



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού  
Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης

## Πτυχιακή Εργασία

Λήδα Ντίνου

A.M. 18676004

«Η συντήρηση υφασμάτινου φιτιλιού από θερμαντικό σώμα κηροζίνης, από την συλλογή της εταιρείας ΕΥΔΑΠ»

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σταυρούλα Ράπτη

Αθήνα 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ**

Λήδα Ντίνου  
Α.Μ. 18676004

**Πτυχιακή Εργασία**  
Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σταυρούλα Ράπτη

Αθήνα 2023

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ντίνου Λήδα του Βάιου-Αλέξανδρου με αριθμό μητρώου 18676004 του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι 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 πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



**Τριμελής Επιτροπή:**

1. Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ράπη Σταυρούλα

2. Καρατζάνη Άννα

3. Σταμάτιος Μπογιατζής

## Περίληψη

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τη μελέτη και μεθοδολογία συντήρησης ενός υφασμάτινου φιτιλιού, από θερμαντικό σώμα κηροζίνης (GREYDAHA\_M\_038), το οποίο ανήκει στη συλλογή του Μουσείου του Φράγματος του Μαραθώνα της ΕΥΔΑΠ.

Το αντικείμενο χρονολογείται περίπου το 1920 - 1930, κατά τη διάρκεια της κατασκευής του φράγματος του Μαραθώνα. Πρόκειται για ένα φιτίλι κυκλικού σχήματος που εφαρμόζεται στη δεξαμενή του σώματος με τη βοήθεια μεταλλικού φορέα, και τα τέσσερα κομμάτια στο κάτω μέρος εμβαπτίζονται μέσα στο υγρό καύσιμο. Η συντήρησή και διατήρησή του παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν λάβουμε υπόψη μας την καλή κατάσταση διατήρησης, που είχε, αναλογικά με τη φύση του.

Κατά τη διάρκεια της πτυχιακής ταυτοποιήθηκαν οι λεκέδες, που φέρει με αναλυτικές τεχνικές (SEM - EDX , FTIR, XRD), προκειμένου να διερευνηθεί τόσο η αναγκαιότητα αφαίρεσής τους προς όφελος της διατήρησης και προστασίας του αντικειμένου, όσο και η διατήρηση ορισμένων ως αναπόσπαστο κομμάτι της ιστορίας του.

Σχετικά με την αφαίρεση των λεκέδων από προϊόντα διάβρωσης μετάλλου διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα τοπικού καθαρισμού με την εφαρμογή δύο χηλικών αντιδραστηρίων (δινάτριο άλας αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος (2NaEDTA) και κιτρικό τριαμμώνιο (TAC)) σε συνδυασμό με δύο γέλες (άγαρ-άγαρ και gellan gum). Η γέλη άγαρ-άγαρ εφαρμόστηκε ως άκαμπτη μορφή και σε ημίρρευστη κατάσταση. Η αποτελεσματικότητα των δοκιμών καθαρισμού αξιολογήθηκε από τις μετρήσεις της χρωματομετρίας. Πιο αποτελεσματικός καθαρισμός πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή EDTA με άγαρ-άγαρ σε ημίρρευστη κατάσταση.

Λέξεις Κλειδιά : *φιτίλι, θερμαντικό σώμα, άγαρ, gellan gum, SEM - EDS, FTIR, XRF*

## ABSTRACT

This work presents a conservation study and methodology of a fabric wick from a kerosene heater (GR EYDAHA\_M\_038), which is part of the collection of the Marathon Dam Museum of EYDAP

The object dates to approximately 1920-30, during the construction of the dam. It is a circular-shaped wick that is affixed to the body of the kerosene heater using a metallic support, and the four pieces at the bottom are submerged in the liquid fuel. Its conservation and preservation are of particular interest, given its good state of preservation, relative to its nature.

During the thesis, the stains on it were identified using analytical techniques (SEM - EDX, FTIR, XRD) in order to explore both the necessity of their removal for the benefit of the object's preservation and protection, as well as the preservation of some as integral parts of its history.

Regarding the removal of stains from metal corrosion products, the effectiveness of local cleaning was investigated by applying two chelating agents (ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt (2NaEDTA) and triammonium citrate (TAC)) in combination with two gels (agar-agar and gellan gum). The agar-agar gel was applied in rigid form and in a semi-rigid state. The effectiveness of the purification tests was evaluated by colorimetric measurements. More effective purification was achieved by applying EDTA with agar-agar in semi-liquid state.

Key Words: wick, heater, textile, agar, gellan gum, SEM - *EDS*, *FTIR*, *XRF*

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	5
ABSTRACT.....	6
Ευχαριστίες .....	9
Κεφάλαιο 1. Στοιχεία Ταυτότητας του αντικειμένου μελέτης .....	11
1.1 Ιστορικά Στοιχεία της θέσης προέλευσης .....	11
1.2 Στοιχεία του συνόλου του αντικειμένου: Το θερμοκρασιακό σώμα.....	12
1.3 Το φιλίτι .....	13
Κεφάλαιο 2. Η Συντήρηση Υφασμάτων Αντικειμένων.....	14
2.1 Γενικά στοιχεία για τα Υφάσματα.....	14
2.2 Βασικές έννοιες στην Συντήρηση και Αποκατάσταση .....	15
2.3 Διαδικασίες Συντήρησης.....	16
Κεφάλαιο 3. Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις.....	18
3.1 Περιγραφή του αντικειμένου .....	18
3.2 Κατάσταση διατήρησης .....	19
3.3 Επίδραση οξειδίων/υδροξυ-οξειδίων του σιδήρου.....	20
Κεφάλαιο 4. Μικροσκοπικές και Φυσικοχημικές Αναλύσεις .....	21
4.1.Μικροσκοπικές αναλύσεις .....	21
4.1.1 Οπτικό μικροσκόπιο .....	21
4.1.2 Στερεομικροσκόπιο .....	22
4.1.3 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM) .....	26
4.2 Φυσικοχημικές αναλύσεις.....	28
4.2.1 Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς (EDS).....	28
4.2.2 Φθορισμομετρία Ακτινών Χ (XRF) .....	30
4.2.3 ATR-FTIR .....	33
Κεφάλαιο 5. Συντήρηση φιλίτιου.....	38
5.1 Προκαταρκτικά τεστ.....	38
5.1.1 Δοκιμές μονωτικών υλικών (masking film).....	38
5.1.2 Επιλογή συγκέντρωσης γέλης και θερμοκρασίας εφαρμογής ημίρρευστης γέλης .....	43
5.2 Εφαρμογή Εργασιών Συντήρησης.....	49
Κεφάλαιο 6. Αποτίμηση αποτελεσματικότητας του καθαρισμού.....	51
6.1 Φασματοφωτομετρία χρωματομέτρηση.....	51
6.2 Αποτελέσματα χρωματομέτρησης.....	53

6.3 Αξιολόγηση καθαρισμού .....	64
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα .....	66
Βιβλιογραφία .....	67
Πίνακας εικόνων.....	70



## Ευχαριστίες

Αρχικά επιθυμώ να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας, Ράπτη Σταυρούλα, για την ευκαιρία που μου δόθηκε να μελετήσω αυτό το αντικείμενο, για την καθοδήγηση, τη βοήθεια, τη στήριξη και τις γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου, καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Για την πολύτιμη βοήθεια στις αναλύσεις του SEM-EDAX, για το FTIR και XRF, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές του ΠΑΔΑ Καραμπότσο Θανάση, Μπογιατζή Σταμάτιο και Μαστροθεόδωρο Γεώργιο αντίστοιχα.

Για την παραχώρηση του αντικειμένου και την εμπιστοσύνη του ευχαριστώ θερμά την ΕΥΔΑΠ και το Μουσείο Φράγματος του Μαραθώνα.

Τέλος, ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου που με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια και είναι δίπλα μου σε κάθε μου απόφαση.

## Εισαγωγή

Η εργασία αυτή αναφέρεται στη μελέτη συντήρησης ενός υφασμάτινου φιτιλιού, το οποίο αποτελεί μέρος σύνθετου αντικειμένου και συγκεκριμένα ενός θερμαντικού σώματος που προέρχεται από τη συλλογή του Μουσείου του Φράγματος του Μαραθώνα της εταιρείας ΕΥΔΑΠ.

Το αντικείμενο βρέθηκε σε καλή κατάσταση διατήρησης κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης ολόκληρου του μεταλλικού θερμαντικού σώματος κατά τη διεξαγωγή του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος *Συντήρησης Μεταλλικών Αντικειμένων* του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, από την υπογράφουσα και τη φοιτήτρια Κρίθαρη Δάφνη

Παρόλα αυτά έφερε περιβαλλοντικές επικαθίσεις, επικαθίσεις αιθάλης και προϊόντα διάβρωσης του σιδήρου από την επαφή του με το μεταλλικό φορέα, ενώ σχετικά με τη μηχανική του αντοχή ορισμένα νήματα ήταν «ελεύθερα-χαλαρά» και είχαν διαφύγει της ύφανσης.

Η πτυχιακή αυτή αποτελείται συνεπώς από δύο μέρη. Στο πρώτο θεωρητικό μέρος αναφέρονται τα ιστορικά στοιχεία, που συνδέονται με την προέλευση αλλά και το ίδιο το αντικείμενο μελέτης. Στη συνέχεια γίνεται μια γενική αναφορά στα προϊόντα διάβρωσης του σιδήρου, στα υφασμάτινα αντικείμενα και τις διαδικασίες συντήρησής τους, αλλά και ηθικά ζητήματα που προκύπτουν πριν τις εργασίες συντήρησης.

Το δεύτερο πειραματικό μέρος περιλαμβάνει την πλήρη καταγραφή του αντικειμένου, η οποία έχει προκύψει από την μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση και τη φωτογραφική τεκμηρίωση. Στη συνέχεια καταγράφονται η δειγματοληψία και τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων, που πραγματοποιήθηκαν για να βοηθήσουν στην ταυτοποίηση των επικαθίσεων και λεκέδων. Με βάση τα παραπάνω διενεργήθηκαν προκαταρκτικά τεστ, ενώ τελικά για τη συντήρησή του επιλέχθηκαν μέθοδοι καθαρισμού ανάλογα με τις ανάγκες των επικαθίσεων και λεκέδων.

Στο τέλος παρουσιάζεται το αποτέλεσμα των εργασιών και το συντηρημένο αντικείμενο μέσα από την εκτίμηση και τα συμπεράσματα, ενώ προτείνεται μελλοντική φροντίδα για το αντικείμενο στο σύνολό του, για να μπορέσει να παραμείνει ασφαλές τεκμήριο για όσο το δυνατόν περισσότερα χρόνια δύναται.

## Κεφάλαιο 1. Στοιχεία Ταυτότητας του αντικειμένου μελέτης

### 1.1 Ιστορικά Στοιχεία της θέσης προέλευσης

Το φράγμα του Μαραθώνα και η δημιουργία τεχνητής λίμνης υπήρξε ένα μεγάλο έργο, που έδινε λύση στην ανάγκη ύδρευσης της πόλης των Αθηνών, μετά την κατάρρευση τμήματος του υδραγωγείου του Αδριανού που τροφοδοτούσε την πόλη, καθώς επίσης και μετά τις αυξημένες ανάγκες της πόλης με την κατακόρυφη αύξηση του πληθυσμού με την εγκατάσταση των προσφύγων την δεκαετία του 1920. Η λύση δόθηκε στις 23 Δεκεμβρίου 1924, με την υπογραφή της Σύμβασης μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου, της Αμερικανικής Εταιρείας ULEN και της Τράπεζας Αθηνών, όπου και ξεκινά, η κατασκευή των πρώτων σύγχρονων έργων ύδρευσης στην περιοχή της Πρωτεύουσας.

Με σύμβαση μεταξύ του ελληνικού κράτους και της εταιρίας ULEN και της Τράπεζας Αθηνών ιδρύεται στις 4 Νοεμβρίου του 1925 η Ανώνυμη Ελληνική Εταιρεία των Υδάτων των Πόλεων Αθηνών-Πειραιώς και Περιχώρων (ΑΕΕΥ) η οποία ανέβαλε τη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης.

Τα εγκαίνια του φράγματος πραγματοποιήθηκαν στις 25 Οκτωβρίου 1929, και έχει ύψος 54m και μήκος 285m (Χεκίμογλου, 2014).

Το 1926 δημιουργήθηκε ο οικισμός του Μαραθώνα, αφού το έργο για την κατασκευή του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας προοριζόταν να διαρκέσει πολλά χρόνια, για τη στέγαση και σίτιση 900 εργατών και των οικογενειών τους, την περίοδο 1926-1929. Ο οικισμός του Μαραθώνα αρχικά αποτελούσε μία πρακτική λύση για την ανάγκη παροχής καλύτερων συνθηκών διαβίωσης των εργαζομένων. Τα καταλύματα ήταν κατασκευασμένα από μάρμαρο, είχαν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και θερμαίνονταν τους χειμερινούς μήνες (Χεκίμογλου, 2014).

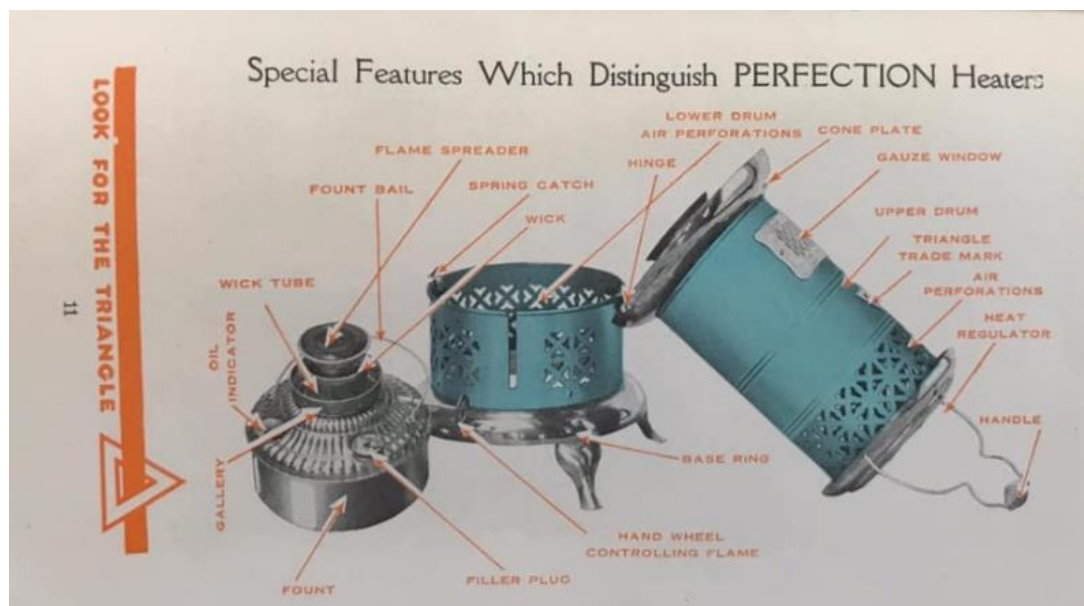
Ιστορικά εργαλεία, αντικείμενα και οικιακά σκεύη που παραχωρήθηκαν στους εργαζόμενους στο φράγμα εκείνη την περίοδο, έχουν συγκεντρωθεί και εκθέτονται στο Μουσείο του Φράγματος του Μαραθώνα της εταιρείας που διαχειρίζεται πλέον το υδροδοτικό σύστημα ΕΥΔΑΠ (Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας). Η ΕΥΔΑΠ ιδρύθηκε το 1980 μετά από τη συγχώνευση της Ανωνύμου Ελληνικής Εταιρείας Υδάτων των Πόλεων Αθηνών - Πειραιώς (Ε.Ε.Υ.) και περιχώρων και του Οργανισμού Αποχετεύσεως Πρωτεύουσας (Ο.Α.Π.) (Χεκίμογλου, 2014).

## 1.2 Στοιχεία του συνόλου του αντικειμένου: Το θερμαντικό σώμα

Το αντικείμενο που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι τμήμα (φιτίλι) ενός παλαιού τύπου φορητού θερμαντικού σώματος εσωτερικού χώρου, που λειτουργούσε με κηροζίνη. Πρόκειται για ένα είδος σόμπας όπου η λειτουργία του βασίζεται σε εκείνη ενός λαμπτήρα πετρελαίου.

Η ιδέα για την κατασκευή φορητών θερμαντικών σωμάτων, υλοποιήθηκε για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1880, από τους Miller, B&H, P&A και Standard Lighting Co. στο Κλίβελαντ των Η.Π.Α. Ξεκίνησαν να κατασκευάζουν φορητά θερμαντικά σώματα τα οποία ακολουθούσαν τη λογική των λαμπτήρων πετρελαίου. Αποτέλεσε πρωτοπόρα εφεύρεση, αφού παρείχε έως και 10.000 BTU<sup>1</sup>/ώρα.

Η βιομηχανία παραγωγής φορητών θερμαντικών σωμάτων επεκτάθηκε ευρέως. Το 1894, η Αμερικάνικη εταιρεία «Perfection» αναβάθμισε το μοντέλο μεγεθύνοντας τη διάμετρο του φιτιλιού στα 6.5cm, τοποθέτησε την δεξαμενή σε προστατευτικό χώρο (Εικ. 1) και ξεκίνησε να εμπορεύεται φορητά θερμαντικά σώματα.



Η παραγωγή τέτοιων θερμαντικών σωμάτων ξεκίνησε και στην Ευρώπη στα τέλη της δεκαετίας του 1880, και συγκεκριμένα στη Γαλλία, με την εμπορική σειρά «Kosmos Lamps (Gaurard)» και στις αρχές της δεκαετίας του 1900 στην Αγγλία, από τους Valor and Co, ενώ στην Ελλάδα δεν υπάρχουν γνωστές τέτοιες βιομηχανίες.

