νο8, αναμενόμενο εφόσον προερχόταν από δείγμα με επικαθίσεις χρώματος (**Εικόνα 16**).

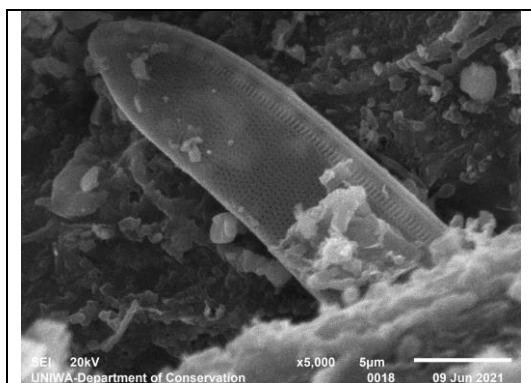


Εικόνα 15 Λεπτομέρεια από σημείο κόκκινων ινών από το δείγμα Νο12 χωρίς πολλές επικαθίσεις (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Εικόνα 16 Λεπτομέρεια με αρκετές επικαθίσεις από το δείγμα με επικαθίσεις χρώματος Νο8 και μερική θραύση των ινών (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

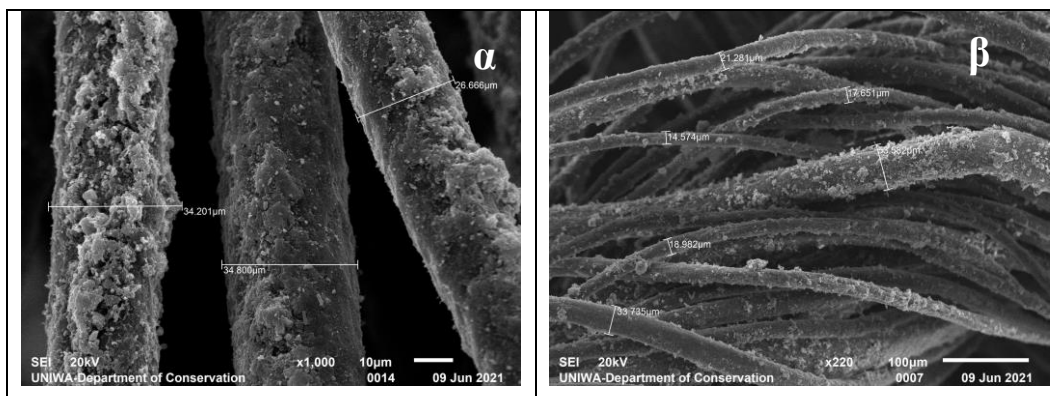
Κατά την εξέταση του δείγματος Νο1 παράλληλα με τις επικαθίσεις παρατηρήθηκε αντικείμενο διαμέτρου 6,68μm και σχήματος που παραπέμπει σε μικροοργανισμό. Ο μικροοργανισμός που εμφανίζεται μετά από βιβλιογραφική αναζήτηση βασιζόμενοι

στο σχήμα του πιθανολογείται πως μπορεί να πρόκειται για διάτομο (Mazumder & Gordon, 2022) (**Εικόνα 17**).



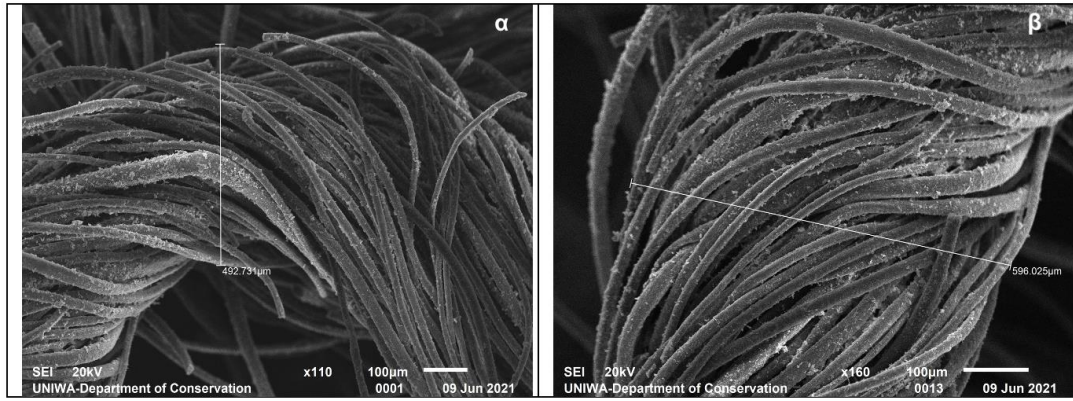
Εικόνα 17 Παρουσίαση μικροοργανισμού (μεγέθυνση x5,000), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Παρατηρήθηκε επίσης το γεγονός πως υπάρχει μεγάλη απόκλιση στη διάμετρο των ινών όλων των δειγμάτων καθώς κυμαίνεται από 14-53µm (**Εικόνα 18α/β**).



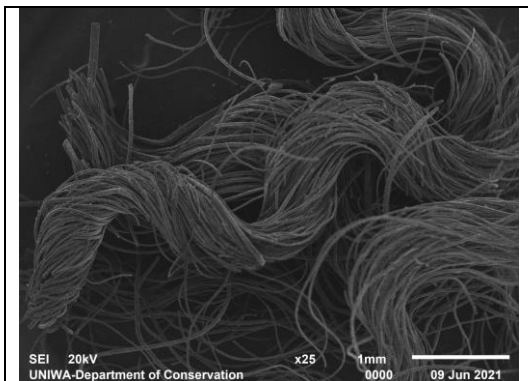
Εικόνα 18α/β Ίνες μαλλιού όπου διακρίνονται τα διαφορετικά μεγέθη διαμέτρων (μεγέθυνση x1,000 & x220 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Επιπροσθέτως, παρατηρείται πως το πάχος των νημάτων των εξεταζόμενων δειγμάτων No1 και No2 κυμαίνεται μεταξύ 492µm-596µm (**Εικόνα 19α/β**). Η συγκεκριμένη μέτρηση όμως δεν είναι αντικειμενική για το σύνολο των νημάτων του αντικειμένου γιατί όπως παρατηρείται, τόσο μακροσκοπικά όσο και με το στερεοσκόπιο, υπάρχουν αυξομειώσεις στα νήματα.



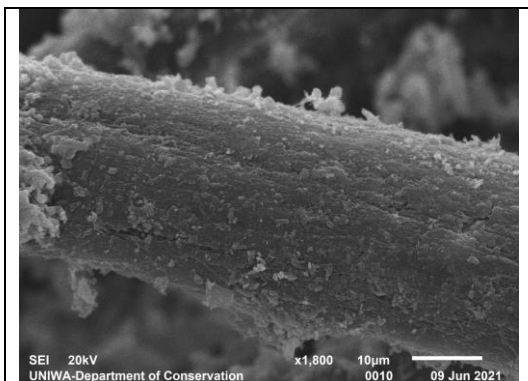
Εικόνα 19α/β Παρουσίαση του πάχους μάλλινου νήματος από τα δείγματα Νο1 (α) και Νο2 (β) (μεγέθυνση x110 & x160 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στο σύνολο των δειγμάτων δεν παρατηρήθηκε εκτεταμένη θραύση στις ίνες τους γεγονός αντικρουόμενο με το γενικευμένο κατακερματισμό που παρουσιάζει κατά το χειρισμό του. Όπως παρουσιάζεται και στην **Εικόνα 20** παρατηρείται μεμονωμένη θραύση ορισμένων ινών στο δείγμα Νο2.