Τέτοιου είδους φορητά

θερμαντικά σώματα με διαστολέα φλόγας (Flame Spreader) σταμάτησαν μάλλον να παράγονται από όλες τις εταιρίες έως το 1984, όπου τελικά αντικαταστάθηκαν από Ιαπωνικούς θερμαντήρες καταλυτικού μετατροπέα (catalytic converter) (Stair, 2023).

Το θερμαντικό σώμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 αποτελείται από δύο μέρη: τη δεξαμενή (Εικ. 3.5) και την καμινάδα (Εικ. 3.6). Η δεξαμενή διαθέτει μικρό άνοιγμα στο οποίο βιδώνεται ένα μεταλλικό πώμα

<sup>1</sup> Μονάδα μέτρησης θέρμανσης και κλιματισμού



(Εικ. 3.4), από το οποίο περιχύνεται το υγρής μορφής καύσιμο. Είναι κυλινδρικής μορφής, με κενό στο κέντρο, από όπου υψώνεται ο μεταλλικός φορέας του φιτιλιού (Εικ. 3.1), ο οποίος υποστηρίζεται από το εξάρτημα ανύψωσης (Εικ. 3.3) που διαθέτει δεξιόστροφο μοχλό. Στην καμινάδα προσαρτίζεται η χειρολαβή του θερμαντικού σώματος (Εικ. 3.2).

Πάνω από τη δεξαμενή, τοποθετείται η καμινάδα. Είναι κυλινδρικής μορφής μεταλλικό αντικείμενο με διάτρητο μοτίβο σχεδίων σε σχήμα αμφίροπης κουτάλας στο πάνω και κάτω μέρος, ενώ διαθέτει πορτάκι στο ύψος της φλόγας που δημιουργεί η δεξαμενή.



Εικόνα 3: Τα επιμέρους τμήματα του θερμαντικού σώματος διαχωρισμένα. Από αριστερά προς τα δεξιά, (1) ο μεταλλικός φορέας του φιτιλιού, (2) η χειρολαβή, (3) το εξάρτημα ανύψωσης, (4) το ορειχάλκινο πώμα της δεξαμενής, (5) η δεξαμενή και (6) η καμινάδα.

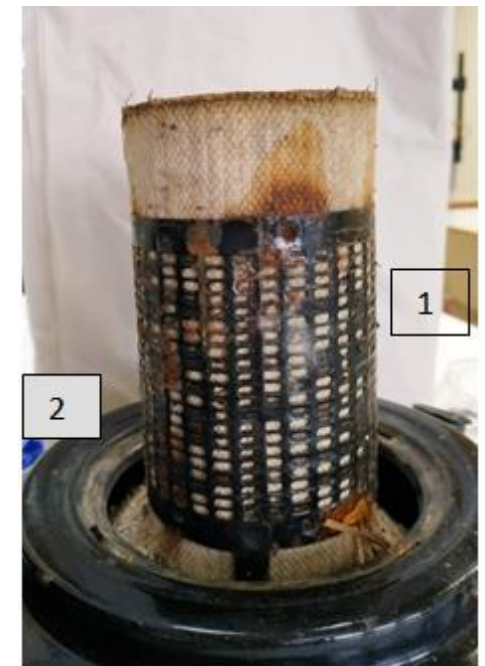
### 1.3 Το φιτίλι

Το φιτίλι που αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι κυλινδρικού σχήματος, αγκαλιάζει ένα ορειχάλκινο κύλινδρο (Εικ. 4) και πλαισιώνεται από ένα σιδερένιο διάτρητο φορέα (Εικ. 5.1) και στο κάτω μέρος παρουσιάζει τέσσερα σχισίματα, ώστε να βυθίζεται στην δεξαμενή και να απορροφά την κηροζίνη. (Εικ. 5.2).



Εικόνα 4: Δυο διαφορετικά δείγματα διαστολέων φλόγας.

Διαπιστώθηκε ότι απουσιάζει ένα εξάρτημα για να καταστήσει το θερμαντικό σώμα λειτουργικό, ο διαστολέας φλόγας (Εικ. 4), ο οποίος βιδώνει στο εσωτερικό της «τρύπας» που αφήνει ο μεταλλικός φορέας του φιτιλιού χάρη στις εγκοπές που διαθέτει. Η βασική λειτουργία του είναι να σταματά την υπερβολική ανύψωση της φλόγας και να αποτρέπει τη δημιουργία καπνού.



Εικόνα 5: Το φιτίλι όπως βρέθηκε στο θερμαντικό σώμα. (1) ο μεταλλικός φορέας, (2) η δεξαμενή.



Φορητά θερμαντικά σώματα τέτοιου τύπου κατασκευάζονταν κυρίως από χυτό σίδηρο, τον οποίο επικάλυπταν με στρώμα βαφής. Η βαφή ταυτοποιήθηκε σε μαύρο των οστών σύμφωνα με την Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς που πραγματοποιήθηκε σε δείγμα (Κρίθαρη και Ντίνου, 2022). Ο τρόπος κατασκευής του επέτρεπε την ύπαρξη δυνατής φλόγας και παραγωγής θερμότητας χωρίς καπνό. Έτσι μπορούσε να λειτουργεί σε εσωτερικούς χώρους χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος πυρκαγιάς ή δημιουργίας τοξικού περιβάλλοντος για το αναπνευστικό σύστημα των εργαζομένων. Ο μεταλλικός του σκελετός χρησίμευε κυρίως για να προφυλάξει τη φωτιά από το γύρω περιβάλλον, αλλά εκτός από ασφάλεια προσέδιδε και καλαισθησία.

Οι θερμαντήρες κηροζίνης δεν απαιτούσαν ηλεκτρισμό για να λειτουργήσουν και η κηροζίνη μπορούσε να αποθηκευτεί με ασφάλεια για χρόνια σε κατάλληλα δοχεία. Η ύπαρξη ενός οικιακού μέσου θέρμανσης χωρίς την ανάγκη διαρκούς προμήθειας καυσίμων, έδωσε στους κατοίκους της περιοχής του Μαραθώνα ελευθερία και αυτονομία, καθώς δεν ήταν ανάγκη να ταξιδεύουν στην Αθήνα για τροφοδότηση και να εξαρτώνται από την πόλη για τη θέρμανση των σπιτιών τους.

## Κεφάλαιο 2. Η Συντήρηση Υφασμάτων Αντικειμένων

### 2.1 Γενικά στοιχεία για τα Υφάσματα

Αν και η αρχή της υφαντικής δεν έχει τοποθετεί με ακρίβεια στο χρόνο, είναι σίγουρο, πως ξεκίνησε πολύ νωρίς στην ιστορία των πολιτισμών. Με την πάροδο των ετών η εξέλιξη της υφαντουργίας δημιούργησε τέχνηρα χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη τις ίνες, ενώ οι πιο διαδεδομένες κλωστικές ίνες κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες τις φυτικές, τις ζωικές και τις συνθετικές (Περιβολιώτου, 2004). Πρόκειται στο σύνολό τους για εύκαμπτα πολυμερή, το μήκος των οποίων είναι τουλάχιστον εκατό φορές μεγαλύτερο από το πάχος τους (Καραγιαννίδου, 2016). Τα υφαντικά παράγωγα στην πλειονότητά τους αφορούσαν τον ιματισμό, όμως υφάσματα μπορεί να συναντήσει κανείς οπουδήποτε, όπως στην επιπλοποιία, τους πίνακες και αλλού (Περιβολιώτου, 2004).

Δυστυχώς, τα υφάσματα υπόκεινται φθορά, λόγω της οργανικής φύσης των πρώτων υλών, των οποίων η φθορά ξεκινά από τη στιγμή που απομακρύνονται από το φυσικό τους περιβάλλον, συνεχίζεται στο στάδιο της κατεργασίας τους και εντείνεται κατά τη διάρκεια της χρήσης τους. Οι κυριότεροι παράγοντες, που προκαλούν την αποδόμηση των υφασμάτων είναι οι ακτινοβολίες, τόσο η ορατή, όσο κυρίως η υπεριώδης, η θερμοκρασία, η υγρασία, οι μικροοργανισμοί και τα έντομα, η έκθεση σε οξέα και βάσεις, οι μηχανικές καταπονήσεις, αλλά και ο συνδυασμός τους (Καβάσιλα, 2011).

Τα περισσότερα σωζόμενα ιστορικά υφάσματα στον Ελλαδικό χώρο ανήκουν σε λαογραφικές συλλογές. Υφάσματα και κεντήματα λειτούργησαν τόσο ως χρηστικά αντικείμενα, όσο και ως μέσο έκφρασης της λαϊκής κουλτούρας. Η εύρεση της πρώτης ύλης ήταν πάντα εύκολη και οικονομική, τουλάχιστον σε κάποια από τα είδη των ινών, και έτσι χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα από όλα τα κοινωνικά στρώματα.

## 2.2 Βασικές έννοιες στην Συντήρηση και Αποκατάσταση

Συντήρηση είναι η δραστηριότητα που εκτελείται από συντηρητή σε ένα αντικείμενο τη φορά, με στόχο τη σταθεροποίηση της παρούσας κατάστασης, την επιμήκυνση του χρήσιμου χρόνου ζωής του και πιθανόν την αποκατάσταση μιας ή και περισσότερων σημαντικών ιδιοτήτων του (Ζερβός, 2015). Οι βασικές διαδικασίες της συντήρησης σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς όπως το ICOM, το IIC, το AIC, το CIC είναι η τεχνική εξέταση, η συντήρηση και η αποκατάσταση αντικειμένων της πολιτισμικής και της φυσικής κληρονομιάς.

Σύμφωνα με την σύγχρονη πρακτική της συντήρησης και αναλύοντας τα στάδια εργασίας του συντηρητή μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω διαδικασίες:

- α. την καταγραφή των στοιχείων της ταυτότητας του αντικειμένου και των βασικών διαχειριστικών πληροφοριών που το συνοδεύουν,
- β. τη διαδικασία εξέτασης του αντικειμένου, που προσδιορίζει τη σπουδαιότητα ενός αντικειμένου, τη δομή και τα υλικά του, το είδος και την έκταση των φθορών και των αλλοιώσεων,
- γ. το στάδιο της διάγνωσης, όπου συνδυάζονται όλες οι παραπάνω γνώσεις για την εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης και την ερμηνεία αποτελεσμάτων, φαινομένων και τεκμηρίων,
- δ. την οργάνωση μεθοδολογίας και στρατηγικής αντιμετώπισης με μεθόδους της επεμβατικής συντήρησης, μεθόδους αποκατάστασης και μεθόδους προληπτικής συντήρησης ε. τη συντήρηση που περιλαμβάνει την εφαρμογή μεθόδων αποκατάστασης, προληπτικής ή και επεμβατικής συντήρησης (Χατζηδάκη, 2005).

Η θεωρία του C. Brandi, όπως αυτή διατυπώθηκε στα 1963 και αναφέρει ότι: *αποκατάσταση είναι η αναγνώριση ενός έργου ως έργο τέχνης μέσω μιας οποιασδήποτε αισθητικής τόσο στη φυσική του σύσταση όσο και στην διπλή αισθητική και ιστορική του υπόσταση με την προοπτική της μεταβίβασής του στο μέλλον* (Καραδέρος, 2009).

Η αποκατάσταση συχνά χρησιμοποιείται ως συνώνυμο της συντήρησης, αλλά αυτό πρέπει να αποφεύγεται γιατί υπονοεί την επιστροφή του αντικειμένου στην αρχική του κατάσταση. Σύμφωνα με τους διεθνείς χάρτες και τις αποφάσεις των διεθνών συνόδων για τη διατήρηση και τη συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και τη δεοντολογία του επαγγέλματος του συντηρητή, η

αποκατάσταση του αντικειμένου στην αρχική του κατάσταση δεν μπορεί και δεν πρέπει να αποτελεί στόχο μιας επέμβασης συντήρησης. Μπορεί να αλλοιώσει την ερμηνεία του αντικειμένου αλλά και στοιχεία της δομής και των υλικών του (Ζερβός 2015).

Πολλά είναι τα διλήμματα που απασχολούν τους συντηρητές πριν την έναρξη εργασιών συντήρησης για τη δημιουργία μιας σωστής μεθοδολογίας, ειδικά όταν αφορούν εργασίες οι οποίες είναι μη αναστρέψιμες. Η αρχή της επίλυσης των διλημάτων αυτών έγινε με τη σύνταξη του Χάρτη της Βενετίας το 1964 (Keene 1994, Podany 1994).

Συμφώνα με το διεθνές (ICOM-CC, E.C.C.O.) και ελληνικό κώδικα δεοντολογίας (ΦΕΚ Β' 382/2000) ο συντηρητής είναι υποχρεωμένος να σεβαστεί την αισθητική, την ιστορική, την υλική και δομική αρτιότητα των αντικειμένων και να διατηρεί τις πληροφορίες που μαρτυρούν τη χρήση των αντικειμένων τα οποία αναλαμβάνει να συντηρήσει.

Οι επαγγελματίες συντηρητές οφείλουν να ακολουθούν τις αρχές και τη δεοντολογία που διέπει την επιστήμη της συντήρησης επειδή οι διαδικασίες συντήρησης που λαμβάνουν χώρα, είναι πολλές φορές μη αναστρέψιμες, όπως ο καθαρισμός, και μπορούν να μεταβάλουν δραστικά ένα αντικείμενο ή να απομακρύνουν πληροφορίες που φέρει.

Σύμφωνα με τις αρχές που υιοθετούνται γενικά στην ηθική της συντήρησης, η συντήρηση θεωρείται ως η διαίωσιση του αντικειμένου ως απόδειξη για την τεχνολογία, τις αξίες ή τη χρήση του στο παρελθόν. Οι εκτεταμένες επεμβάσεις στα αντικείμενα περιορίζονται όλο και περισσότερο (Keene, 1994).

Εφόσον κάθε εύρημα είναι διαφορετικό και μοναδικό, δεν υπάρχει ορισμένη διαδικασία στη διαχείριση των αρχαιοτήτων και των ιστορικών τεκμηρίων, καθώς διαμορφώνεται κάθε φορά με γνώμονα διαφορετικές παραμέτρους ανάμεσα στις οποίες είναι η χρονολόγησή του, η τεχνολογία κατασκευής και τα υλικά κατασκευής, οι συνθήκες εύρεσης και άλλα. Όμως, σε οποιαδήποτε περίπτωση ακολουθούνται βασικά στάδια τα οποία αναλύονται παρακάτω.

### 2.3 Διαδικασίες Συντήρησης

Η συντήρηση των υφασμάτων, περιλαμβάνει όλο το φάσμα της συντήρησης, όπως και άλλα πολύτιμα ιστορικά αντικείμενα. Στόχος είναι να μην αλλοιωθεί η δομή και το σχήμα του αντικειμένου. Οι διαδικασίες συντήρησης και αποκατάστασης συνδυάζονται και αντιπροσωπεύουν τις μεθόδους, που εφαρμόζονται, προκειμένου ένα υφασμάτινο αντικείμενο να αποκτήσει ικανοποιητική μορφή, όπου να μπορεί να γίνει αντιληπτό το αρχικό του σχήμα και να διατηρείται η αισθητική, ιστορική και υλική του ακεραιότητα. Το σύνολο των διαδικασιών είναι συχνά πολύπλοκο και ενέχει ορισμένους κινδύνους αλλά και προβληματισμούς (Djordjević et al. 2017).

Η πρώτη επαφή με οποιοδήποτε αντικείμενο είναι οπτική. Η τεκμηρίωση και καταγραφή του είναι το πρώτο σημαντικό στάδιο κατά το οποίο κάθε αντικείμενο αποκτά έναν μοναδικό αριθμό καταγραφής και μια καρτέλα με όλα τα σημαντικά για αυτό στοιχεία. Τα



αποτελέσματα της πρώτης ερμηνείας, κατά τη διάρκεια της οποίας χρησιμοποιούνται απλά μέσα εξέτασης, συνολικά γίνονται μέσω μακροσκοπικής εξέτασης. Όμως, η τεκμηρίωση της τεχνολογίας κατασκευής και η πραγματική κατάσταση διατήρησης των αντικειμένων, δεν είναι πάντα εμφανής μόνο με γυμνό μάτι (Καβάσιλα, 2011), για αυτό και οι συντηρητές προχωρούν σε μικροσκοπικές και χημικές αναλύσεις.

Το στάδιο του καθαρισμού, που ακολουθεί, είναι σύνθετο. Οι ρύποι που πιθανά έχουν εναποτεθεί στο εκάστοτε αντικείμενο ανά τα χρόνια ποικίλουν. Γενικά οι ρύποι αλλοιώνουν χρώματα και την εμφάνιση των υφασμάτινων αντικειμένων, ενισχύουν την αποδυνάμωση των ινών και δυσκολεύουν στο χειρισμό των αντικειμένων. Οι ρύποι, όμως πολλές φορές, αντικατοπτρίζουν μια σημαντική ιστορική στιγμή και αποτελούν ιστορικές μαρτυρίες της ζωής και της χρήσης του αντικειμένου. Οι επικαθήσεις που σχετίζονται με την αρχική χρήση του αντικειμένου αναφέρονται ως "εθνογραφικές επικαθήσεις" και μπορεί να αποτελούν για παράδειγμα, υπολείμματα τροφής σε μαγειρικά σκεύη και αγγεία, κερί ή λάδι σε λυχνάρια κ.ο.κ. Σε αυτήν την περίπτωση η εκτίμηση της σημασίας τους και η απόφαση ή μη της διατήρησής τους σχετίζονται με το τι είναι δεοντολογικά αποδεκτό από τον επαγγελματία συντηρητή, καθώς ο καθαρισμός είναι μια μη-αντιστρεπτή επέμβαση (Oddy, 1994).

## Κεφάλαιο 3. Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις

### 3.1 Περιγραφή του αντικειμένου

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, επικεντρώνεται σε ένα φιτίλι, που προέρχεται από θερμαντικό σώμα κηροζίνης, που διαχειρίζεται το εργαστήριο Συντήρησης Μεταλλικών αντικειμένων με αριθμό καταγραφής GREYDAHA\_M\_038.