Εικόνα 20 Όψη νήματος που παρουσιάζει μη εκτενή θραύση των ινών (μεγέθυνση x25), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Παρόλα αυτά παρατηρήθηκαν σε μερικά δείγματα, εκτός των εξομαλύνσεων ή και την απουσία επιθηλιακών κυττάρων των ινών, μικρής έκτασης μικρορωγματώσεις αξονικά των ινών, πιθανά εξαιτίας της αποξήρανσής τους (**Εικόνα 21**).



Εικόνα 21 Μη εκτενείς μικρορωγματώσεις κατά μήκος της μάλλινης ίνας (μεγέθυνση x1,800), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

3.5 Φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)

Η Φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς ανιχνεύει την παρουσία ανόργανων στοιχείων στα εξεταζόμενα δείγματα.

Επίσης, η Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς προσδίδει ημιποσοτική μέτρηση του ποσοστού των στοιχείων που ανιχνεύτηκαν (% weight) το οποίο υπολογίζεται λογισμικά σε σχέση με ολόκληρο το στοιχειακό προφίλ του οργανικού υποστρώματος (C, O).

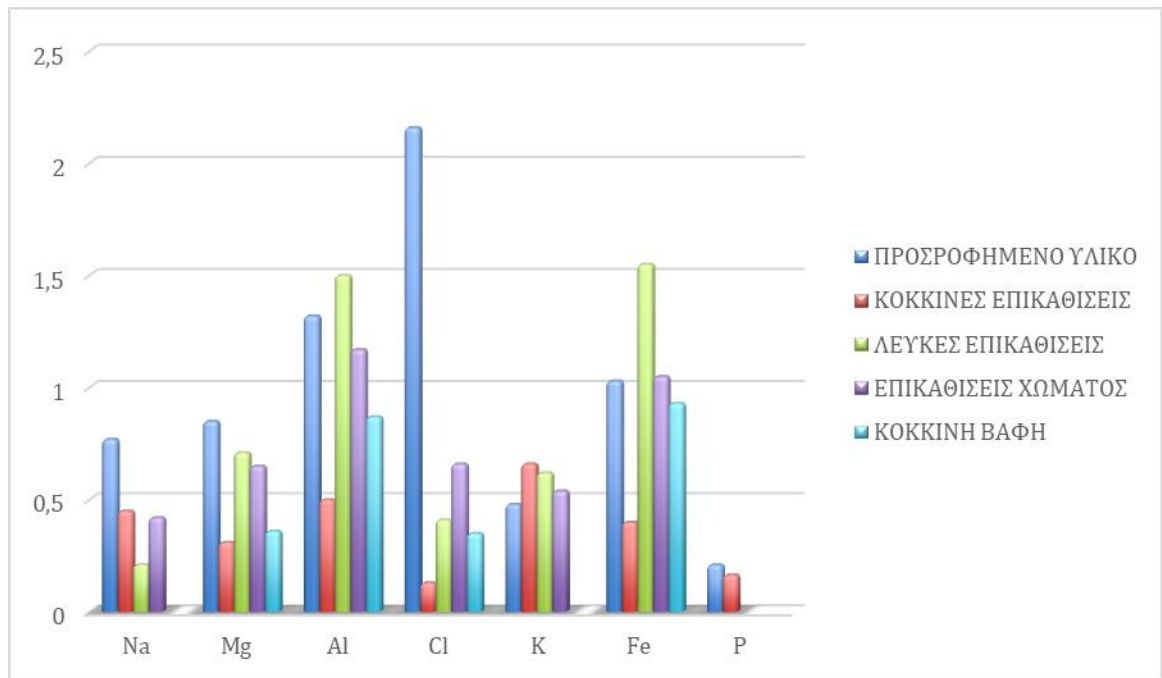
Όπως παρουσιάζεται σε όλους τους πίνακες και τα γραφήματα των αποτελεσμάτων που ακολουθούν, όλα τα δείγματα έχουν σχεδόν κοινά ανόργανα στοιχεία τα οποία αυξομειώνονται σε πολύ μικρά ποσοστά, ανάλογα με το είδος της επικάλυψης. Σε όλα τα δείγματα η παρουσία του θείου (S) προφανώς οφείλεται στην ίδια χημική σύσταση της ίνας, εφόσον προέρχεται από τρίχωμα ζώου, είναι πρωτεϊνική και συγκεκριμένα κερατίνη. Εκτός από το θείο (S) ανιχνεύτηκαν σε όλα τα δείγματα σχετικά μεγάλες ποσότητες πυριτίου (Si) και ασβεστίου (Ca), έναντι των άλλων στοιχείων, γεγονός σύνθητες για ταφικά ανασκαφικά περιβάλλοντα. Ανιχνεύθηκαν επίσης σε όλα τα δείγματα μαγνήσιο (Mg), αργίλιο (Al), και σίδηρος (Fe). Νάτριο (Na) ανιχνεύτηκε σε όλα τα δείγματα εκτός από το δείγμα της βαμμένης κόκκινης ίνας (**No12**) και από μια μέτρηση των λευκών επικαθίσεων στο δείγμα **No3**. Χλώριο (Cl) ανιχνεύτηκε σε όλα τα δείγματα, εκτός από δυο μετρήσεις σε δείγματα λευκών επικαθίσεων (**No3**) και ινών από κόκκινη βαφή (**No12**). Επίσης κάλιο (K) ανιχνεύτηκε σε όλα τα δείγματα εκτός από μια μέτρηση στο δείγμα **No12** με κόκκινες βαμμένες ίνες. Τέλος ίχνη φωσφόρου (P) ανιχνεύτηκαν μόνο στις μετρήσεις του δείγματος **No5** με κόκκινες επικαθίσεις και σε μια μέτρηση του δείγματος **No7** από προσροφημένο υλικό.

Με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση της παρουσίας των ανόργανων στοιχείων επιλέχθηκε η δημιουργία πίνακα (**Πίνακας 1**) με τους μέσους όρους από τις τιμές μέτρησης του κάθε στοιχείου στο κάθε δείγμα.

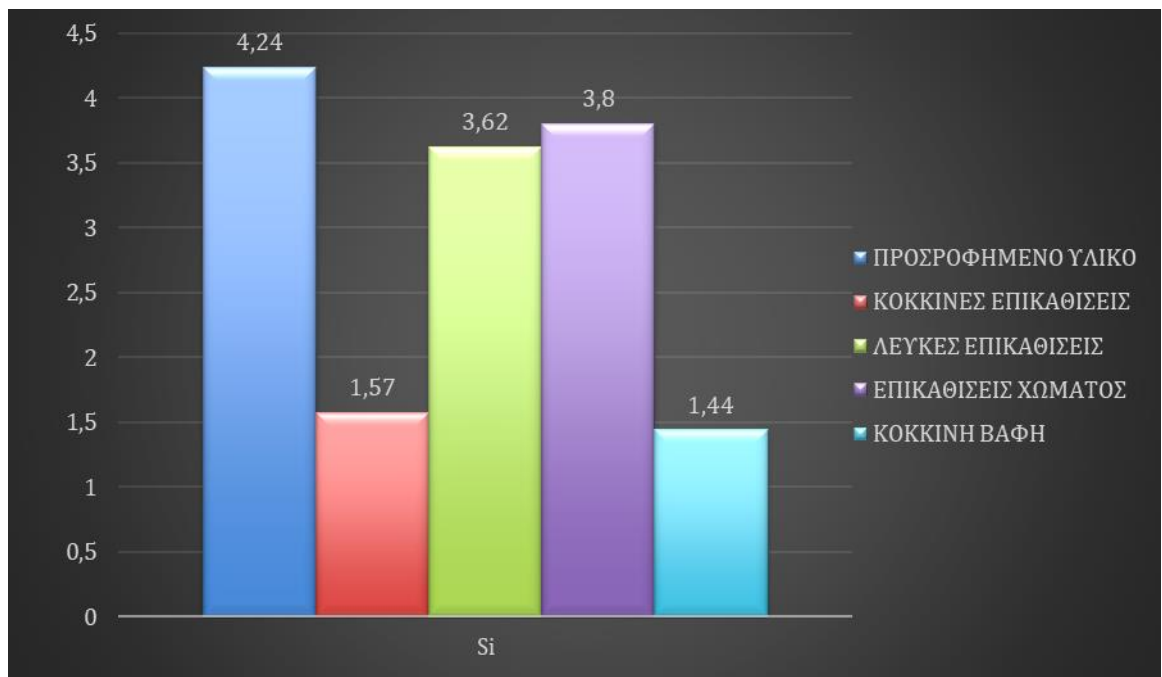
	ΠΡΟΣΡΟΦΗΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ % weight	ΚΟΚΚΙΝΕΣ ΕΠΙΚΑΘΙΣΣΕΙΣ % weight	ΛΕΥΚΕΣ ΕΠΙΚΑΘΙΣΣΕΙΣ % weight	ΕΠΙΚΑΘΙΣΣΕΙΣ ΧΩΜΑΤΟΣ % weight	ΚΟΚΚΙΝΗ ΒΑΦΗ % weight
Na	0,77	0,45	0,21	0,42	-
Mg	0,85	0,31	0,71	0,65	0,36
Al	1,32	0,5	1,5	1,17	0,87
Si	4,24	1,57	3,62	3,8	1,44
S	1,33	2,64	1,89	1,81	2,82
Cl	2,16	0,13	0,41	0,66	0,35
K	0,48	0,66	0,62	0,54	-
Ca	12,47	3,5	11	9,44	6,31
Fe	1,03	0,4	1,55	1,05	0,93
P	0,21	0,165	-	-	-

Πίνακας 1 Μέσος όρος των τιμών των αποτελεσμάτων των δειγμάτων από τις αναλύσεις EDS (© Αβραμόπουλος 2022).

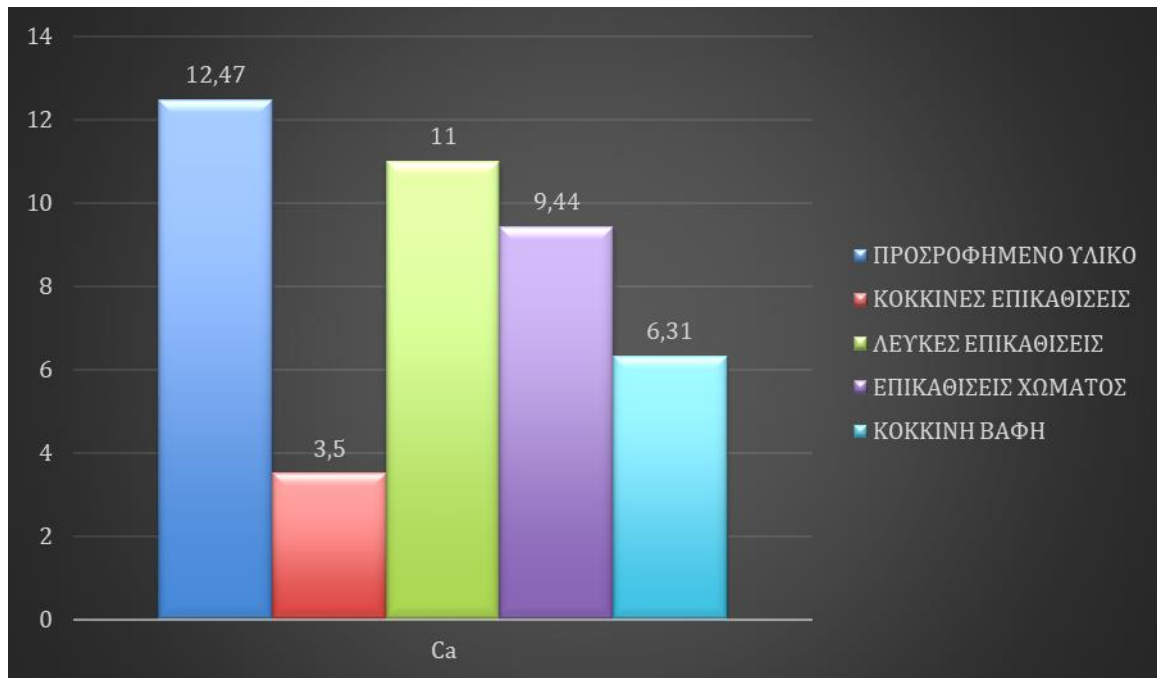
Παράλληλα επιλέχθηκε και η δημιουργία ραβδογραμμάτων που σκοπεύουν στην παρουσίαση των όλων των στοιχείων που είναι σε μικρότερα ποσοστά (Na, Mg, Al, Cl, K, Fe, P) (**Γράφημα 1**) και ξεχωριστών για τα στοιχεία θείο (S) (**Γράφημα 2**), ασβέστιο (Ca) (**Γράφημα 3**) και πυρίτιο (Si) (**Γράφημα 4**) που παρουσιάζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.