Το φιτίλι είναι κατασκευασμένο από ύφασμα πιθανά κυτταρινικής σύστασης και έχει διαστάσεις 18.8cm (ύψος) και 11.5 cm (πλάτος) (Εικ. 6). Σύμφωνα με την βιβλιογραφία στα κυλινδρικά υφάσματα, όπως είναι και το φιτίλι, δεν υπάρχει ούγια αλλά τα κάθετα νήματα θεωρούνται στημόνια και τα οριζόντια υφάδια. (Chou and Chen, 1995). Η ύφανσή του είναι απλή 1/1. Τα στημόνια είναι τετράκλιωνα και η στρέψη τους είναι Z και τα νήματα τους (κλώνοι) έχουν στρέψη S (Εικ. 7), ενώ το υφάδι αποτελείται από δύο νήματα που έχουν στρέψη S (Εικ. 8). Το αντικείμενο, όπως προαναφέρθηκε, βυθιζόταν στην δεξαμενή για να απορροφά την κηροζίνη και για το λόγο αυτό φέρει στο κάτω μέρος τέσσερα κοψίματα ύψους 5,8-6,5cm.



Εικόνα 6: Φωτογραφική τεκμηρίωση του αντικειμένου σε όλες τις όψεις



Εικόνα 7: Στρέψη του στημονιού.



Εικόνα 8: Στρέψη του υφαιδιού.

### 3.2 Κατάσταση διατήρησης

Το φιτίλι βρέθηκε σε καλή κατάσταση διατήρησης αναφορικά με τη μηχανική του αντοχή. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν:

- Περιβαλλοντικές επικαθίσεις, όπως σκόνη, χόμα, αιθάλη και άχυρα, πιθανά προερχόμενα από τη χρήση ή/και την αποθήκευσή του.
- Αυξημένη ποσότητα οξειδίων/υδροξυ-οξειδίων του σιδήρου ( $Fe^{3+}$ ), προφανώς από τη διάβρωση του σιδερένιου διάτρητου φορέα. Αυτά έχουν προσροφηθεί στα νήματα και έχουν με τη σειρά τους δημιουργήσει συσσωματώματα στην επιφάνειά του.
- Λεκέδες γκρι χρώματος, πιθανά από τη βαφή του μεταλλικού μέρους του θερμαντικού σώματος.
- Στο πάνω μέρος του αντικειμένου παρατηρείται καύση των νημάτων (ύψος 1 cm), εξαιτίας της χρήσης του αντικειμένου.
- Στα τέσσερα σημεία, που ήταν κομμένο στο κάτω μέρος, παρατηρούνται εκτενώς «ελεύθερα-χαλαρά» νήματα, που έχουν απομακρυνθεί από την ύφανση (ξεφτισμένα).

Το θερμαντικό σώμα χρησιμοποιούσε κηροζίνη για τη λειτουργία του και πιθανά να υπάρχουν υπολείμματα στο φυτό εφόσον βυθιζόταν στη δεξαμενή, τα οποία αποτελούν ιστορικά τεκμήρια της χρήσης του και θα ήταν προτιμότερο να διατηρηθούν εφόσον αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ιστορίας του αντικειμένου. Στην ίδια συλλογιστική εντάσσεται και η αιθάλη που αποτελεί προϊόν καύσης και είναι ιστορικό τεκμήριο της χρήσης του.

### 3.3 Επίδραση οξειδίων/υδρόξυ-οξειδίων του σιδήρου

Τα πιο συνηθισμένα προϊόντα οξείδωσης του σιδήρου, είναι ο γκαιτίτης, ο λεπιδοκροκίτης, ο ακαγκαινίτης, αιματίτης, μαγκεμίτης, μαγνητίτης.

Τα προϊόντα διάβρωσης του σιδήρου, εκτός από τη μείωση της αισθητικής αξίας των αντικειμένων, μπορούν να υποβαθμίσουν τα κυτταρινικά υποστρώματα, αφού τα ιόντα σιδήρου δρουν ως καταλύτες σε διάφορες διαδικασίες οξείδωσης. Οι διαδικασίες αυτές οδηγούν στον αποπολυμερισμό των οργανικών χημικών συστατικών και κατά συνέπεια, στη μείωση της μηχανικής τους αντοχής (Baker, 1980).

Για το λόγο αυτό είναι επιβεβλημένη η αφαίρεση των οξειδίων/υδρόξυ-οξειδίων του σιδήρου από το αντικείμενο με ταυτόχρονη όμως τη διασφάλιση της διατήρησης της καμένης πλευράς, της αιθάλης και τυχόν υπολειμμάτων κηροζίνης.

### 3.4 Στόχος πτυχιακής εργασίας

Στόχος της μελέτης ήταν αρχικά η αναγνώριση του υλικού κατασκευής και εν συνεχεία της παθολογίας του, ώστε να διευρυνθεί η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας που θα επιτρέψει τον τοπικό καθαρισμό του φυτιλιού, ώστε να διατηρηθούν κάποια στοιχεία του φυτιλιού, καθώς αποτελούν ιστορικά στοιχεία που μαρτυρούν τη χρήση του. Αλλά και παράλληλα τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας δυο χημικών αντιδραστηρίων με τη χρήση δύο διαφορετικών γελών. Βασικά εργαλεία της έρευνας αποτέλεσαν οι διάφορες φυσικοχημικές μέθοδοι ανάλυσης και διάγνωσης, που πραγματοποιήθηκαν.

## Κεφάλαιο 4. Μικροσκοπικές και Φυσικοχημικές Αναλύσεις

Για την καλύτερη κατανόηση της τεχνολογίας κατασκευής και την εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής μικροσκοπικές και φυσικοχημικές αναλύσεις:

- Στερεομικροσκόπιο,
- Οπτικό μικροσκόπιο,
- Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης,
- Φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς,
- Φθορισμετρία Ακτινών Χ
- Φασματοσκοπία Υπερύθρου με Μετασχηματισμό Fourier με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση

### 4.1.Μικροσκοπικές αναλύσεις

#### 4.1.1 Οπτικό μικροσκόπιο

Για την αναγνώριση του υλικού κατασκευής των ινών πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία νημάτων, τόσο από τα υφάδια (Εικ. 9) όσο και από τα στημόνια (Εικ. 11). Το κάθε δείγμα ελήφθη με τη χρήση λεπτής λαβίδας και ψαλιδιού με μήκος περίπου 3 mm, ώστε να γίνει η παρατήρηση των μικροσκοπικών μορφολογικών χαρακτηριστικών. Τα δείγματα ελήφθησαν από περιοχές του υφάσματος που τα νήματα ήταν «ελεύθερα-χαλαρά» (ξεφτισμένα) για να μην προκληθεί περαιτέρω φθορά. Τα ληφθέντα δείγματα τοποθετήθηκαν σε αντικειμενοφόρες πλάκες και στη συνέχεια διανοίχθηκαν με τη βοήθεια καρφιτσών και τοποθετήθηκαν 1-2 σταγόνες από το διάλυμα νερού/ γλυκερίνης 1/1 και καλύφθηκαν με καλυπτρίδα.

Στη συνέχεια, παρατηρήθηκαν σε οπτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός, εταιρείας OPTIKA MicroscopesItaly, με προσοφθάλμιους φακούς WF 10X και αντικειμενικούς με μεγέθυνση 10/0,25 160/0,17. Κατά τη μικροσκοπική παρατήρηση διαπιστώθηκε η ύπαρξη εναλλακτικών δεξιόστροφων και αριστερόστροφων διπλώσεων, τόσο στα υφάδια (Εικ. 10) όσο στα στημόνια (Εικ. 12) τα οποία σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Markova, 2019) ταυτοποιούνται με βαμβάκι.





Εικόνα 9: Λήψη δείγματος από το υφάδι.



Εικόνα 10: Φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται ότι το υφάδι είναι βαμβάκι.



Εικόνα 11: Λήψη δείγματος από το στημόνι.



Εικόνα 12: Φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται ότι το στημόνι είναι βαμβάκι.

#### 4.1.2 Στερεομικροσκόπιο

Για την ενδελεχή παρατήρηση του αντικειμένου και την καλύτερη κατανόηση της τεχνολογίας κατασκευής, αλλά και της παρατήρησης των προϊόντων διάβρωσης του σιδήρου και των περιβαλλοντικών επικαθήσεων χρησιμοποιήθηκε στερεομικροσκόπιο εταιρείας OLYMPUS BO61. Οι φωτογραφίες λήφθηκαν με προσοφθάλμιους φακούς 10X και αντικειμενικούς σε μεγεθύνσεις x0,67, x0.80, x1, x1,2, x1.5, x2. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε κατά τη λήψη και την επεξεργασία ήταν το INFINITY CAPTURE και το Image Pro PLUS v 6.0.0.260.

Στην εξέταση του φιτιλιού στο στερεομικροσκόπιο παρατηρούνται με λεπτομέρεια οι περιοχές που φέρουν λεκέδες οξειδίων / υδροξειδίων του σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ), όπου σε μερικές περιοχές έχουν σχηματίσει συσσωματώματα πάνω στην επιφάνεια του φιτιλιού.



Εικόνα 14: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ).



Εικόνα 13: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ).



Εικόνα 16: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια συσσωματώματος οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ).



Εικόνα 15: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια συσσωματώματος οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ).

Παρατηρήθηκαν με λεπτομέρεια περιοχές που με την μακροσκοπική παρατήρηση φαίνονταν μαύρου χρώματος και ανακαλύφθηκε ότι μερικές από αυτές πρόκειται για λεκέδες μαύρου χρώματος (Εικ. 17, 18) και άλλες για περιβαλλοντικές επικαθήσεις (Εικ. 19, 20).

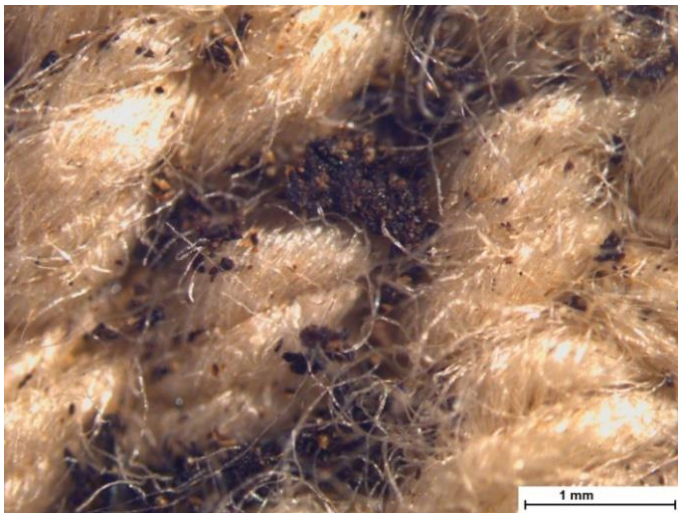




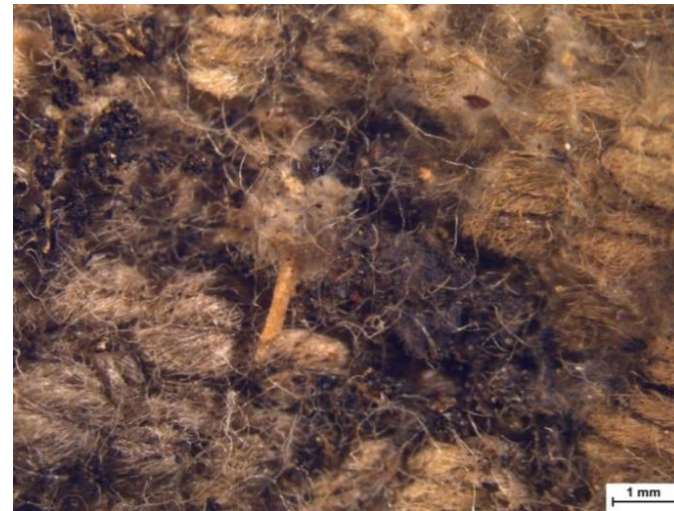
Εικόνα 17: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια μαύρου λεκέ και οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου.



Εικόνα 18: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια μαύρου λεκέ.



Εικόνα 20: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια του φιτιλιού με περιβαλλοντικές επικαθήσεις.



Εικόνα 19: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια του φιτιλιού με περιβαλλοντικές επικαθήσεις.

Παρατηρήθηκαν επίσης οι περιοχές που έχουν «ελεύθερα-χαλαρά» νήματα (ξεφτισμένα) (Εικ. 21, 22) και η καμένη περιοχή (Εικ. 23, 24).





Εικόνα 21: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από το κομμένο μέρος της βάσης.



Εικόνα 22: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από το κομμένο μέρος της βάσης.



Εικόνα 23: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από την καμένη πλευρά του φιτιλιού.



Εικόνα 24: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από την καμένη πλευρά του φιτιλιού.

### 4.1.3 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM)

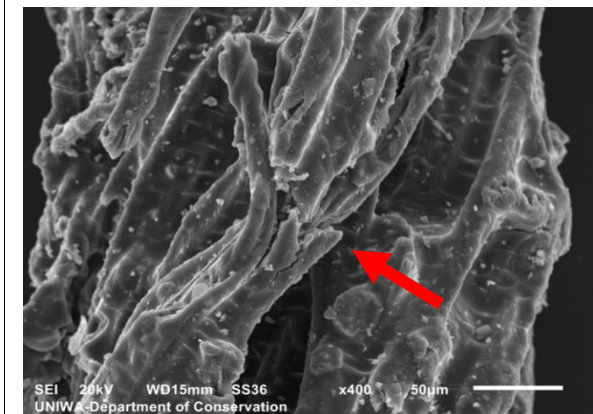
Λήφθηκαν δύο δείγματα από το άνω μέρος του φιτιλιού, από ελεύθερα νήματα στο σημείο καύσης, μήκους 3mm (Εικ. 25, 28) προκειμένου να εξεταστεί η κατάσταση διατήρησης των ινών. Δεν πάρθηκαν δείγματα από τις περιοχές με προϊόντα διάβρωσης μετάλλου για την αποφυγή περεταίρω φθοράς στο αντικείμενο. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε δειγματοφορείς (stubs) αλουμινίου με αγωγή κολητική ταινία άνθρακα διπλής όψεως, στην συνέχεια επιχρυσώθηκαν και παρατηρήθηκαν στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (JEOL JSM-6510LV) σε υψηλό κενό στα 20 kv.

Κατά την εξέταση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης επιβεβαιώθηκε η εκτίμηση που προηγήθηκε στο οπτικό μικροσκόπιο ότι οι ίνες είναι βαμβακερές (Εικ. 26). Οι ίνες εμφανίζονται ενωμένες μεταξύ τους πιθανά από τη διαδικασία καύσης (Εικ. 27). Επίσης, φέρουν εμφανείς επικαθίσεις διαφόρων διαβαθμίσεων όσον αφορά την έκταση. Υπήρχαν σημεία με επικαθίσεις, ενώ σε άλλα σχεδόν απουσιάζουν, γεγονός που βεβαιώνει τη διακύμανση της έκτασης των επικαθίσεων (Εικ. 26, 27). Επίσης σε πολλά σημεία παρατηρούνται νήματα με μερική θραύση και σημειακές μικρορωγματώσεις και απολεπίσεις (Εικ. 29, 30).

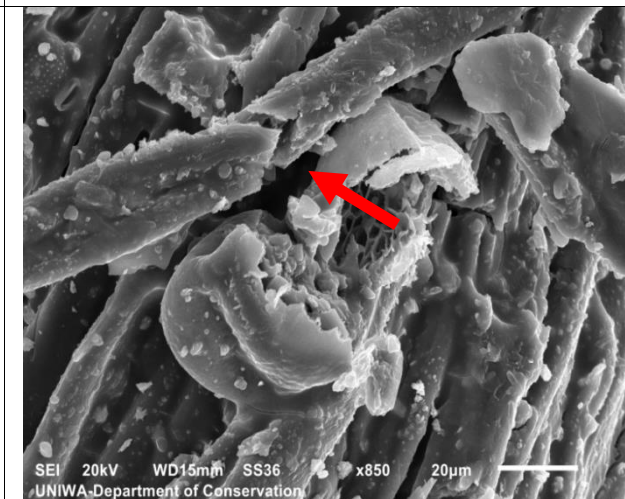
**Πίνακας 1: Αποτελέσματα SEM.**

Όνομα δείγματος	Θέση δειγματοληψίας	Φωτογραφίες
Δείγμα 1	 Εικόνα 25: Θέση λήψης δείγματος 1.	 SEI 20kV WD15mm SS36 x250 100µm UNIWA-Department of Conservation

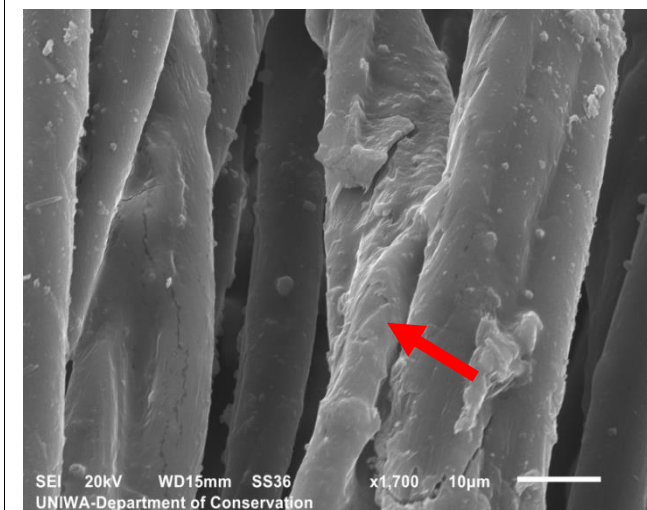
**Εικόνα 26:** Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται θραύση των ινών.