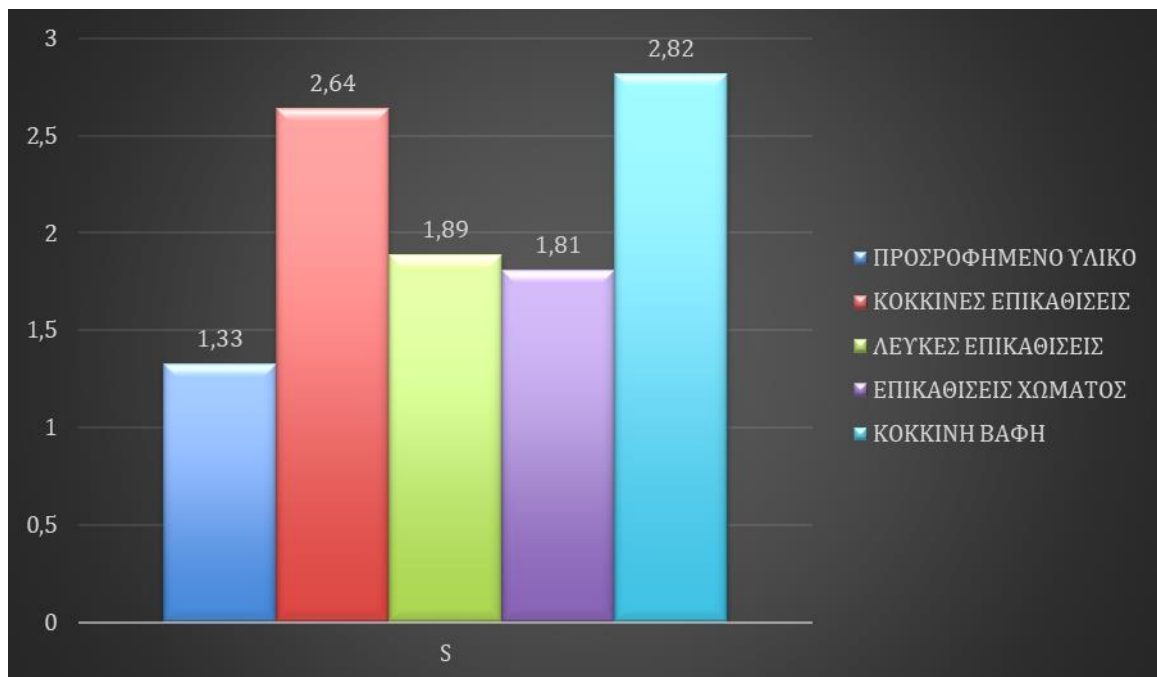
Γράφημα 1 Ανόργανα στοιχεία που ανιχνεύτηκαν κατά τις αναλύσεις με EDS σε μικρότερα ποσοστά (© Αβραμόπουλος 2022).



Γράφημα 2 Ποσοστά του πυριτίου (Si) κατά τις αναλύσεις όλων των δειγμάτων με EDS (© Αβραμόπουλος 2022).



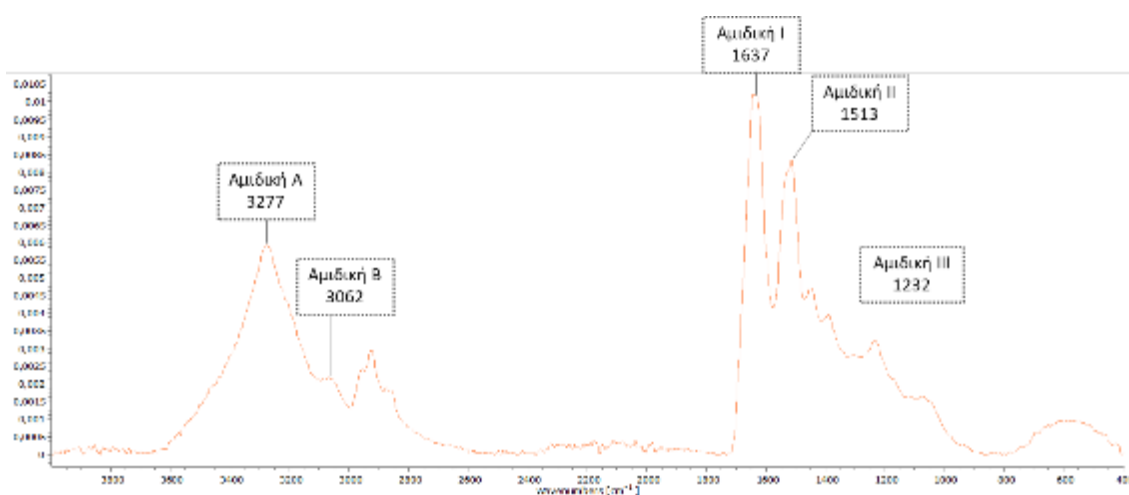
Γράφημα 3 Ποσοστά του ασβεστίου (Ca) κατά τις αναλύσεις όλων των δειγμάτων με EDS (© Αβραμόπουλος 2022).



Γράφημα 4 Ποσοστά του θείου (S) κατά τις αναλύσεις όλων των δειγμάτων με EDS (© Αβραμόπουλος 2022).

3.6 Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό Fourier (ATR-FTIR)

Τα ληφθέντα φάσματα παρουσιάζουν, όπως αναμενόταν εφόσον πρόκειται για δείγματα από μάλλινο ύφασμα, τις χαρακτηριστικές κορυφές απορρόφησης που ταυτοποιούνται ως πρωτεϊνικές και αντιπροσωπεύουν τις δομικές μονάδες της πολυπεπτιδικής αλυσίδας της κερατίνης που είναι το κύριο συστατικό μαλλιού (Wojciechowska, Włochowicz and Wesełucha-Birczyńska 1999, Barth 2007, Odlyha, Theodorakopoulos and Campana 2007, Boyatzis 2022).



Εικόνα 22 ATR-FTIR φάσμα όπου παρουσιάζει τις κορυφές του δείγματος αναφοράς του μαλλιού, (© Εργαστήριο ATR-FTIR, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021).

Οι χαρακτηριστικές αυτές δονήσεις των πρωτεϊνών και συγκεκριμένα της κερατίνης φαίνονται στην **Εικόνα 22** και είναι η Αμιδική Α και Β και οι Αμιδικές Ι, ΙΙ, και ΙΙΙ (Boyatzis 2022).

Για την εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις δονήσεις απορρόφησης στην περιοχή του δακτυλικού αποτυπώματος (fingerprint region) στα $1750-400\text{cm}^{-1}$.

Η σύγκριση των φασμάτων αναφοράς μαλλιού και αυτού που ελήφθηκε από το δείγμα με τις λευκές επικαθήσεις δεν παρουσίασε διαφορές σε σχέση με τη θέση που αυτά κανονικοποιήθηκαν. Επιπλέον, το φάσμα του αρχαιολογικού δείγματος έδειξε την παρουσία των χαρακτηριστικών κορυφών που αντιστοιχούν στις δονήσεις της κερατίνης του μαλλιού (Αμιδική Α, Β, Ι, ΙΙ, ΙΙΙ). Όμως είναι διακριτή η μείωση της

έντασης της Αμιδικής III και η μετατόπιση της Αμιδικής II, που είναι μια ένδειξη που συνάδει με μικρή αποδόμηση της πρωτεΐνης του μαλλιού (κερατίνη).

Επιπρόσθετα, άλλες κορυφές που εμφανίστηκαν στο φάσμα του δείγματος από το αρχαιολογικό αντικείμενο προφανώς ανταποκρίνονται στις επικαθίσεις που υπήρχαν στο δείγμα (παρουσία ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3 αραγωνίτη, πυριτικών αλάτων (silicates) / αργίλων (clays), οξαλικά άλατα).

Το φάσμα που λήφθηκε από το μάλλινο ύφασμα με τις κόκκινες επικαθίσεις παρατηρούνται ξανά οι χαρακτηριστικές κορυφές της πρωτεΐνης του μαλλιού (Αμιδική A, B, I, II, III). Όμως, συγκριτικά με το μάλλινο δείγμα αναφοράς, παρατηρείται σημαντική μείωση των εντάσεων και μετατόπιση των δονήσεων που αντιστοιχούν στις Αμιδικές II και III, εικόνα που συνάδει με μερική αποδόμηση της πρωτεΐνης του μαλλιού (κερατίνη). Επιπλέον, είναι μάλλον πιθανή η ύπαρξη οξαλικών αλάτων, πυριτικών αλάτων / αργίλων και γύψου.

Η σύγκριση του μάλλινου δείγματος αναφοράς και του αρχαιολογικού υφάσματος από σημεία που έφερε απορροφημένο υλικό, έδειξε ότι οι περισσότερες χαρακτηριστικές κορυφές της κερατίνης επικαλύπτονται από τις κορυφές που αποδίδονται στο υλικό εμποτισμού, που πιθανά αντιστοιχεί σε πυριτικά άλατα/αργίλους και γύψο.

Τα φάσματα που ελήφθησαν από διάφορα σημεία του αντικειμένου που επιλέχθηκαν ως διαφορετικής κατάστασης διατήρησης, λαμβάνοντας υπόψη τη συμπεριφορά τους στο χειρισμό (διαφορετικοί τύποι ευθριπτότητας) δείχνουν μικρή μείωση της έντασης των κορυφών Αμιδικής II και III, γεγονός που υποδηλώνει μερική αποδόμηση της κερατίνης του μαλλιού. Επίσης, παρατηρούνται κορυφές που αποδίδονται στις επικαθίσεις από το περιβάλλον ταφής (παρουσία πυριτικών αλάτων / αργίλων, αραγωνίτη, οξαλικά άλατα και γύψο).

Στα φάσματα που ελήφθησαν από τα σημεία του αρχαιολογικού υφάσματος που έφεραν βαφή ερυθρού χρώματος, διαπιστώνεται ότι οι δονήσεις που καταγράφονται αντιστοιχούν στις χαρακτηριστικές κορυφές της κερατίνης και των επικαθίσεων που αυτό φέρει, όπως αναλύθηκαν παραπάνω, χωρίς να είναι δυνατή η ανίχνευση πιθανών ερυθρών βαφών.

3.7 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (RP-HPLC)

Στα χρωματογραφήματα: α) προτύπου διαλύματος αμινοξέων 2,5 mM και β) προτύπου διαλύματος αμινοξέων 2,5 mM με προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας μεθειονίνης σουλφόνης (ουσία αναφοράς) ανιχνεύθηκαν δεκαέξι αμινοξέα συμπεριλαμβανομένου και του κυστεϊκού οξέος.

Το προφίλ των πειραμάτων καθώς και η εκατοστιαία σύσταση σε αμινοξέα της κερατίνης στα δείγματα **No10**, **No11** και **No13** του αρχαιολογικού υφάσματος και του δείγματος αναφοράς (ref. sample), έδειξαν, όπως ήταν αναμενόμενο, το πρωτεϊνικό προφίλ της κερατίνης. Επίσης παρατηρήθηκε μικρή αύξηση στην περιεκτικότητα της λευκίνης και μείωση στην περιεκτικότητα της κυστίνης σε όλα τα δείγματα. Επιπλέον, δεν ανιχνεύθηκε μεθειονίνη σουλφόνη (MetSO₂).

Οι τιμές των λόγων κυστεϊκού οξέος/κυστίνης και τυροσίνης/αλανίνης των δειγμάτων του αρχαιολογικού υφάσματος, έδειξαν αποκλίσεις σε σχέση με το δείγμα αναφοράς.

4. Συζήτηση

4.1 Μικροσκοπική παρατήρηση (στερεοσκόπιο)

Αν και η ύφανση είναι απλή και δεν έχει κάποια ιδιαίτερη τεχνοτροπία, ενδιαφέρον είναι το γεγονός πως παρατηρείται στις απολήξεις του ενδύματος μια πιο ενισχυμένη ραφή η οποία δημιουργείται από τη συστροφή του υφιδιού, πάνω στην οποία τοποθετήθηκε το διακοσμητικό κορδόνι.

4.2 Μικροσκοπική παρατήρηση (οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός)

Συγκριτικά με την όψη μιας υγιούς τρίχας μαλλιού προβάτου η σποραδικότητα της παρουσίας των φολίδων του εξωτερικού φλοιού, σε συνδυασμό με τη μακροσκοπική παρατήρηση δίνουν την εντύπωση ινών με μερική αποδιοργάνωση της δομής τους. Τα επιθηλιακά κύτταρα σε μερικά σημεία είναι σχετικά ευδιάκριτα. Παράλληλα η όποια κατανομή και το σχήμα των επιθηλιακών κυττάρων καθώς και η πιθανή παρουσία medula συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι το ύφασμα έχει κατασκευαστεί από τρίχωμα ζώων (ζωική ίνα) ¹⁴ .

¹⁴ Μια από τις σημαντικότερες ζωικές υφάνσιμες ίνες είναι το μαλλί (έριο). Ως μαλλί θεωρείται το προϊόν που προέρχεται από το τρίχωμα του προβάτου. Στην κλωστοϋφαντουργία εκτός από ίνες μαλλιού προβάτου χρησιμοποιούνται και ίνες από τριχώματα άλλων ζώων και έχουν ονομασίες όπως π.χ κασμίρ, μοχαίρ, σέτλαντ ή συνδέεται η ονομασία τους με αυτή του ζώου από το οποίο προέρχονται. Λόγω της βιοαλλοίωσης το μαλλί δεν μπορεί να διατηρηθεί εύκολα στο χρόνο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν σχετικά πρόσφατα αρχαιολογικά υφάσματα τα οποία δεν μπορούν να απαντήσουν με σαφήνεια πότε ξεκίνησε να χρησιμοποιείται το μαλλί ως πρώτη ύλη για την κατασκευή υφασμάτων (Lewis, 1992).