**Εικόνα 27:** Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται θραύση των ινών.



**Εικόνα 29:** Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται θραύση των ινών.



**Εικόνα 30:** Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται απολέπιση των ινών.

Δείγμα 2



**Εικόνα 28:** Θέση λήψης δείγματος 2.



## 4.2 Φυσικοχημικές αναλύσεις

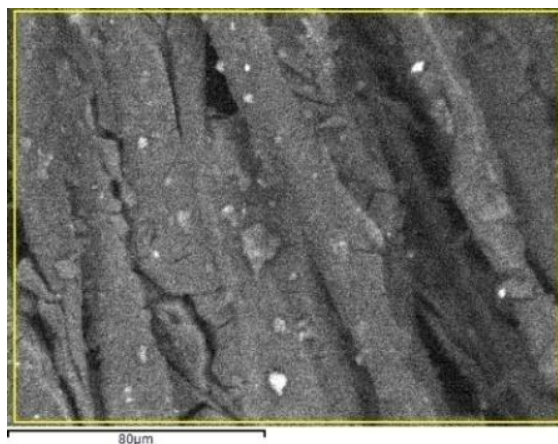
### 4.2.1 Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς (EDS)

Η στοιχειακή μικροανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (JEOL JSM-6510LV) σε 20 Pa-υψηλό κενό στα 20 kv, σε spot size 70, εξοπλισμένο με ανιχνευτή IncaX-act Φασματοφωτόμετρο Ενεργειακής Διασποράς PENTAFET®/PRECISION (Oxford Instruments, Oxford, UK), Η λήψη και επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το λογισμικό INCA®. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν υπό την εποπτεία της κ. Ράπτη.

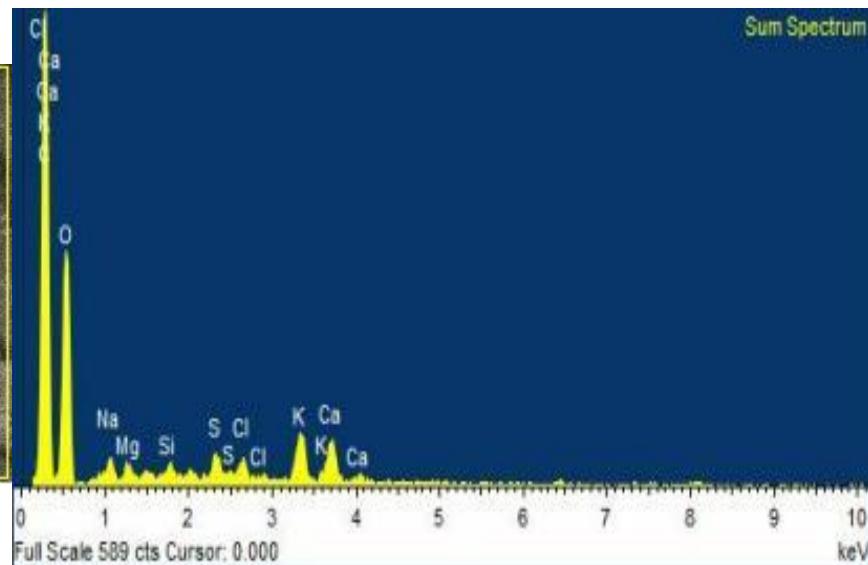
Η Φασματοσκοπία Ενεργειακής Διασποράς προσδίδει ημιποσοτική μέτρηση του ποσοστού των στοιχείων που ανιχνεύτηκαν (weight %), το οποίο υπολογίζεται λογισμικά σε σχέση με το συνολικό στοιχειακό προφίλ του οργανικού υποστρώματος (C, O). Τα αποτελέσματα της εξέτασης με EDS, όπως παρουσιάζεται στα φάσματα, έδειξαν πως όλα τα δείγματα έχουν σχεδόν κοινά ανόργανα στοιχεία τα οποία αυξομειώνονται σε πολύ μικρά ποσοστά.

Ανάλογα με την περιοχή ανιχνεύτηκαν κάλιο (K) και ασβέστιο (Ca) σε ποσοστά 1-2% και σίδηρο (Fe), χαλκό (Cu), νάτριο (Na), θείο (S), χλώριο (Cl), μαγνήσιο (Mg), πυρίτιο (Si) και αργίλιο (Al) σε ποσοστό κάτω του 1%.

Στο φάσμα που λήφθηκε από το φιλί παρατηρούνται κατά πλειοψηφία τα ίδια στοιχεία (S, Si, Fe, Al, K, Mg, Cl, Cu, Ca) σε σχέση με αυτά που ανιχνεύτηκαν από την βαφή του θερμαντικού σώματος, γεγονός το οποίο οφείλεται στην γεινίαση του φιλίου με τα μεταλλικά μέρη του θερμαντικού σώματος. Εκτός του σιδήρου και του χαλκού, τα υπόλοιπα στοιχεία που ανιχνεύτηκαν αφορούν πιθανώς επικαθήσεις από το περιβάλλον αποθήκευσης.



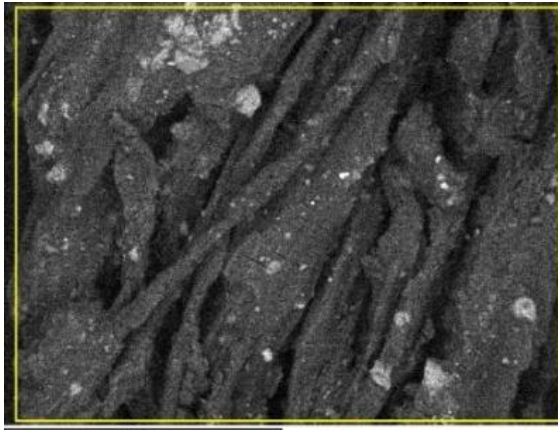
Εικόνα 32: Δείγμα 1 φωτογραφία EDS.



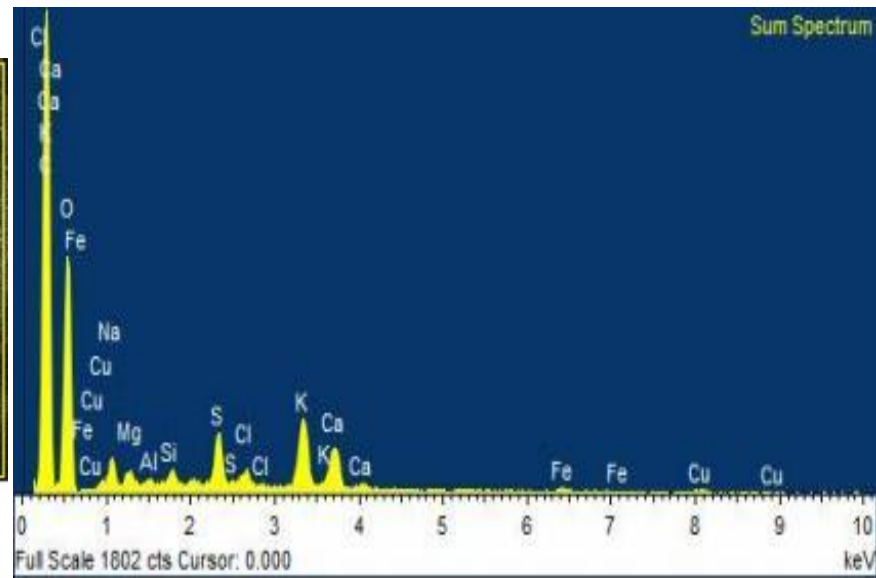
Εικόνα 31: Φάσμα του δείγματος 1.

#### Αποτελέσματα % weight:

O: 47.69%, C: 45.11%, K: 2.06%, Ca: 1.81%, Na: 0.96%, S: 0.76%, Cl: 0.72%, Mg: 0.53%, Si: 0.36%



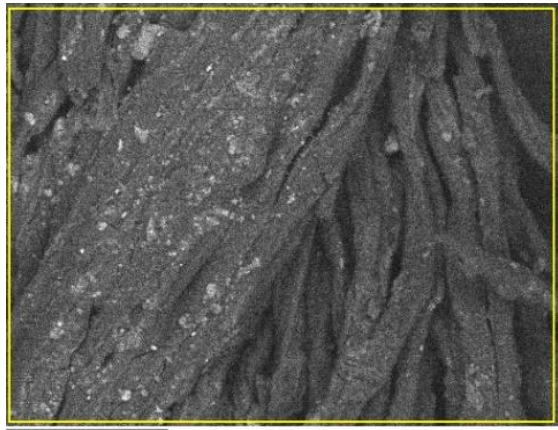
Εικόνα 33: Δείγμα 2 φωτογραφία EDS.



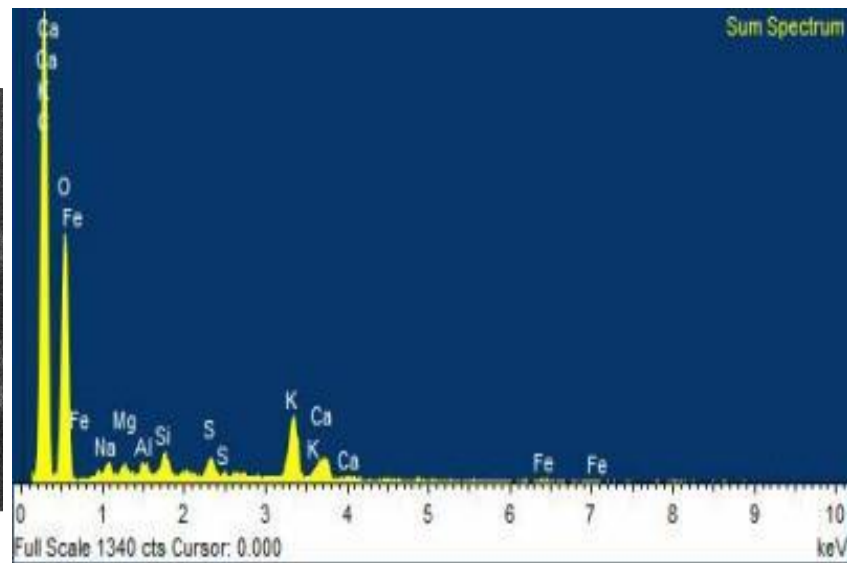
Εικόνα 34: Φάσμα του δείγματος 2.

**Αποτελέσματα % weight:**

C: 47.18%, O: 42.89%, K: 2.61%, Ca: 1.86%, S: 1.54%, Na: 1.34%, Cu: 0.82%, Cl: 0.52%, Mg: 0.39%, Fe: 0.38%, Si: 0.31%, Al: 0.16%



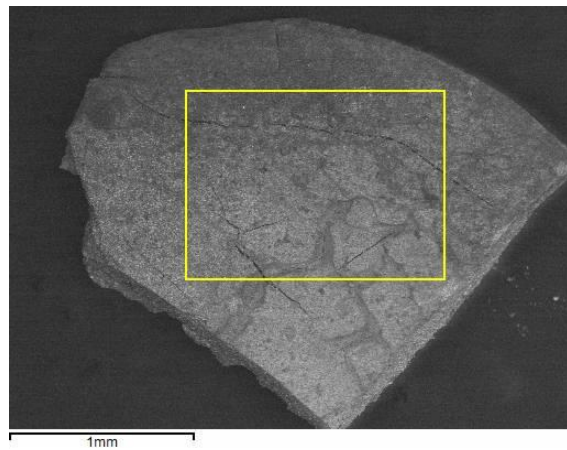
Εικόνα 35: Δείγμα 2.1 φωτογραφία EDS.



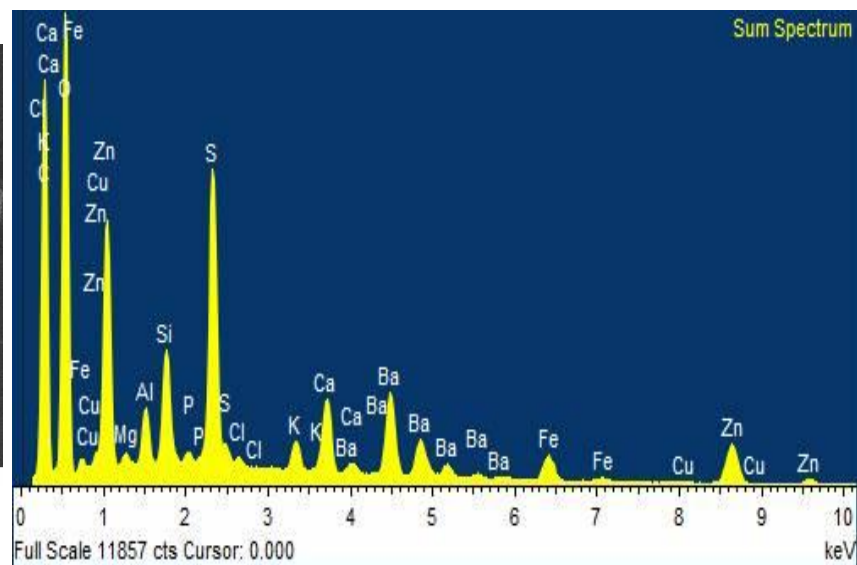
Εικόνα 36: Φάσμα του δείγματος 2.1.

**Αποτελέσματα % weight:**

O: 49.51%, C: 43.50%, K: 2.89%, Ca: 1.10%, Na: 0.67%, S: 0.64%, Si: 0.59%, Al: 0.39%, Fe: 0.39%, Mg: 0.32%



Εικόνα 37: Δείγμα τις μαύρης βαφής του θερμαντικού σώματος.



Εικόνα 38: Φάσμα του δείγματος τις μαύρης βαφής του θερμαντικού σώματος.

#### Αποτελέσματα % weight:

O: 38.16%, C: 35.89%, Ba: 7.65%, Zn: 6.00%, S: 4.96%, Si: 1.69%, Ca: 1.68%, Fe: 1.60%, Al: 0.87%, K: 0.65%, Mg: 0.28%, Cl: 0.21%, P: 0.20%, Cu: 0.16%

#### 4.2.2 Φθορισμετρία Ακτίνων X (XRF)

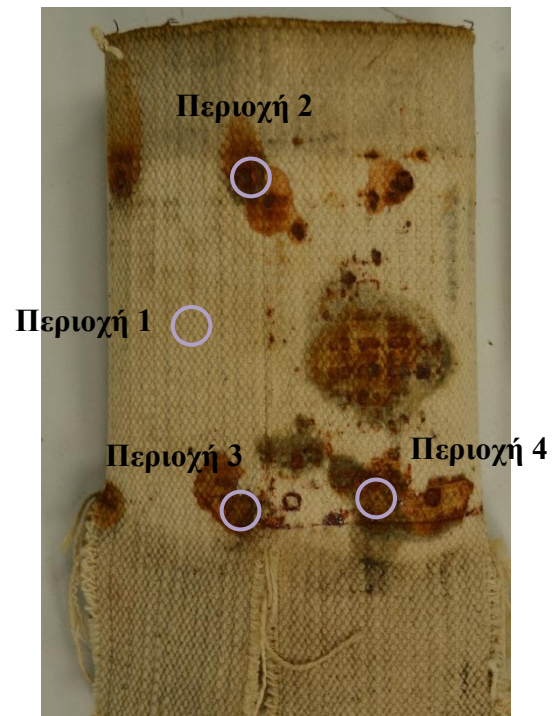
Για τη στοιχειακή ανάλυση τεσσάρων σημείων του φιτιλιού, όπως φαίνονται στην εικόνα 42 από τα οποία δεν μπορούσε να ληφθεί δείγμα, χρησιμοποιήθηκε το φορητό XRFTRACER 5G της Bruker σε ρύθμιση 50 kvolt και 10 mA από τον κο Γ. Μαστροθεόδωρο. Η ανάλυση των φασμάτων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Artax software Ver 8-476. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα της στοιχειακής ανάλυσης EDS, εφόσον ανιχνεύτηκαν σχεδόν τα ίδια στοιχεία (K, Ca, Cu, Fe) και επιπλέον ψευδάργυρος (Zn), ο οποίος μαζί με το Cu οφείλεται προφανώς στην επαφή του φιτιλιού με τα ορειχάλκινα τμήματα του θερμαντικού σώματος (Εικ. 39, 40).



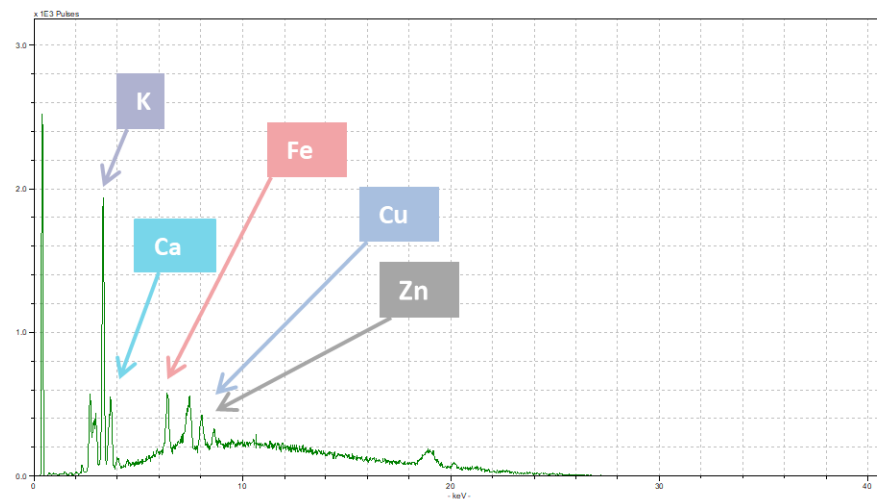
Εικόνα 39: Το φιτίλι που έρχεται σε επαφή με τον ορειχάλκινο κύλινδρο της δεξαμενής.



Εικόνα 40: Ο ορειχάλκινος κύλινδρος.

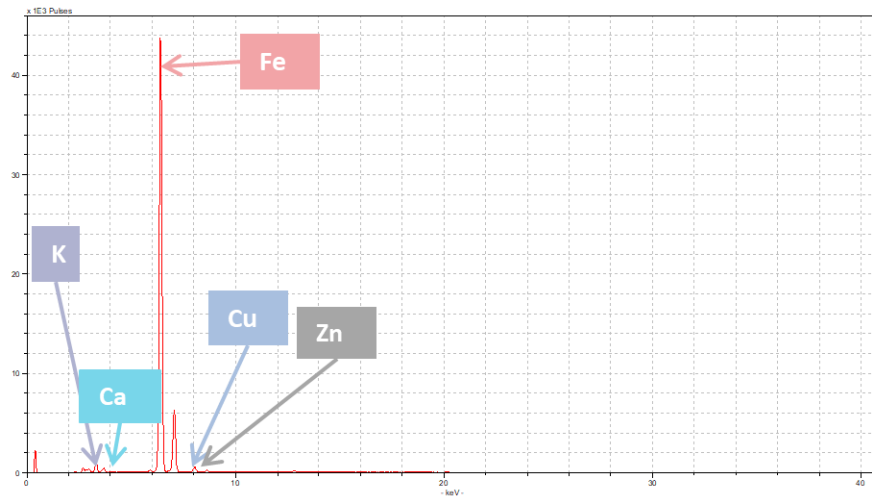


Εικόνα 41: Σημεία λήψεων των μετρήσεων.

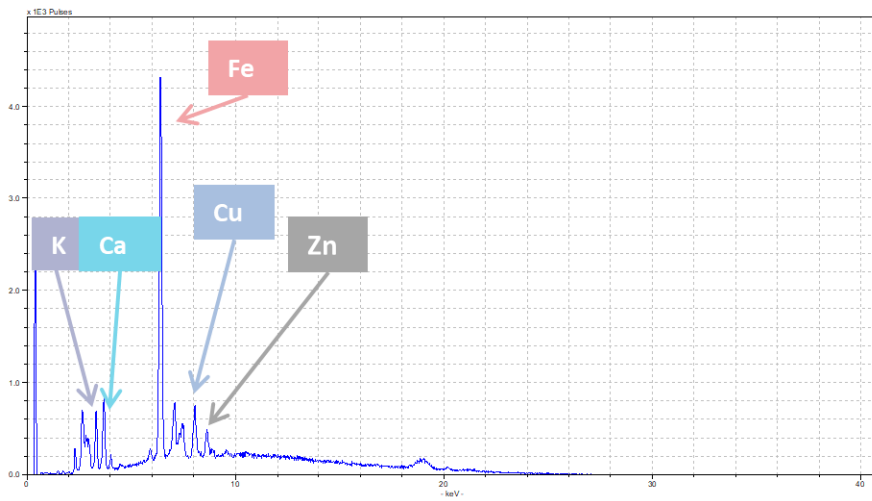


Εικόνα 42: Αποτελέσματα από την περιοχή 1.

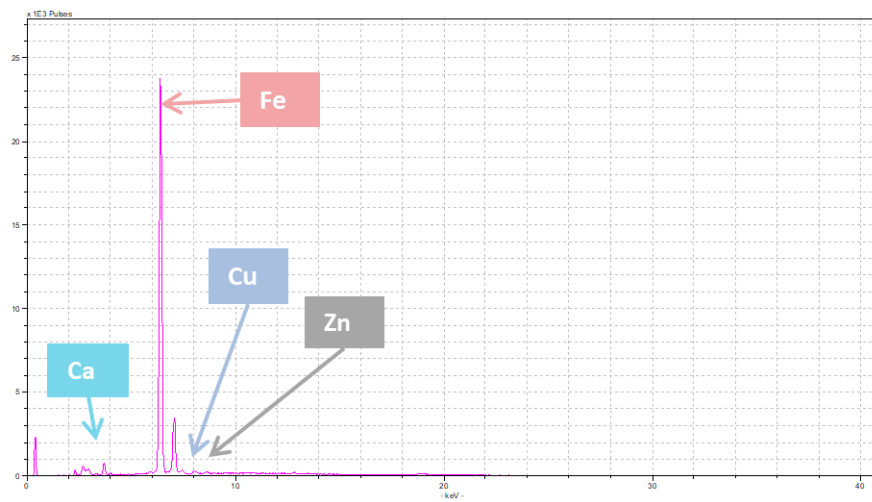




Εικόνα 43: Αποτελέσματα από την περιοχή 2.



Εικόνα 44: Αποτελέσματα από την περιοχή 3.



Εικόνα 45: Αποτελέσματα από την περιοχή 4.

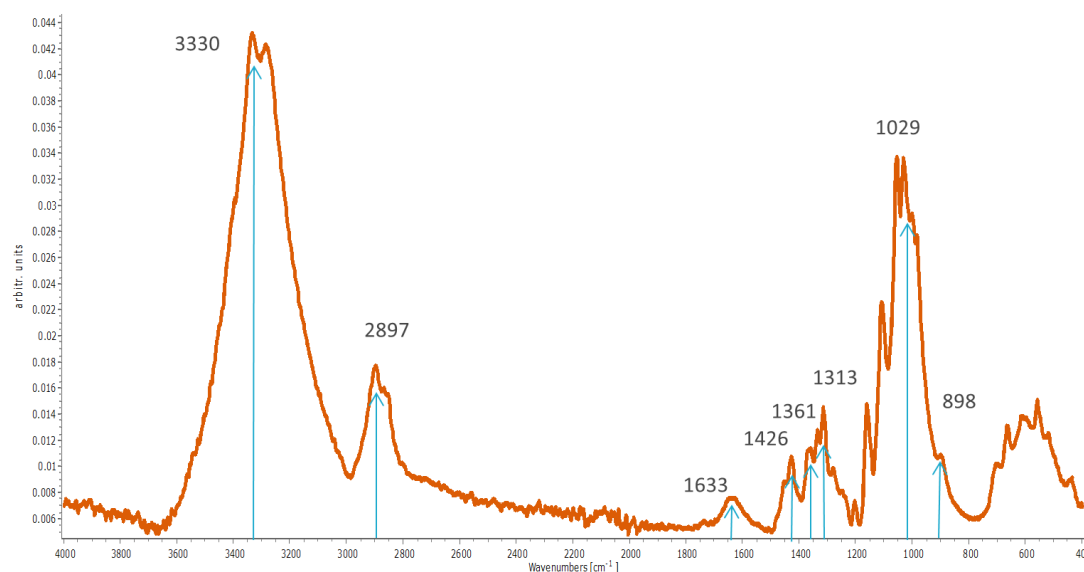


### 4.2.3 ATR-FTIR

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 κρύσταλλο διαμαντιού με δείκτη διάθλασης 2.42 και διάμετρο κρυστάλλου διαμαντιού 2mm. Τα φάσματα απορρόφησης ATR-FTIR καταγράφηκαν στην περιοχή 4.000 έως 400  $\text{cm}^{-1}$  (24 σαρώσεις ανά φάσμα, με φασματική ανάλυση  $4\text{cm}^{-1}$ ) (Πίνακας 2). Σε όλα τα ληφθέντα φάσματα πραγματοποιήθηκε διόρθωση ATR (ATR correction) και προκειμένου να είναι εύκολη η ανάγνωση και η σύγκρισή τους έγινε διόρθωση της γραμμής βάσης (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 κανονικοποιήθηκαν (normalized) με τιμή 1, στην κορυφή  $1029\text{ cm}^{-1}$  κάνοντας την παραδοχή ότι είναι η πιο σταθερή συγκριτικά με τις υπόλοιπες, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Spectra Gryph 1.2.16.2.

Πίνακας 2: Παράμετροι ATR-FTIR.

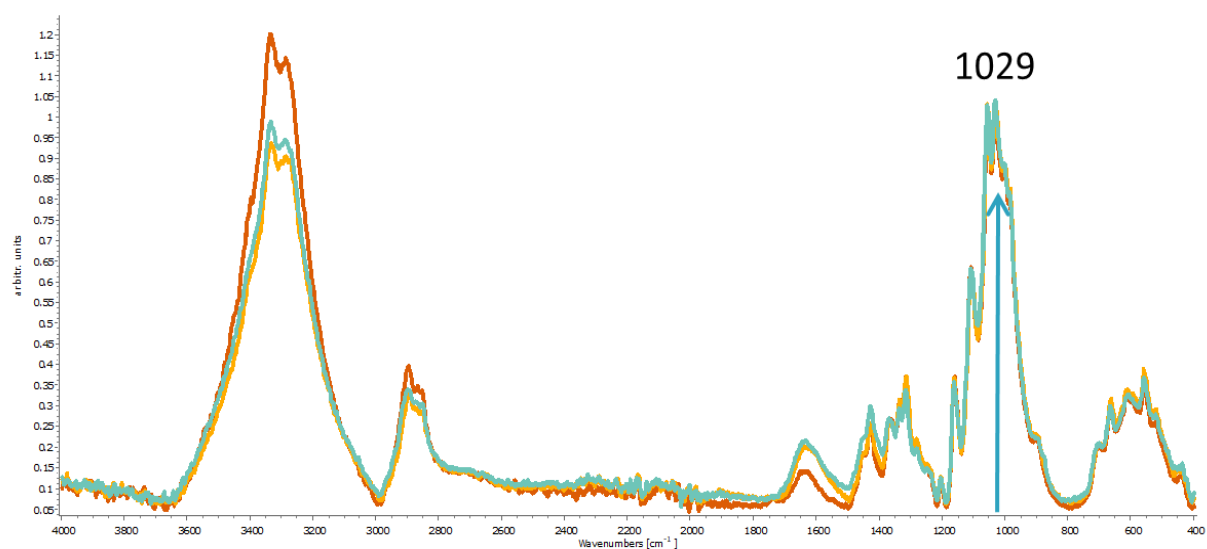
Σαρώσεις ανά φάσμα	24 scans
Περιοχή Φάσματος	4000-400 $\text{cm}^{-1}$
Φασματική Ανάλυση	4 $\text{cm}^{-1}$
Φάσμα	Απορρόφησης



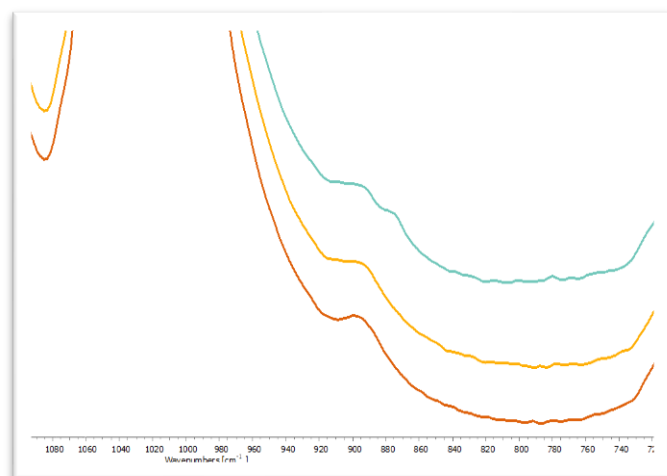
Εικόνα 46: Φάσμα δείγματος αναφοράς βαμβακερού υφάσματος με τις χαρακτηριστικές κορυφές της κυτταρίνης.

Κατά την εξέταση με τη μέθοδο ATR-FTIR τα φάσματα των περιοχών που εξετάστηκαν συγκρίθηκαν με αντίστοιχο φάσμα από δείγμα αναφοράς βαμβακερού υφάσματος (Εικ. 46), στο οποίο οι χαρακτηριστικές δονήσεις της κυτταρίνης εμφανίζονται με τις κορυφές στα  $1426, 1361, 1313, 1029$  και  $898\text{cm}^{-1}$ . Οι κορυφές που εμφανίζονται στα  $3330\text{cm}^{-1}$  και  $1633\text{cm}^{-1}$  είναι χαρακτηριστικές των υδροξυλίων της κυτταρίνης και αποδίδονται σε δεσμευμένο νερό στο εσωτερικό των κυττάρων.

Η κανονικοποίηση στα φάσματα (Εικ. 47), έγινε με βάση την κορυφή  $1029\text{ cm}^{-1}$ , κάνοντας την παραδοχή ότι αυτή η κορυφή είναι σταθερότερη συγκριτικά με τις άλλες, όπως φάνηκε και στα εξεταζόμενα φάσματα εφόσον δεν υπήρχε διαφορά στην έντασή της πριν την κανονικοποίηση. Η σύγκριση του βαμβακερού φάσματος αναφοράς (κόκκινο χρώμα) με βαμβακερό ύφασμα του φιτιλιού χωρίς λεκέδες που παρουσιάζεται με χρώμα πορτοκαλί και με ύφασμα του φιτιλιού με αιωρούμενα σωματίδια αιθάλης με πετρόλ χρώμα, δεν παρουσίασε διαφορές εκτός από τη δόνηση του γλυκοζιτικού δεσμού στα  $898\text{ cm}^{-1}$  (Εικ.48), όπου το τελευταίο παρουσίασε διεύρυνση/πλάτυνση της κορυφής, που είναι μια ένδειξη μικρής αποδόμησης της κυτταρίνης (δημιουργία μεγαλύτερου ποσοστού άμορφης κυτταρίνης).



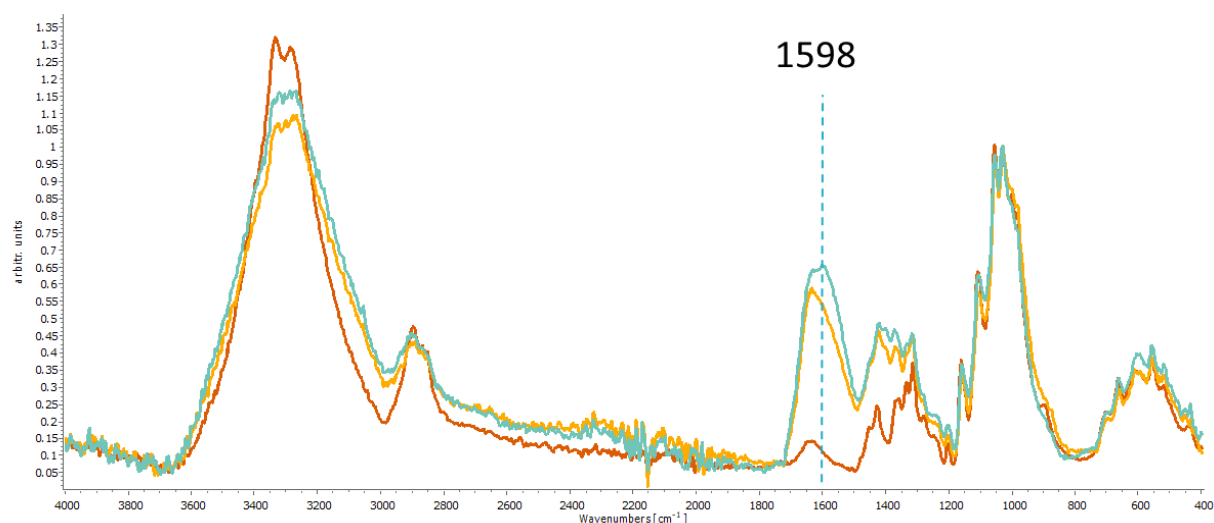
Εικόνα 47: Φάσματα από περιοχή του φιτιλιού χωρίς λεκέδες (πορτοκαλί) και από περιοχή με αιωρούμενα σωματίδια (πετρόλ) σε σύγκριση με το φάσμα αναφοράς (κόκκινο).



Εικόνα 48: Λεπτομέρεια των φασμάτων της κορυφής  $898\text{ cm}^{-1}$ , η οποία έχει διευρυνθεί και μετατοπιστεί προς τα δεξιά.

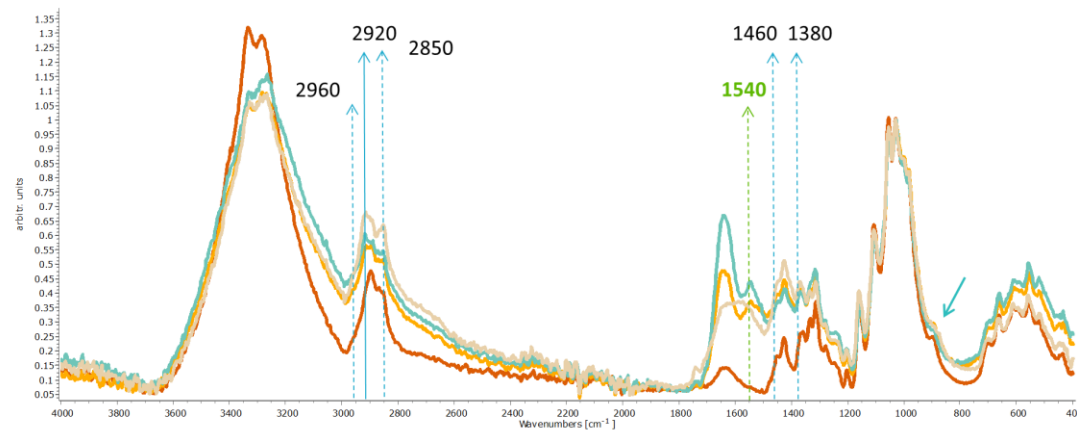
Τα παρακάτω φάσματα προέρχονται από το εξωτερικό και εσωτερικό άνω μέρος του φιτιλιού που έχει υποστεί καύση, με πετρόλ χρώμα και πορτοκαλί αντίστοιχα. Εδώ είναι αισθητή η διαφοροποίηση των φασμάτων όσον αφορά την ένταση των κορυφών στο δακτυλικό αποτύπωμα του βαμβακιού το οποίο υποδεικνύει την αλλοίωση που έχει προκύψει από την καύση.

Εμφανίζεται υψηλής έντασης κορυφή στα  $1598\text{ cm}^{-1}$  που αποδίδεται σε διπλό δεσμό άνθρακα αρωματικού δακτυλίου που προφανώς υποδεικνύει αλλοίωση που έχει προκύψει από την καύση. Παρατηρείται επίσης αισθητή μείωση της κορυφής της κυτταρίνης στα  $898\text{ cm}^{-1}$ .