Η εξωτερική επιφάνεια της ίνας του μαλλιού στο μικροσκόπιο φαίνεται να καλύπτεται από μικρές φολίδες σε σειρά. Το εσωτερικό της ίνας αποτελείται από τρία στρώματα στοιβάδων, ατρακτοειδή κύτταρα, μακροϊνίδια, μικροϊνίδια, πρωτοϊνίδια και καταλήγουν σε α-έλικα πεπτιδικών δεσμών. Η σύσταση του μαλλιού αποτελείται από πρωτεΐνη, την κερατίνη. Η κερατίνη συναντάται στο μαλλί, οπλές, κέρατα, νύχια, ράμφη, φτερά. Σε μία ίνα μαλλιού η περιεκτικότητά της σε κερατινοειδείς πρωτεΐνες είναι περίπου 82%. Το υπόλοιπο 17% αποτελείται από μη κερατινοειδείς πρωτεΐνες και τέλος, υπάρχει ένα 1% το οποίο αποτελείται από μη πρωτεϊνούχα στοιχεία, όπως κηρώδη λιπίδια και μικρές ποσότητες πολυσακχαριτών. (Lewis, 1992, Ελευθεριάδης κ.α., 2015).

4.3 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης S.E.M.

Μετά την εξέταση του αντικειμένου στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, επιβεβαιώθηκε η εκτίμηση που προηγήθηκε στο μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός, ότι τόσο για τα στημόνια όσο για τα υφάδια χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα είδος ίνας. Η ταύτιση αυτή έγινε και με παράλληλη βιβλιογραφική σύγκριση υγιών ινών μαλλιού.

Αξιοσημείωτο όμως είναι το γεγονός πως δεν υπάρχει κατακερματισμός των ινών τόσο για τα στημόνια όσο και για τα υφάδια. Η εικόνα της δομής των ινών αν και παρουσιάζει σημειακά φθορές, όπως μικρορωγματώσεις, δεν συνάδει με την γενικευμένη ευθρυπτότητα που επικρατεί στο σύνολο του αντικειμένου.

Το γεγονός πως υπάρχει μεγάλη απόκλιση στη διάμετρο των ινών καθιστά σχετικά δύσκολη την ταυτοποίηση του είδους του ζώου που άρθηκε το μαλλί. Θα μπορούσε ίσως αυτή η απόκλιση να οφείλεται σε συρρίκνωση των ινών εξαιτίας της έλλειψης υγρασίας από το ξηρό περιβάλλον ταφής.

4.4 Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων από το SEM-EDS πρέπει να συσχετιστεί με τέσσερις παράγοντες. Τα στοιχεία που αποτελούν τη δομή του μαλλιού που κατασκευάστηκε το ύφασμα, τα στοιχεία που αποτελούν την σύσταση του εδάφους στο οποίο ήταν θαμμένο το ύφασμα, τα προϊόντα του νεκρού σώματος (οστά, δέρμα, ιστοί) που είχε καλυφθεί με το προς εξέταση ύφασμα και τέλος αλληλεπίδραση με τυχόν άλλα αντικείμενα πχ κτερίσματα που μπορεί να ήταν στον τάφο.

Σε όλα τα δείγματα η παρουσία του θείου (S) προφανώς οφείλεται στην ίδια τη φύση της ίνας, εφόσον είναι μάλλινη και περιέχει την κυστίνη, αμινοξύ που περιέχει θείο (S). Η παρουσία του αργιλίου (Al) και του πυριτίου (Si) ιδιαίτερα στα δείγματα από προσροφημένο υλικό (**δείγμα Νο7**) και χώματος (**δείγμα Νο8**) πιθανά οφείλεται στην ύπαρξη αργιλοπυριτικών υλικών και άμμου εφόσον το αντικείμενο είναι ανασκαφικό

εύρημα. Κάποια ποσοστά ασβεστίου (Ca) σε συνδυασμό με την παρουσίαση του φωσφόρου (P) που εμφανίζονται σε ορισμένα δείγματα των ινών από προσροφημένο υλικό (δείγμα No7) και από κόκκινες επικαθίσεις (δείγμα No3), πιθανώς να προέρχονται από την έκπλυση του φωσφορικού άλατος του ασβεστίου (υδροξυαπατίτης – μια από τις κύριες ενώσεις των οστών) (Orska-Gawrys et al., 2003). Επιπλέον, η παρουσία ασβεστίου και θείου μπορεί να αποδοθείς την ύπαρξη γύψου.

Συμπερασματικά, κανένα στοιχείο που βρέθηκε από την ανάλυση των δειγμάτων μέσω του EDS δεν μπορεί να αποδοθεί με ακρίβεια σε ένα συγκεκριμένο παράγοντα, καθώς, όπως παρουσιάζεται, κοινά στοιχεία συνυπάρχουν τόσο στο έδαφος όσο και στη σύσταση των ινών αλλά και στα προϊόντα του νεκρού σώματος.

4.5 Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό Fourier (ATR-FTIR)

Τα αποτελέσματα της ATR-FTIR απέδειξαν επίσης ότι πρόκειται για πρωτεϊνικές ίνες, όπως είχε παρατηρηθεί με το οπτικό μικροσκόπιο και με το SEM. Επιπλέον, έδειξαν ότι παρατηρείται μικρή αποδόμηση της κερατίνης, εφόσον παρατηρήθηκαν μετατοπίσεις της Αμιδικής II και μειώσεις στις εντάσεις των κορυφών της Αμιδικής II και III του μαλλιού. Ίσως αυτές οι μετατοπίσεις να συνδέονται με την αλλαγή της δομής της κερατίνης και τη δημιουργία περισσότερων άμορφων περιοχών (Akyuz et al. 2014). Όπως και σε άλλες μελέτες που αφορούν την εξέταση αρχαιολογικών πρωτεϊνικών υφασμάτων, παρατηρήθηκαν διάφορες κορυφές πέραν αυτών που αποδίδονταν στο μαλλί, οι οποίες ανάλογα τα δείγματα, αφορούσαν προσμίξεις από το ταφικό περιβάλλον, όπως αραγωνίτη, αργιλλοπυριτικά και οξαλικά άλατα που συμφωνούν με τα αποτελέσματα του EDS.

4.6 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης Αντίστροφης Φάσης (RP-HPLC)

Παρόλο που δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στο σύνολο των αμινοξέων της κερατίνης (συνολική σύσταση) μεταξύ του δείγματος αναφοράς και των δειγμάτων No10, No11, και No13 του αρχαιολογικού υφάσματος, η κυστίνη, και η τυροσίνη που είναι αμινοξέα ευαίσθητα σε οξειδωτικές αλλοιώσεις, παρουσίασαν μείωση της περιεκτικότητάς τους. Επιπλέον, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το κυστεϊκό οξύ, αν

και βρίσκεται ήδη σε ανιχνεύσιμο επίπεδο στο δείγμα αναφοράς, δείχνει αυξημένη τιμή στο αρχαιολογικό δείγμα, πιθανά ως αποτέλεσμα της οξείδωσης της κυστίνης.

5. Συμπεράσματα

Όλες οι φυσικοχημικές αναλύσεις, μικροσκοπικές μέθοδοι (οπτικό μικροσκόπιο και SEM), ATR-FTIR και RP-HPLC συμφωνούν στο ότι το εξεταζόμενο αρχαιολογικό αντικείμενο είναι κατασκευασμένο από πρωτεϊνικό υλικό, μαλλί. Επίσης τα αποτελέσματα της κάθε φυσικοχημικής ανάλυσης επιβεβαιώνουν την κατάσταση διατήρησης του αρχαιολογικού αντικειμένου.