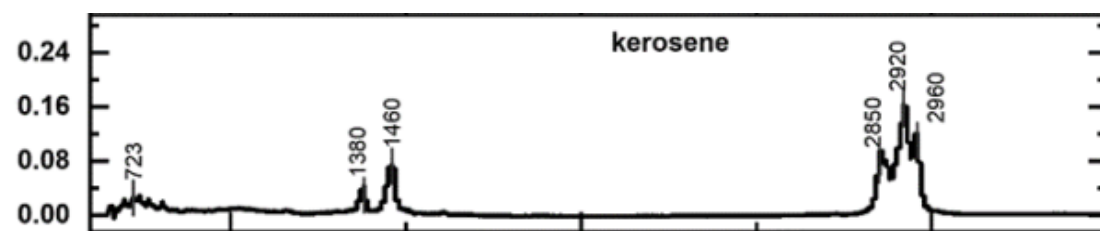


Εικόνα 49: Φάσματα που προέρχονται από το εξωτερικό (πετρόλ) και εσωτερικό (πορτοκαλί) άνω μέρος του φιτιλιού που έχουν υποστεί καύση συγκριτικά με φάσμα αναφοράς του βαμβακερού υφάσματος (κόκκινο).

Τα φάσματα από περιοχές του φιτιλιού που φέρουν γκρι λεκέδες, σε σύγκριση με το φάσμα αναφοράς παρουσιάζουν αισθητή μείωση της κορυφής της κυτταρίνης στα  $898\text{ cm}^{-1}$  και πιθανά προϊόντα οξείδωσής της, στα  $1540\text{ cm}^{-1}$ . Επιπλέον, σχετικά με την ανίχνευση υπολειμμάτων κηροζίνης, λαμβάνοντας υπόψη τις δονήσεις που αποδίδονται στην κηροζίνη σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Mehmood et al. 2022) (Εικ. 50, 51), κάποιες από αυτές επικαλύπτονται από τις δονήσεις που αντιστοιχούν στην κυτταρίνη στα  $1380\text{ cm}^{-1}$ ,  $1460\text{ cm}^{-1}$ . Όμως υπάρχουν κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις στην περιοχή  $2850\text{-}2960\text{ cm}^{-1}$  και ιδιαίτερα στα  $2920\text{ cm}^{-1}$  που ίσως θα μπορούσαν να αποδοθούν σε κηροζίνη.

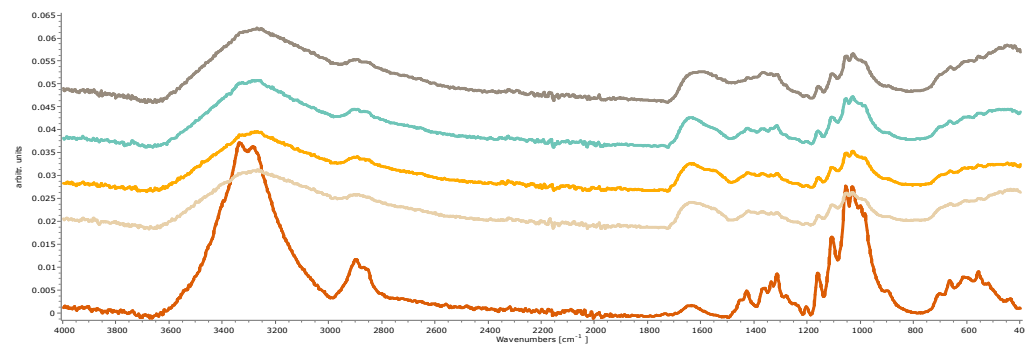


Εικόνα 50: Φάσματα από περιοχές με γκρι λεκέδες.

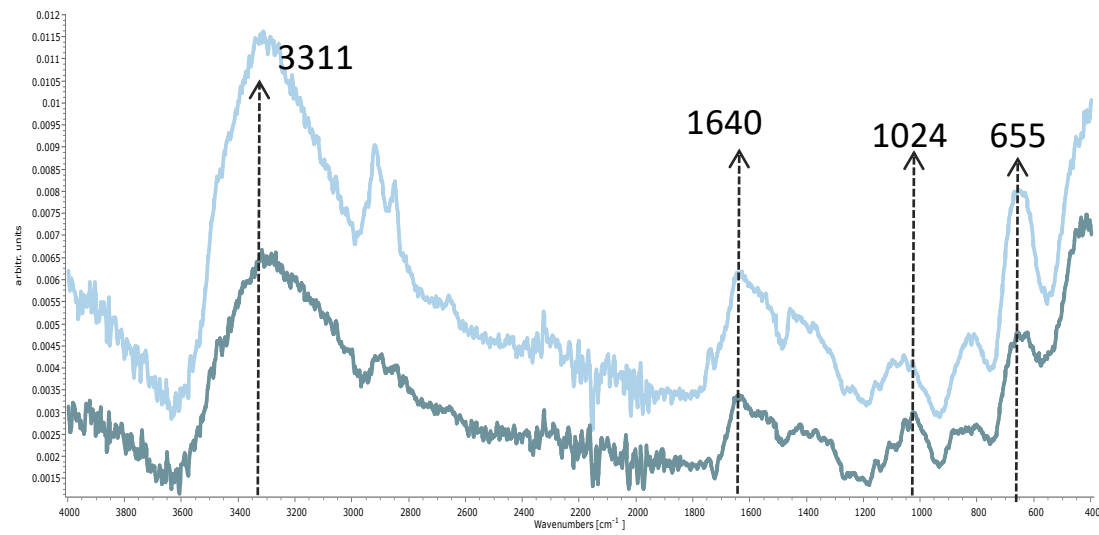


Εικόνα 51: Οι χαρακτηριστικές κορυφές της κηροζίνης. (Mehmood et al. 2022)

Τέλος, παρουσιάζονται τα φάσματα που λήφθηκαν από σημεία που έφεραν οξειδία του σιδήρου. Ανάλογα την ποσότητά τους, ανιχνεύονται κάποιες κορυφές της κυτταρίνης (Εικ. 52), ή επικαλύπτονται τελείως, όπως φαίνεται στην Εικόνα 53. Εδώ οι κορυφές αυτές αντιστοιχούν σε οξειδία/υδροξύ-οξειδία του σιδήρου, όπως μαγκεμίτης στα  $655\text{ cm}^{-1}$  και λεπιδοκροκίτης στα  $1024\text{ cm}^{-1}$ , ενώ στα  $3311\text{ cm}^{-1}$  και  $1640\text{ cm}^{-1}$  αντιστοιχούν τα OH του δεσμευμένου νερού ή των υδροξύ-οξειδίων του σιδήρου.



Εικόνα 52: Σύγκριση φάσματος δείγματος αναφοράς βαμβακερού υφάσματος με φάσματα από περιοχές με οξειδία/υδροξύ-οξειδία του σιδήρου.



Εικόνα 53: Φάσματα από περιοχές με οξείδια/υδρόξυ-οξείδια του σιδήρου και χαρακτηριστικές κορυφές τους.

## Κεφάλαιο 5. Συντήρηση φιτιλιού

### 5.1 Προκαταρκτικά τεστ

Μια αρκετά διαδεδομένη μέθοδος καθαρισμού των υφασμάτων είναι ο εμβαπτισμός τους στο επιλεγμένο διάλυμα καθαρισμού, στην συγκεκριμένη περίπτωση τα χημικά αντιδραστήρια που είναι ικανά να συμπλοκοποιήσουν και να αφαιρέσουν τα προϊόντα οξείδωσης του σιδήρου. Ο εμβαπτισμός βοηθά στην καλύτερη προσρόφηση του διαλύματος και στον αποτελεσματικότερο καθαρισμό.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλυτικών τεχνικών το αντικείμενο βρίσκεται σε καλή κατάσταση διατήρησης και συνεπώς μπορεί να υποστεί εμβάπτιση σε λουτρό διαλυμάτων χημικών αντιδραστηρίων προκειμένου να αφαιρεθούν ευκολότερα τα οξείδια/υδρόξυ-οξείδια του σιδήρου. Όμως παράλληλα θα πρέπει να διασφαλιστεί η διατήρηση της αιθάλης, της περιοχής της καύσης του φιτιλιού και τα υπολείμματα αποτελούν ιστορικές πληροφορίες και μαρτυρούν τη χρήση του αντικειμένου. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε μετά από βιβλιογραφική αναζήτηση, να πραγματοποιηθούν προκαταρκτικά τεστ προκειμένου να διερευνηθεί κατά πόσο κάποια υλικά δύνανται να δημιουργήσουν μόνωση των περιοχών που δε θα πρέπει να υποστούν καθαρισμό.

#### 5.1.1 Δοκιμές μονωτικών υλικών (masking film)

Τα μονωτικά υλικά που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ήταν το κυκλοδωδεκάνιο σε μορφή σπρέι (καθώς ήταν η μόνη μορφή που διέθετε το Τμήμα Σ.Α.Ε.Τ.), Cyclomethicone D4, Cyclomethicone D5 και Vervesil Plus (Pavitt, 2013).

Το κυκλοδωδεκάνιο είναι ένας κηρώδης κυκλικός υδρογονάνθρακας 12 ανθράκων ( $C_{12}H_{24}$ ) που είναι στερεός σε θερμοκρασία δωματίου. Λόγω της χαμηλής τάσης των ατμών του, υφίσταται εξάχνωση σε θερμοκρασία δωματίου. Το σημείο τήξης είναι μεταξύ 58-60°C και επιτρέπει την εύκολη τήξη του υλικού σε χαμηλή θερμοκρασία. Αν και η τοξικότητα του δεν έχει μελετηθεί πλήρως, θεωρείται αδρανές και χαμηλού κινδύνου για την υγεία. Το κυκλοδωδεκάνιο εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη συντήρηση το 1995 (Watters, 2007). Έκτοτε η χρήση του στη συντήρηση έχει συνδεθεί με ένα ευρύ φάσμα εργασιών, λόγω της ικανότητας εξάχνωσής του (Larochette, 2004, Watters, 2007).

Σε σύγκριση με άλλα πολυμερή, τοκυκλοδωδεκάνιο δεν είναι ισχυρό συγκολλητικό ή στερεωτικό, αλλά το καθιστά χρήσιμο υλικό η ικανότητά του να εξαχνώνεται. Οι εφαρμογές του στη συντήρηση χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: στερεωτικό, συγκολλητικό και στρώμα προστασίας (Hackett, 2018).

Οι ιδιότητες του κυκλοδοδεκανίου ως προσωρινού στερεωτικού είναι γνωστές και ευρέως δημοσιευμένες σε πολλούς τομείς της συντήρησης, αλλά οι ιδιότητες του κυκλοδοδεκανίου, ως προσωρινού μονωτικού υλικού για τα υγρά, είναι αυτές που το καθιστούν τόσο χρήσιμο στην συντήρηση υφασμάτων.

Ωστόσο, σύμφωνα με έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί από τον Wolbers στην συντήρηση του χαρτιού, το Vervesil Plus, το Cyclomethicone (D4 και D5) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μάσκα για την προστασία ευαίσθητων στο νερό υλικών ως εναλλακτική λύση αντί του κυκλοδοδεκανίου (Pavitt, 2013). Είναι μια πρόταση πιο οικολογική τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον συντηρητή.

Το Cyclomethicone D5 είναι μια πτητική πολυδιμεθυλοκυκλοσιλοξάνη που αποτελείται κυρίως από κυκλοπεντασιλοξάνη. Είναι σε υγρή μορφή διαυγές, άγευστο, ουσιαστικά άοσμο, μη λιπαρό και μη κολλώδες. (Shaeffer & Gardiner, 2013)

Το Vervesil Plus πρόκειται για ένα συμπολυμερές πολυαιθέρα σιλικόνης, το οποίο μπορεί να αναμιχθεί τόσο με πολικούς διαλύτες (συμπεριλαμβανομένων των υδατικών διαλυμάτων), όσο και με μη πολικούς διαλύτες. Το Vervesil Plus είναι παχύρρευστο, μη πολικό, κηρώδης γέλη που μπορεί να εφαρμοστεί σε μικρές περιοχές με μεγάλη ακρίβεια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα είδος "ξηρής" πάστας, μεταφέροντας (και στη συνέχεια αφαιρώντας) μικροσκοπικές ποσότητες νερού ή υδατικών διαλυμάτων σε αντικείμενα ευαίσθητα στο νερό, όπως περγαμηνές και ζωγραφικά έργα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση διαλυτών υλικών, όπως σημάδια από στυλό με σφαιρίδιο, ακόμη και από επιφάνειες ευαίσθητες σε διαλύτες (Pavitt, 2013).

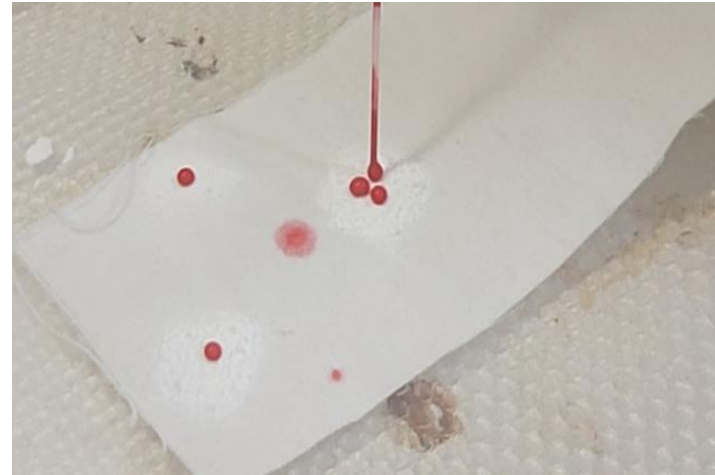
Για τη διεξαγωγή των δοκιμών του στρώματος προστασίας χρησιμοποιήθηκαν ως δοκίμια βαμβακερά υφάσματα στα οποία εφαρμόστηκε ακριλικό χρώμα διαλυμένο σε νερό, προκειμένου να είναι άμεσα ορατό το αποτέλεσμα, από τη χρήση του ως δείκτη αποτελεσματικότητας της μόνωσης του υλικού που εφαρμόστηκε, ελέγχοντας, αν θα διαπεράσει το μονωτικό φιλμ, αλλά και τη γενική συμπεριφορά του συστήματος κατά την εμβάπτιση του δοκιμίου σε υδατικό διάλυμα. Στα υφασμάτινα δοκίμια εφαρμόστηκαν τα κάτωθι μονωτικά υλικά:

1. Σπρέι κυκλοδοδεκανίου (cyclododecanespray) ελλείπει στερεού.
2. Cyclomethicone D4
3. Cyclomethicone D5
4. Vervesil Plus

Το σπρέι κυκλοδοδεκανίου (cyclododecane spray), που ήταν και η μοναδική μορφή του υλικού που διέθετε το Τμήμα Σ.Α.Ε.Τ., δημιούργησε στην επιφάνεια που εφαρμόστηκε ένα στρώμα προστασίας ανομοιογενούς πάχους, περίπου 1-3mm (Εικ. 55). Στη συνέχεια εναποτεθήκαν σταγόνες ακρυλικού χρώματος, διαλυμένου σε νερό (Εικ. 54). Μετά από 1 ώρα άρχισαν να δημιουργούνται μικρορηγματώσεις (Εικ. 56). Στη συνέχεια το δοκίμιο εμβαπτίστηκε σε νερό (Εικ. 59) και μετά από περίπου 10 λεπτά, το στρώμα κυκλοδοδεκανίου άρχισε να ρηγματώνεται περισσότερο (Εικ. 58) και τελικά να αποκολλάται από την επιφάνεια του δοκιμίου (Εικ. 60), πιθανά λόγω του μικρού πάχους και της μηδαμινής πρόσφυσης του στο υπόστρωμα. Από αυτή την παρατήρησης θεωρήθηκε ότι το υλικό δεν προσδίδει επαρκή προστασία των περιοχών που δεν επιθυμείτε ο καθαρισμός τους κατά την εμβάπτισή του αντικειμένου και για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να αποφευχθεί η χρήση του.



Εικόνα 55: Κηλίδες κυκλοδοδεκανίου.



Εικόνα 54: Εναπόθεση ακρυλικού χρώματος διαλυμένο με νερό.

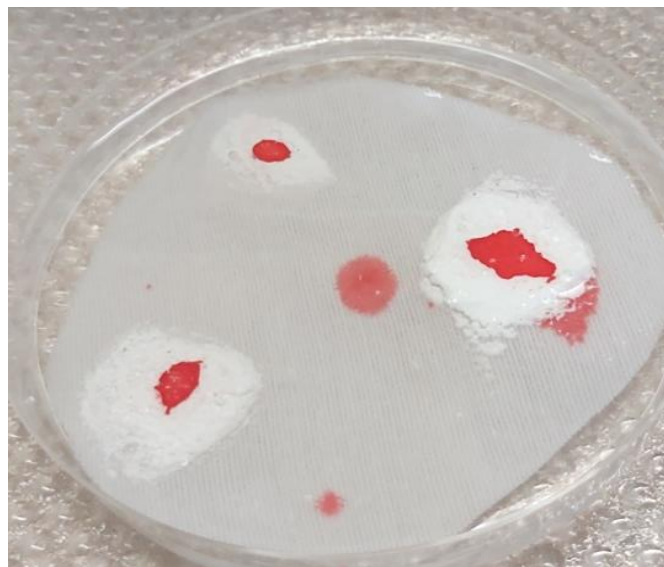


Εικόνα 57: Οι κηλίδες μετά από 5 λεπτά.



Εικόνα 56: Κατάσταση του μονωτικού στρώματος μετά από μία ώρα.





Εικόνα 59: Εμβάπτιση του δοκιμίου σε νερό.

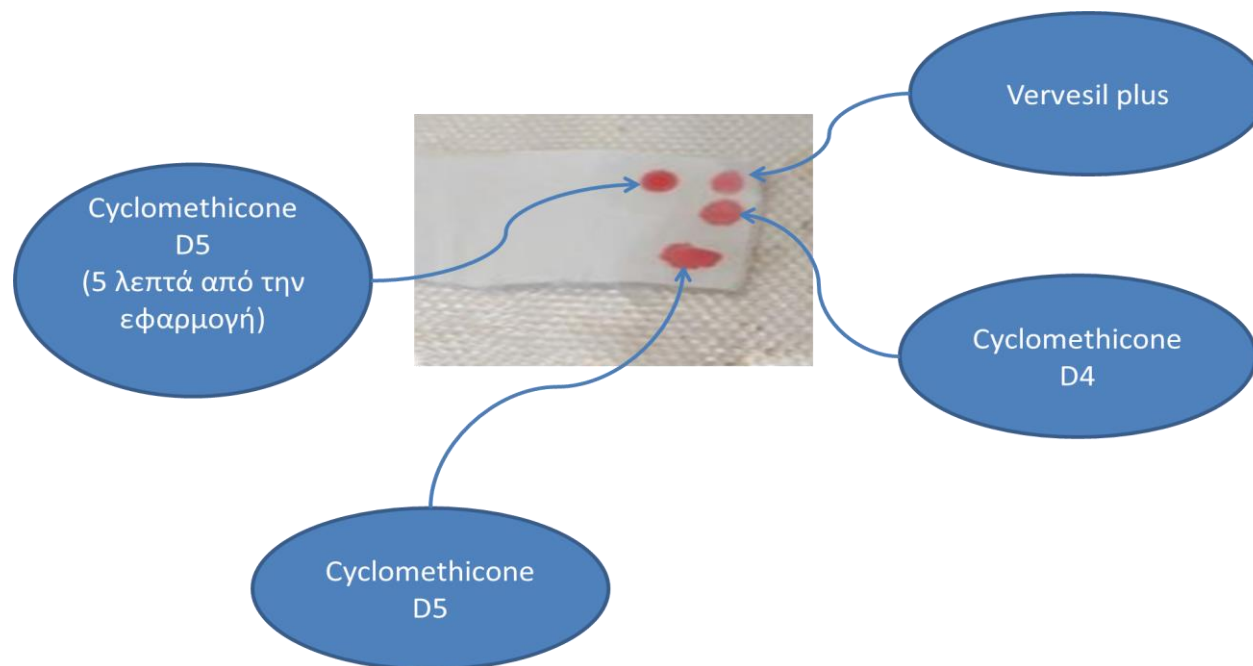


Εικόνα 58: Δημιουργία μικρορηγματώσεων.



Εικόνα 60: Αποκόλληση του στρώματος κυκλοδεκανίου από το υπόστρωμα.

Η βιβλιογραφία αναφέρει επίσης ότι ο Wolbers (Pavitt, 2013) συνιστά την εφαρμογή Vervesil Plus και Cyclomethicone D4 και D5, χωρίς όμως να γίνεται αναφορά για τον τρόπο εφαρμογής τους. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εφαρμόστηκαν σε δοκίμια βαμβακερού υφάσματος και ακολούθησε η εναπόθεση σταγόνων ακρυλικού χρώματος αμέσως μετά την εφαρμογή τους, αλλά και σε διαφορετικούς χρόνους που κυμάνθηκαν από 30 λεπτά έως 5 ώρες (Πίνακας 3). Σε κάθε περίπτωση, το ακρυλικό χρώμα προσροφήθηκε αμέσως από τα υφασμάτινα δοκίμια, δηλαδή δε δημιουργήθηκε κάποιο υδατο-αποθητικό στρώμα προστασίας, και γι' αυτό απορρίφθηκε η χρήση και αυτών των υλικών.



Εικόνα 61: Δοκιμές με Vervesil Plus και Cyclomethicone D4 και D5.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα και παρατηρήσεις των δοκιμών για την δημιουργία υδατο-αποθητικό στρώμα προστασίας.

Υλικό	Αποτελέσματα	Παρατηρήσεις
Cyclomethicone D4	Χωρίς αποτέλεσμα	Δεν δημιουργήθηκε στρώμα προστασίας το χρωματισμένο νερό προσροφήθηκε άμεσα από το υπόστρωμα
Cyclomethicone D5		
Cyclomethicone D5, Εφαρμογή του νερού μετά από 30 λεπτά.		
Vervesile plus		
Κυκλοδοδεκάνιο σπρέι	Μερικώς Αποτελεσματικό	Δημιούργησε στρώμα προστασίας μόνο από την πλευρά που εφαρμόστηκε το σπρέι. Μετά από λίγη ώρα άρχισαν να δημιουργούνται ρηγματώσεις. Μετά την εμβάπτιση του υφάσματος σε νερό παρατηρήθηκε αποκόλληση του στρώματος προστασίας από το ύφασμα και περεταίρω μικρορηγματώσεις.

Συμπερασματικά λοιπόν, από τα προκαταρκτικά τεστ δεν υπήρξε ικανοποιητικό αποτέλεσμα με κανένα από τα υλικά που εφαρμόστηκαν για τη μόνωση των περιοχών που έπρεπε να διασφαλιστούν και αποφασίστηκε η αποφυγή της εμβάπτισης του αντικειμένου. Κατά συνέπεια, ως μοναδική λύση για την αφαίρεση των οξειδίων/υδρόξυ-οξειδίων του σιδήρου κρίθηκε ο τοπικός καθαρισμός με τη χρήση γελών.

### 5.1.2 Επιλογή συγκέντρωσης γέλης και θερμοκρασίας εφαρμογής ημίρρευστης γέλης

Στη συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, οι γέλες χρησιμοποιούνται ως φορείς για τη μεταφορά διαλυμάτων στην επιφάνεια που πρόκειται να καθαρισθεί. Μπορούν να αντικαταστήσουν τις μπατονέτες ή τα επιθέματα από πολύ κυτταρίνης, εάν απαιτείται καλύτερη επαφή με την επιφάνεια (Baglioni et al. 2013). Η χρήση γελών με βάση πολυσακχαρίτες, ως συστήματα καθαρισμού βαμμένων επιφανειών με ελεγχόμενη διαβροχή, παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Richard Wolbers το 2000 (Botti et al 2011). Είναι μια χρήσιμη ανακάλυψη, καθώς οι οργανικοί διαλύτες τείνουν να εξατμίζονται και να υγραίνουν πολύ γρήγορα πορώδη υλικά. Για τους λόγους αυτούς, οι εργασίες του καθαρισμού που περιλαμβάνουν διαλύτες είναι δύσκολο να ελεγχθούν και είναι επικίνδυνες τόσο για τον συντηρητή, όσο και για το αντικείμενο. Με τη βοήθεια μιας γέλης ο ρυθμός εξάτμισης του διαλύτη μειώνεται και η διείσδυσή του στην επιφάνεια του αντικειμένου ελέγχεται, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα μιας ευέλικτης και επιλεκτικής μεθόδου καθαρισμού (Baglioni et al. 2013).

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι συντηρητές έχουν υιοθετήσει διάφορα εργαλεία, όπως τροποποιημένα φυσικά προϊόντα, λόγω χάρη αιθέρων κυτταρίνης (π.χ. Kucel®, Tylose), ή συνθετικά πολυμερή όπως τα πολυακρυλικά οξέα (π.χ. Carborol®). Τα υλικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την στερεοποίηση διαλυτών, ώστε να περιορίζεται η ανεξέλεγκτη διείσδυση τους μέσα σε πορώδη υποστρώματα.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ο Richard Wolbers ανέπτυξε τις λεγόμενες "γέλες με διαλύτη", οι οποίες δημιουργούνται διαλύοντας πολυακρυλικό οξύ σε διαλύτη και στη συνέχεια προσθέτοντας ασθενή βασικά μη ιονικά τασιενεργά όπως τα Ethomeen C12® και C25®. Οι βάσεις προκαλούν αποπρωτονίωση των καρβοξυλικών λειτουργιών στις όξινες αλυσίδες που ξεδιπλώνονται και σχηματίζουν ένα εκτεταμένο τρισδιάστατο δίκτυο, το οποίο περιορίζει τον διαλύτη. Οι γέλες με διαλύτη εξακολουθούν να αποτελούν ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα εργαλεία καθαρισμού λόγω της αποτελεσματικότητάς τους. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της δράσης των απορροπαντικών και ενζύμων (Baglioni et al 2015).

Τόσο οι αιθέρων κυτταρίνης όσο και τα συστήματα γέλης με βάση το πολυακρυλικό οξύ δομούνται από μόρια που διασυνδέονται μέσω μη ομοιοπολικών δεσμών, ως εκ τούτου, ταξινομούνται ως "φυσικές γέλες", σε αντίθεση με τις "χημικές γέλες" όπου οι δεσμοί είναι ομοιοπολικοί. Το κύριο μειονέκτημα που υπάρχει με τις φυσικές γέλες είναι ότι αφήνουν στερεά κατάλοιπα στις επιφάνειες που έχουν

εφαρμοστεί. Επιπλέον, τα κατάλοιπα του Ethomeen (ιδίως το C25®) εξατμίζονται εν μέρει από την επιφάνεια και οι επιπτώσεις των υπολειμμάτων δεν έχει ακόμη εξακριβωθεί.

Λόγω αυτών των ζητημάτων, η επιστημονική έρευνα έχει επικεντρωθεί την τελευταία δεκαετία στην διαμόρφωση εναλλακτικών συστημάτων που μπορούν να απομακρυνθούν εύκολα και πλήρως από το αντικείμενο, ελαχιστοποιώντας ή αποφεύγοντας εντελώς την παρουσία στερεών υπολειμμάτων.

Πρόσφατα έχουν εξεταστεί τα κόμμεα με βάση τους πολυσακχαρίτες για τον καθαρισμό των καλλιτεχνικών και ιστορικών επιφανειών. Για παράδειγμα, το άγαρ (ή άγαρ-αγάρ) είναι ένα μείγμα αγαρόζης και αγαροπηκτίνης, και πωλείται σε μορφή σκόνης που μπορεί να αναμιχθεί με νερό, λαμβάνοντας μια γέλη της οποίας το πορώδες εξαρτάται από τη συγκέντρωση της αγαρόζης. Η γέλη αυτή μπορεί να υποστηρίξει διαλύματα ή συστήματα με βάση το νερό, όπως μικρογαλακτώματα για τη θεραπεία πορωδών υποστρωμάτων. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η γελάνη (Phytigel®), ένας μικροβιακός εξωπολυσακχαρίτης που μπορεί να ζελατινοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί για την ελεγχόμενο καθαρισμό υδατοευαίσθητων υποστρωμάτων, όπως έργα τέχνης σε χαρτί.

Οι χημικές υδρογέλες είναι μια άλλη κατηγορία υλικών που έχουν βρει πρόσφατα εφαρμογή στον καθαρισμό αντικειμένων, λόγω χαρακτηριστικών που τις καθιστούν πλεονεκτικές σε σχέση με άλλα σκευάσματα. Έχουν αναπτυχθεί ημι-διεισδυτικά δίκτυα p(HEMA)/PVP, όπου ελεύθερες αλυσίδες πολυ(βινυλοπυρρολιδόνης)-PVP είναι ενσωματωμένες σε ένα δίκτυο που σχηματίζεται από πολυ(2-υδροξυαιθυλομεθακρυλικό)-p(HEMA). Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν τη μηχανική αντοχή του p(HEMA) σε συνδυασμό με την υδρόφιλη ικανότητα του PVP. Ειδικότερα, και τα δύο η αναλογία p(HEMA)/PVP όσο και η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται κατά τα στάδια παρασκευής επηρεάζουν τις τελικές ιδιότητες των γελών, οι οποίες μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές ιδιότητες, δηλ. καλή πρόσφυση στο υπόστρωμα, ιδανική κατακράτηση/απελευθέρωση του απορρυπαντικού συστήματος περιορισμός του δράσης καθαρισμού στην περιοχή επαφής μεταξύ της γέλης και του καλλιτεχνικού υποστρώματος (Baglioni et al 2015).

Για την αποφυγή των υπολειμμάτων γελών (πηκτικών μέσων), χρησιμοποιήθηκαν στις εφαρμογές άκαμπτες, προσχηματισμένες πηκτές γέλες οι οποίες, αν και αποτελεσματικές, έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα: χρειάζονται μια σχεδόν τέλεια επίπεδη επιφάνεια για να επιτευχθεί ομοιόμορφη επαφή και να παράγουν ομοιογενή καθαρισμό. Αργότερα όμως, αναπτύχθηκε η εφαρμογή γελών σε ημίρρευστη μορφή που μπορεί να βρει εφαρμογή ακόμα και σε οποιοδήποτε τρισδιάστατο αντικείμενο, που διαθέτει επαρκή επιφανειακή συνοχή και είναι συμβατό με μέτρια θερμοκρασία 40°C-45°C (Giordano & Cremonesi 2020).

Οι άκαμπτες γέλες απορροφούν τους ρύπους για τους οποίους έχουν εφαρμοστεί και μπορούν να αφαιρεθούν χωρίς να αφήσουν υπολείμματα γέλης πάνω στο αντικείμενο (Maheux, 2015).

Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν για την παρούσα εργασία γέλες σε άκαμπτη μορφή, λόγω της ανομοιογενούς και πορώδους επιφάνειας του αντικειμένου που τα πηκτικά μέσα θα άφηναν πολλά υπολείμματα. Επιλέχθηκαν για τις δοκιμές των χηλικών το άγαρ-άγαρ και το gellan gum γιατί ήταν τα μόνα διαθέσιμα υλικά στο Τμήμα Σ.Α.Ε.Τ.

### 5.1.2.1 Άγαρ-Άγαρ

Το άγαρ-άγαρ είναι ένας πολυσακχαρίτης που προέρχεται από τα κόκκινα φύκια *Gelidium* και *Gracilaria*. Μπορεί εύκολα να σχηματίσει άκαμπτες, θερμο-αναστρέψιμες και υδρόφιλες γέλες (Horie, 2010, Canaveli, et al. 2016). Το άγαρ-άγαρ είναι ένα σύμπλεγμα πολυσακχαριτών αποτελούμενο από δύο διαφορετικά πολυμερή, και τα δύο από αυτά αποτελούνται την γαλακτόζη, την αγαρόζη και την αγαροπηκτίνη. Το άγαρ-άγαρ διαλύεται σε θερμοκρασία 89-90°C και στερεοποιείται περίπου στους 32-38°C. Το άγαρ-άγαρ είναι το παλαιότερο γνωστό πηκτικό μέσο, που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια σε πολυάριθμους τομείς, κυρίως ως πρόσθετο τροφίμων (Cremonesi, 2016).

### 5.1.2.2 Gellan gum

Το gellan gum είναι ένας πολυσακχαρίτης, υψηλού μοριακού βάρους, που παράγεται από την *Pseudomonas elodea*. Χρησιμοποιείται ως πηκτικός παράγοντας στα τρόφιμα, τη βιοϊατρική και τη φαρμακευτική βιομηχανία. Διαφανές, ομογενοποιημένο και πολύ σταθερό τόσο σε υψηλές θερμοκρασίες όσο και σε μεταβολές του pH (Botti et al. 2011).

Το gellan gum είναι ένα γραμμικό ανιονικό πολυμερές που παράγεται από το βακτήριο *Sphingomonas elodea*. Κατά τη θέρμανση, το πολυμερές διαλύεται σε υδατικό διάλυμα. Για να στερεοποιηθεί η γέλη χρειάζεται θερμοκρασία 30-40 °C. Τα κατιόντα, ιδίως τα ιόντα Ca<sup>2+</sup> (που προστίθενται π.χ. ως διαλύματα οξικού ασβεστίου) σταθεροποιούν τη δομή της. Ανάλογα με τις συγκεντρώσεις κατιόντων και την περιεκτικότητα του πολυμερούς σε ακυλικές ενώσεις μπορούν να σχηματιστούν τόσο μαλακές και ελαστικές (υψηλή περιεκτικότητα σε ακύλια) όσο και άκαμπτες και εύθραυστες γέλες (χαμηλή περιεκτικότητα σε ακύλια) (Baglioni et al. 2015).

Το gellan gum θεωρείται καλύτερο από το άγαρ, καθώς είναι πιο διαφανές και παρουσιάζει υψηλότερη συγκράτηση νερού (Maheux, 2015).

### 5.1.2.3 Καθορισμός παραμέτρων ημίρρευστης γέλης άγαρ-άγαρ

Η γέλη σε ημίρρευστη μορφή δύναται να διεισδύσει στο υπόστρωμα και κατά συνέπεια να αφήσει υπολείμματα στο αντικείμενο. Αρκετοί ερευνητές για την αποφυγή των υπολειμμάτων των πηκτικών υλικών προτείνουν τη χρήση διάφορων διαχωριστικών μέσων (barrier film) ανάμεσα στο αντικείμενο και στη γέλη (πηκτικά μέσα), όπως Hollytex®, bondina® ή ιαπωνικό χαρτί (Warda et al. 2007, Shaeffer & Gardine, 2013, Hawkes, 2013). Επίσης είναι γνωστό ότι η συγκέντρωση παίζει ρόλο στη διαβροχή του υποστρώματος και κατά συνέπεια στην αποτελεσματικότητα του τοπικού καθαρισμού. Η διαβροχή όμως εξαρτάται και από τη φύση, το πάχος και το υλικό



του υποστρώματος (Schmitt & Foskett 2016). Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας είναι η επαρκής θερμοκρασία που να αποτρέπει τη διείσδυση της ημίρρευστης γέλης στο υπόστρωμα, αλλά ταυτόχρονα να καλύπτει το ανάγλυφο του υποστρώματος.