Το γεγονός πως το αντικείμενο αποτελεί αρχαιολογικό εύρημα το οποίο διατηρήθηκε τόσους αιώνες σε ξηρό περιβάλλον ερήμου, αποτελεί ένα στοιχείο που μπορεί να εξηγήσει τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, αφού αρκετοί μελετητές αρκετά χρόνια σημειώνουν τη διατήρηση υφασμάτων σε ξηρά περιβάλλοντα (Peacock 1996, Solazzo et al. 2013). Όμως, παρόλο που το αντικείμενο έχει διατηρήσει σε μεγάλο βαθμό τις αρχικές του διαστάσεις, παρουσιάζει κατά το χειρισμό του σχεδόν μηδενική μηχανική αντοχή και εκτεταμένη θραύση των ινών, γεγονός αναμενόμενο, εφόσον ένα αρχαιολογικό αντικείμενο διασωζόμενο σε ξηρό περιβάλλον με έλλειψη υγρασίας, έχει υποστεί εκτεταμένη αφύγρανση, συρρίκνωση των ινών και απώλεια της ελαστικότητας του (Cronyn, 1990).

6. Βιβλιογραφία

• Ξενόγλωση

Akyuz S., Akyuz T., Cakan B. and Basaran S., (2014), Investigations of the historic textiles excavated from Ancient Ainos (Enez – Turkey) by multiple analytical techniques. *Journal of Molecular Structure*, 1073:37–43.

Azad M. and Avin A., (2018), Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review, In: *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX November 7-9, Băile Govora, Romania*, 1-9.

Barth A., (2007), Infrared spectroscopy of proteins. *Biochimica et Biophysica Acta* 1767, 1073–1101.

Boyatzis Stamatis, (2022), *Materials in art and archaeology through their infrared spectra*. Series in Archaeology – Discoveries of the Past. Nova Science Publishers: New York.

Budge A. Wallis, (1920), *Egyptian Hieroglyphic Dictionary*. John Murray, Albemarle Street, London, 136 p.

Cosgrave Bronwyn, (2000), *The Complete History of Costume and Fashion: From Ancient Egypt to the Present Day*. New York: Checkmark Books, 23-25 pp.

Cromwell J., (2020), Domestic Textile Production in Dakheleh Oasis in the Fourth Century AD., Egyptian textiles and their production: “word” and “object” Hellenistic, Roman and Byzantine periods. University of Nebraska – Lincoln, 139-149 pp..

Cronyn J.M., (1990), *The elements of Archaeological Conservation*, Routledge, London, 238-260 pp.

Günzler H. and Gremlich, H.-U., (2002), *IR Spectroscopy: An Introduction*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, , 30-35.

Haynes P.A., D. Sheumack, J. Kibby and J.W.Redmond, (1991), “Amino acid analysis using derivatisation with 9-fluorenylmethyl chloroformate and reversed-phase high performance liquid chromatography”, *Journal of Chromatography* 540, 177-185.

Isidore of Seville, (1911), *Etymologiae*. Ed. W.M. Lindsay. Etymologiae sive origines. OCT, 2 vol. Oxford, (XIX 22, 9).

Jørgensen L.B., (2011), “Clavi and Non-clavi: Definition of Various Bands on Roman Textiles”, In *Postprints Purpureae Vestes III. Textiles y tintes en la ciudad antigua. Actas del III Symposium Internacional sobre Textiles y Tintes del Mediterráneo en el mundo antiguo (Nápoles, 13-15 de Noviembre, 2008)*, C. Alfaron, Ph. Borgard, J.-P. Brun & R. Pierobon (eds.), Valancia–Naples, 75-80.

Kwaspen Anne, (2020), An exceptional way to join two textiles: A textile fragment from Hisn al-Bab, Egypt. *Archaeological Textiles Review No 62*, University of Copenhagen, 3-5.

Lewis M. D., (1992), *Wool dyeing. Society of Dyers and Colourists*, England, 2-42.

Margariti C., (2009), *Exploring the Application of Instrumental Analysis for the Conservation of Textiles Excavated in Greece*. University of Southampton, Faculty of Law, Arts and Social Sciences, School of Arts, 97.

Mazumder N. and Gordon R., (2022), *Diatom Microscopy*, Scrivener Publishing, USA, 4-6.

Odlyha M., Theodorakopoulos, Ch. and Campana R., (2007), Studies on Woolen Threads from Historical Tapestries. *AUTEX Research Journal*, 7:1, 9-18.

Orska-Gawrys J., Trojanowicz M., Urbaniak-Walczak K., Kehl J., Surowiec I., Szostek B. and Wrobel, M., (2003), A Chromatographic Investigation of Dyes Extracted from Coptic Textiles from the Museum in Warsaw. In: *Annual Report 2003, Institute of Nuclear Chemistry and Technology*, W. Smutek, E. Godlewska-Para, (eds.), 70-74.

Peacock E. E., (1996), Biodegradation and characterization of water-degraded archaeological textiles created for conservation research. *International biodeterioration & biodegradation*, 38:1, 49-59.

Politis D. K., (2007), *The World of Nabataeans, Volume 2 of the International Conference*. The World of the Herods and the Nabataeans held at the British Museum, 17–19 April 2001, Franz Steiner Verlag Stuttgart, 187-200.

Politis, D., K., (2019), *The Discovery, Excavation, Study, Conservation and Exhibition of Khirbat Qāzūn*, 433-446 pp.

Rajabinejad H., Zoccola M., Patrucco A., Montarsolo A., Rovero G. and Tonin C., (2017), Physicochemical properties of keratin extracted from wool by various methods, *Textile Research Journal*, 1-10, DOI: 10.1177/0040517517723028.

Retief P. F. and Cilliers L., (2010), Burial customs and the pollution of death in ancient Rome: procedures and paradoxes. *Acta Theologica Supplementum* 7, 128-146.

Smith W., (1875), *A dictionary of Greek and Roman antiquities*. J. Murray, London, 900-906 pp.

Solazzo C., Dyer J. M., Clerens S., Plowman J., Peacock, E. E. and Collins M. J., (2013), Proteomic evaluation of the biodegradation of wool fabrics in experimental burials. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 80, 48-59.

Wenning R., (2007), The Nabataeans in History. Original veröfentlichung in: Politis, Konstantinos D. (Hrsg.): The world of the Nabataeans: volume 2 of the International

Conference The World of the Herods and the Nabataeans held at the British Museum, 17 - 19 April 2001, Stuttgart 2007, 25-44.

Wild P. J., (1994), *Tunic No. 4219. An Archaeological and Historical Perspective*. Riggisberger Berichte 2, Abegg-Stiftung, CH-3132 Riggisberg. Ancient Textile Unit. Dept of Archaeology, The University Manchester, 9-36.

Wojciechowska E., Wlochowicz A. and Weselucha-Birczyńska A., (1999), Application of Fourier-transform infrared and Raman spectroscopy to study degradation of the wool fiber keratin. *Journal of Molecular Structure*, 307–318, 511–512.

- **Ελληνόγλωσση**

Γεωργιτσογιάννη Ν. Ε., (2007). *Ιστορία Ενδυμασίας Ι. Τομέας Κλωστοϋφαντουργίας & Ένδυσης*, Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα, 9-124 σσ.

Ελευθεριάδης Ι., Τσατσαρώνη Ε. και Νικολαΐδης Ν., (2015), *Χημεία και τεχνολογία του χρώματος*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, www.Kalipos.gr, ΣΕΑΒ, 160-162 σσ.

Τσουρινάκη Σ., (2002), Ένας Παιδικός χιτώνας στην Κοπτική Συλλογή του Μουσείου Μπενάκη, *Αρχαιολογία και Τέχνες*, 83, 29-36.

Χατζηασλάνη Κ., (1989), *Μια μέρα στην Ακρόπολη, Αρχαία Ελληνική Ενδυμασία*. Υπουργείο Πολιτισμού – Α΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασσικών Αρχαιοτήτων. Επιτροπή Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως – Εκπαιδευτικά Προγράμματα, 1-4σσ.

- **Διαδικτυακή**

Akkurt Sedat, (2004), *Optical Microscopy Notes*, <http://web.iyte.edu.tr/~sedatakkurt/me409/om.pdf>, 1-5, Πρόσβαση: 10/5/22.

Khan Uthman, (2014), *Islamic Clothing, Then and Now*. https://www.researchgate.net/publication/269279292_Islamic_Clothing_Then_and_Now_Table_of_Contents, 1-41, Πρόσβαση: 10/2/22.

Tamer F., (2013), Tunic for all segment of ancient Egyptian society, https://www.researchgate.net/publication/260312065_Tunic_for_all_segment_of_ancient_Egyptian_society_Tunic_for_All_Segments_of_Ancient_Egyptian_Society_Tunic_for_all_segment_of_ancient_Egyptian_society, 1-24, Πρόσβαση: 1/3/22.

7. Πίνακας Εικόνων, Πινάκων, Γραφημάτων, Σχημάτων Εικόνες

Εικόνα 1 Φωτογραφίες από το εσωτερικό του αντιόξινου κουτιού αποθήκευσης του χιτώνα (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 16)

Εικόνα 2 Σχεδιαστική αναπαράσταση του ενιαίου υφάσματος του χιτώνα (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 18)

Εικόνα 3 Σχέδιο που παρουσιάζει τις διαστάσεις του χιτώνα (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 19)

Εικόνα 4 Υπολείμματα ινιδίων από το χιτώνα όταν ανασηκώθηκε για να φωτογραφηθεί κάποια πλευρά (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 20)

Εικόνα 5α,β Φωτογραφία που παρουσιάζει τα σημεία δειγματοληψίας για τις φυσικοχημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 21)

Εικόνα 6 Σχεδιαστική αποτύπωση της απλούς ανισομερούς ύφανσης όπου επικρατεί το υφάδι (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 29)

Εικόνα 7 Παρουσίαση φθορών της εξωτερικής Α' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 32)

Εικόνα 8 Παρουσίαση φθορών της εσωτερικής Α' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 32)

Εικόνα 9 Παρουσίαση φθορών της εξωτερικής Β' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 32)

Εικόνα 10 Παρουσίαση φθορών της εσωτερικής Β' πλευράς (© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 32)

Εικόνα 11α-γ Παρουσίαση ινών όπως εικονίζονται στο οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός. Είναι εμφανή τα επιθηλιακά κύτταρα που συναντώνται σε ίνες προερχόμενες από τρίχωμα ζώου(© Αβραμόπουλος, 2021). (Σελ. 35)

Εικόνα 12α/β Ίνες μαλλιού από στημόνι (α) και υφάδι (β), όπου διακρίνονται τα επιθηλιακά κύτταρα (φολίδες), (μεγέθυνση x950 & x1600 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 36)

Εικόνα 13 Ίνα μαλλιού όπου δε διακρίνονται τα επιθηλιακά κύτταρα (φολίδες), αλλά η απομείωση των λεπτομερειών των επιφανειών τους (μεγέθυνση x1,600), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 36)

Εικόνα 14α-β Ίνες μαλλιού όπου διακρίνονται επικαθίσεις (μεγέθυνση x1,600 & x1,000 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 37)

Εικόνα 15 Λεπτομέρεια από σημείο κόκκινων ινών από το δείγμα Νο12 χωρίς πολλές επικαθίσεις (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 37)

Εικόνα 16 Λεπτομέρεια με αρκετές επικαθίσεις από το δείγμα με επικαθίσεις χόματος Νο8 και μερική θραύση των ινών (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 37)

Εικόνα 17 Παρουσίαση μικροοργανισμού (μεγέθυνση x5,000), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 38)

Εικόνα 18α/β Ίνες μαλλιού όπου διακρίνονται διαφορετικά μεγέθη διαμέτρων (μεγέθυνση x1,000 & x220 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 38)

Εικόνα 19α/β Παρουσίαση του πάχους μάλλινου νήματος από τα δείγματα Νο1 και Νο2 (μεγέθυνση x110 & x160 αντίστοιχα), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 38)

Εικόνα 20 Όψη νήματος που παρουσιάζει μη εκτενή θραύση των ινών (μεγέθυνση x1,800), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 39)

Εικόνα 21 Μη εκτενείς μικρορωγματώσεις κατά μήκος της μάλλινης ίνας (μεγέθυνση x25), (© Εργαστήριο SEM-EDS, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 39)

Εικόνα 22 ATR-FTIR φάσμα όπου παρουσιάζει τις κορυφές του δείγματος αναφοράς του μαλλιού, (© Εργαστήριο ATR-FTIR, ΠΑΔΑ, Αβραμόπουλος 2021). (Σελ. 44)

Πίνακες

Πίνακας 1 Μέσος όρος των τιμών των αποτελεσμάτων των δειγμάτων από τις αναλύσεις EDS (© Αβραμόπουλος 2022). (Σελ. 41)

Γραφήματα

Γράφημα 1 Ανόργανα στοιχεία που ανιχνεύτηκαν κατά τις αναλύσεις με EDS σε μικρότερα ποσοστά (© Αβραμόπουλος 2022). (Σελ. 42)

Γράφημα 2 Ποσοστά του πυριτίου (Si) κατά τις αναλύσεις όλων των δειγμάτων με EDS (© Αβραμόπουλος 2022). (Σελ. 42)

Γράφημα 3 Ποσοστά του ασβεστίου (Ca) κατά τις αναλύσεις όλων των δειγμάτων με EDS (© Αβραμόπουλος 2022). (Σελ. 41)

Γράφημα 4 Ποσοστά του θείου (S) κατά τις αναλύσεις όλων των δειγμάτων με EDS (© Αβραμόπουλος 2022). (Σελ. 41)