Η γέλη που χρησιμοποιήθηκε λοιπόν ήταν το άγαρ-άγαρ σε συγκέντρωση 2,5% β.κ.ο. και 3% β.κ.ο. και πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε συνδυασμό με τα χηλικά αντιδραστήρια και όχι με απιονισμένο νερό, γιατί πιθανά λόγω της ιοντικής δύναμης των χηλικών διαλυμάτων μπορεί να επηρεαζόταν η ρευστότητα της. Χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα δυο χηλικών αντιδραστηρίων, το κιτρικό τριαμμώνιο (TAC) σε συγκέντρωση 0,1M και το 2NaEDTA 0,1M με pH= 7 και pH=6,4 αντίστοιχα. Η επιλογή της κατάλληλης θερμοκρασίας και συγκέντρωσης έγινε με βάση την ικανότητα διαβροχής του υφασμάτινου υποστρώματος προκειμένου να βοηθηθεί η συμπλοκοποίηση και παράλληλα η αποφυγή εισχώρησης της ημίρρευστης γέλης στο φυτό (Πίνακες 4, 5). Το σημείο πήξης (gel point) του άγαρ - άγαρ είναι κοντά στους 40°C (Ross et al. 2006), οπότε δοκιμάστηκαν διάφορες μεγαλύτερες θερμοκρασίες (44,5°C, 45°C, 46°C, 46,5°C) προκειμένου να αποδοθεί η ημίρρευστη κατάσταση.

**Πίνακας 4: Δοκιμές για τον καθορισμό της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης της γέλης με το 2NaEDTA.**

Θερμοκρασία	Συγκέντρωση γέλης β.κ.ο.	Αποτελέσματα (ΔΙΑΒΡΟΧΗ-ΕΙΣΧΩΡΗΣΗ)
45°C	3%	Μέτρια διαβροχή στα 5 λεπτά και δεν υπήρχε εισχώρηση στο κάτω από το προστατευτικό μέσο.
46.5°C	3%	Καλή διαβροχή στα 5 λεπτά και δεν υπήρχε εισχώρηση στο κάτω από το προστατευτικό μέσο.
46°C	2,5%	Καλή διάβροχη με εισχώρηση της γέλης κάτω από το προστατευτικό μέσο.
45°C	2,5%	
44.5°C	2,5%	
40°C	2,5%	Δεν έκανε διαβροχή στα 5 λεπτά.
46°C	3%	Πολύ καλή διαβροχή στα 5 λεπτά και δεν υπήρχε εισχώρηση στο κάτω από το προστατευτικό μέσο.

**Πίνακας 5: Δοκιμές για τον καθορισμό της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης της γέλης με το κιτρικό τριαμμώνιο (TAC).**

Θερμοκρασία	Συγκέντρωση γέλης	Αποτελέσματα
45°C	2,5%	Πολύ καλή διάβροχη στα 5 λεπτά με εισχώρηση της γέλης κάτω από το προστατευτικό μέσο.
46°C	2,5%	
45°C	3%	Καλή διαβροχή στα 5 λεπτά και δεν υπήρχε εισχώρηση στο κάτω από το προστατευτικό μέσο.
46°C	3%	Πολύ καλή διαβροχή στα 5 λεπτά και δεν υπήρχε εισχώρηση στο κάτω από το προστατευτικό μέσο.

Από τα αποτελέσματα επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η ημίρρευση γέλη άγαρ-άγαρ στους 46°C σε συγκέντρωση 3% β.κ.ο. για το 2NaEDTA και για το κιτρικό τριαμμώνιο (TAC).

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές εφαρμογής ημίρρευσης γέλης, ώστε να καθοριστεί το κατάλληλο διαχωριστικό μέσο και η θερμοκρασία εφαρμογής της. Κατάλληλο θεωρείται το μέσο που επιτρέπει επαρκή διαβροχή του υποστρώματος από το διάλυμα καθαρισμού και ταυτόχρονα που αποτρέπει τη διείδυση της γέλης από το διαχωριστικό μέσο στο αντικείμενο.

Δοκιμάστηκαν το ιαπωνικό χαρτί Tengujo nature 9gr/m<sup>2</sup> και το Hollytex® πάχους 17μm. Δοκιμάστηκαν και τα δύο υλικά διαχωρισμού με τις ίδιες συγκεντρώσεις και θερμοκρασίες. Το ιαπωνικό χαρτί περίπου στα 5 λεπτά αφότου τοποθετήθηκε η ημίρρευση γέλη στους 46°C, δεν έκανε διαβροχή ούτε με τη χρήση βάρους πάνω από τη γέλη. Ενώ, το Hollytex® στους 46°C με το βάρος έκανε διαβροχή στα 5 λεπτά. Για αυτόν τον λόγο επιλέχθηκε το Hollytex®.

### **5.1.2.3 Καθορισμός παραμέτρων άκαμπτης γέλης άγαρ-άγαρ**

Για τις άκαμπτες γέλες χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια διαλύματα χηλικών αντιδραστηρίων με τις ίδιες συγκεντρώσεις και pH με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τις ημίρρευστες γέλες. Χηλικά κιτρικό τριαμμώνιο (TAC) 0,1M και το 2NaEDTA 0,1M με pH= 7 και pH=6,4 αντίστοιχα.

Η πρώτη γέλη με το 2NaEDTA παρασκευάστηκε με απιονισμένο νερό και εμποτίστηκε στο 2NaEDTA για περισσότερο από 12 ώρες. Όμως για εξοικονόμηση χρόνου αποφασίστηκε οι επόμενες να παρασκευάζονται με τα αντίστοιχα χηλικά για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν την ίδια μέρα.

Για το 2NaEDTA χρησιμοποιήθηκε το άγαρ-άγαρ σε συγκέντρωση αρχικά 3% β.κ.ο., αλλά στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε 3,5% β.κ.ο. καθώς η γέλη με συγκέντρωση 3% β.κ.ο. προώθησε τη διαβροχή πέραν των σημείων εφαρμογής. Για την καλύτερη πρόσφυση της

εφαρμοζόμενης γέλης στο υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκαν στην αρχή γυάλινα βάρη, αλλά λόγω της ανομοιόμορφης επιφάνειας του φιτιλιού η γέλη δεν έκανε καλή επαφή με την επιφάνεια. Για αυτό στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν βάρη με σακουλάκια πολυαιθυλενίου γεμισμένα με σκάγια, που ήταν πιο εύκαμπτα για την καλύτερη κατανομή του βάρους σε σχέση με το ανάγλυφο της επιφάνειας του φιτιλιού. Τα σακουλάκια με τα σκάγια είχαν βάρος περίπου 60 γραμμάρια το καθένα και ήταν κατάλληλα για την ικανοποιητική διαβροχή.

Για το κιτρικό τριαμμώνιο οι δοκιμές ξεκίνησαν με το άγαρ-άγαρ στο 3% β.κ.ο. αλλά παρατηρήθηκε ότι η διαβροχή ήταν περίπου 10 λεπτά, οπότε η συγκέντρωση μετατράπηκε σε 2,5% β.κ.ο.. Με την συγκέντρωση αυτή ο χρόνος διαβροχής ήταν στα 5 λεπτά. Οπότε επιλέχθηκε η συγκεκριμένη συγκέντρωση για την διεξαγωγή του καθαρισμού. Στο gellan gum η 1<sup>η</sup> εφαρμογή έγινε με συγκέντρωση 3% β.κ.ο., αλλά η διαβροχή διήρκησε περίπου 20 λεπτά με τελικό χρόνο εφαρμογής τα 50 λεπτά. Για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήθηκε στην επόμενη δοκιμή 2% β.κ.ο., με χρόνο διαβροχής περίπου τα 5 λεπτά, οπότε επιλέχθηκε η συγκεκριμένη συγκέντρωση για τη διεξαγωγή του καθαρισμού.

## 5.2 Εφαρμογή Εργασιών Συντήρησης

Το αντικείμενο αρχικά φωτογραφήθηκε με κάμερα Nikon D5100 και φακό AF-SNIKKOR 18-55mm 1:3.5-5.6G με λάμπες energy saver spiral 150W 220-240V 5400K COOLDAY LIGHT.

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε επιφανειακός καθαρισμός των σημείων που επρόκειτο να γίνει ο τοπικός καθαρισμός, με απορροφητική συσκευή κατάλληλη για μουσειακή χρήση, με την κατάλληλη πλαστική διάτρητη επιφάνεια για την προστασία του αντικειμένου, για να απομακρυνθούν οι περιβαλλοντικές επικαθίσεις (Εικ. 62).

Για τον καθαρισμό των οξειδίων του σιδήρου χρησιμοποιήθηκε τοπικός καθαρισμός με τα χηλικά κιτρικό τριαμμώνιο (TAC) και το δινάτριο άλας αιθυλοδιαμινοτετραοξικούοξέος (2NaEDTA). Παρασκευάστηκαν δύο διαλύματα χηλικών αντιδραστηρίων, το 2NaEDTA, της εταιρείας Serva με

καθαρότητα 99% και το κιτρικό τριαμμώνιο (TAC) της εταιρείας Acros organics, με καθαρότητα 97% σε απιονισμένο νερό. Το pH του 2NaEDTA ρυθμίστηκε σε pH 6,6 με 1,78g στα 100ml διβασικό διάλυμα φωσφορικού νατρίου (Sodium phosphate dibasic dihydrate) της εταιρείας Sigma-Aldrich με καθαρότητα 101,0%. Το TAC δε χρειάστηκε ρυθμιστικό διάλυμα, καθώς μετά τη διάλυσή του στο απιονισμένο νερό είχε pH 7. Τα pH των δύο διαλυμάτων είναι συμβατά με το υφασμάτινο υπόστρωμα και είναι σε συμφωνία με τις τιμές των σταθερών διαλυτότητάς τους ( $pK_a$ ) και τη συνεπαγόμενη δυνατότητά τους να συμπλοκοποιήσουν τα ιόντα τρισθενούς σιδήρου. Χρησιμοποιήθηκαν δυο τύποι γέλης,



Εικόνα 62: Επιφανειακός καθαρισμός με απορροφητική συσκευή κατάλληλη για μουσειακή χρήση



Εικόνα 64: Εφαρμογή άκαμπτης γέλης.

άγαρ -άγαρ και gellan gum. Το άγαρ-άγαρ έχει μία κίτρινη απόχρωση με αποτέλεσμα κατά την συμπλοκοποίηση με τα οξείδια του σιδήρου να μην είναι άμεσα διακριτό το αποτέλεσμα, καθώς και αυτό έχει κίτρινη απόχρωση. Το gellan gum είναι διαφανές και κατά συνέπεια ήταν περισσότερο διακριτή η διαφοροποίηση του χρώματος. Οι τοπικές εφαρμογές έγιναν σε διακριτά διαχωρισμένα σημεία του φιτιλιού. Στη μία πλευρά δοκιμάστηκε το 2NaEDTA και στην άλλη το κιτρικό τριαμμώνιο (TAC) για να αποφασιστεί ποιο από τα δύο είναι πιο αποτελεσματικό στο αντικείμενο (Εικ. 63). Τα σημεία της κάθε πλευράς που έφεραν λεκέδες από οξείδια του σιδήρου αποτυπώθηκαν σε φύλλο πολυαιθυλενίου, αριθμήθηκαν κατά αύξοντα αριθμό και

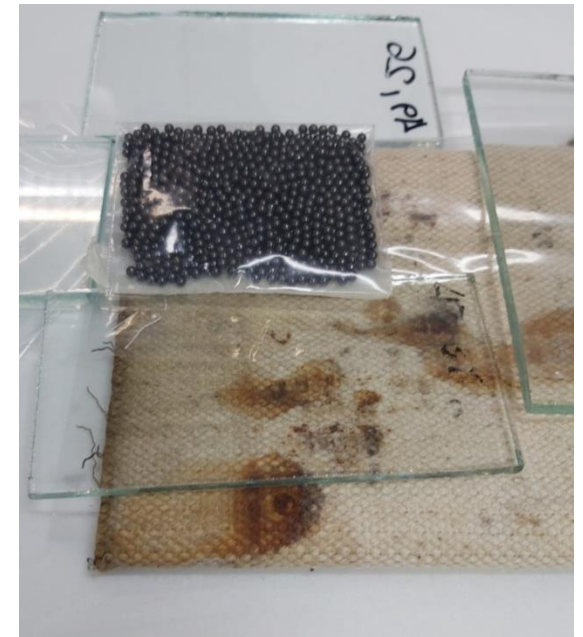


Εικόνα 63: Εφαρμογή άκαμπτων γελών.



διαχωρίστηκαν οι δοκιμές εφαρμογής του κάθε χηλικού αντιδραστηρίου με άγαρ-άγαρ

σε άκαμπτη, σε ημίρρευση μορφή και με gellan gum, όπου καθορίστηκαν τέσσερις επαναλήψεις για την καθεμία (δηλαδή 4 σημεία). Συγκεκριμένα στο 2NaEDTA με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ αντιστοιχούσαν τα σημεία 1, 2, 3, 10 με ημίρρευση τα 6, 7, 8, 9 και με gellan gum τα 4, 5, 11, 12. Αντίστοιχα, για το TAC, με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ αντιστοιχούσαν τα σημεία 1, 2, 10, 11 με ημίρρευση τα 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 και με gellan gum τα 6, 12, 13, 14 οι δοκιμές έγιναν τόσο στην εξωτερική, όσο και στην εσωτερική πλευρά του φιτιλιού, καθώς εξαιτίας του μεγάλου πάχους του, η διαβροχή από τη γέλη που τοποθετείται στο πάνω μέρος δεν επαρκεί ώστε να διαπεράσει όλο το πάχος. Για την απομόνωση των δύο πλευρών στο εσωτερικό του φιτιλιού τοποθετήθηκε ένα κομμάτι melinex πάχους 75μm. Η κάθε άκαμπτη γέλη κοβόταν στο σχήμα του κάθε λεκέ και από πάνω τοποθετούνταν βάρη, περίπου 60g (Εικ. 65). Όπως προαναφέρθηκε για τη διαβροχή του φιτιλιού χρειαζόνταν 5 επτά και 30 λεπτά έως να είναι ορατή η συμπλοκοποίηση. Οπότε η εφαρμογή διαρκούσε συνολικά 35 λεπτά.



Εικόνα 65: Τοποθέτηση βάρους (με σκάγια) κατά την διάρκεια των εφαρμογών άκαμπτης γέλης.

Τα χηλικά ξεπλένονταν από το αντικείμενο με την εφαρμογή τριών γελών συγκέντρωσης 3% β.κ.ο. σε απιονισμένο νερό με άγαρ ανά 15 λεπτά η κάθε μία, μετά το πέρας των εφαρμογών με τα χηλικά. Στην συνέχεια το αντικείμενο αφήνονταν να στεγνώσει.



Εικόνα 66: Εφαρμογή των ημίρρευτων γελών.

Για τον καθαρισμό με γέλη σε ημίρρευση κατάσταση χρησιμοποιήθηκε μόνο το άγαρ-άγαρ, καθώς υπήρχε σε μεγαλύτερη ποσότητα στο εργαστήριο. Η προετοιμασία της γέλης άγαρ-άγαρ γινόταν σε θερμαντική πλάκα με τη βοήθεια μεταλλικού θερμόμετρου του πεχάμετρου επαφής WTW Inolab 720. Οι γέλες για να ομογενοποιηθούν με το υδατικό διάλυμα των χηλικών αντιδραστηρίων, χρειαζόνταν θερμοκρασία 80-90°C. Αναδεύονταν έως να φτάσει το σύστημα γέλη και χηλικό αντιδραστήριο έως τους 46°C και αμέσως τοποθετούνταν στο αντικείμενο στο ακριβές σημείο εφαρμογής με προσοχή, στον οποίο είχε τοποθετηθεί προηγουμένως ένα κομμάτι Hollytex® πάχους 17μm ως διαχωριστικό μέσο, για την αποφυγή διείσδυσης της γέλης στο ύφασμα του φιτιλιού.



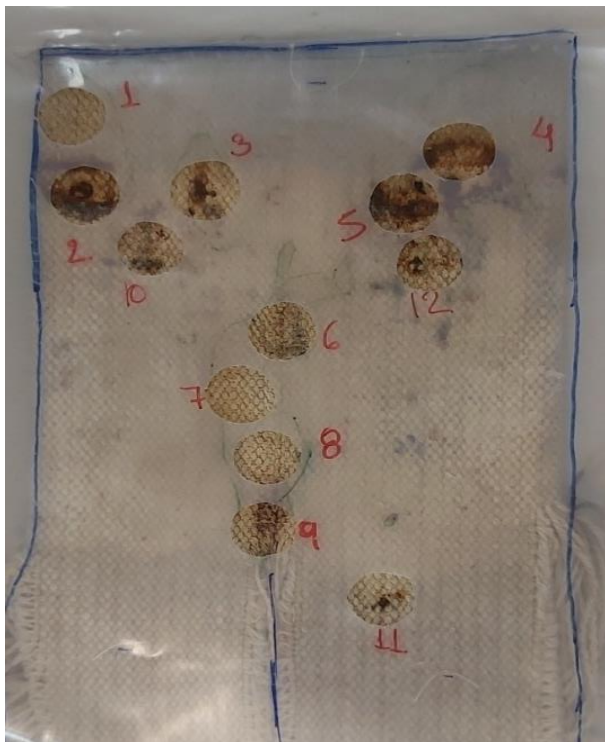
Εικόνα 67: Εφαρμογή των ημίρρευτων γελών.



## Κεφάλαιο 6. Αποτίμηση αποτελεσματικότητας του καθαρισμού

### 6.1 Φασματοφωτομετρία χρωματομέτρηση

Για να προσδιοριστεί/εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα του καθαρισμού στο αντικείμενο, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της φασματοφωτομετρίας-χρωματομέτρηση, με το φορητό φασματοφωτόμετρο X-rite SP60 Sphere, Lovibond RT (Reflectance Tintometer) Series. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πριν την έναρξη της διαδικασίας του καθαρισμού, κατά τη διάρκεια του καθαρισμού και μετά την ολοκλήρωσή του. Για να διασφαλιστεί η μέτρηση στο ίδιο ακριβώς σημείο του φιτιλιού, αποτυπώθηκε το περίγραμμα του φιτιλιού σε φύλλο πολυαιθυλενίου και δημιουργήθηκαν σε αυτό τα σημεία χρωματομέτρησης, με διάμετρο τόση όση και η διάμετρος μέτρησης του χρωματόμετρου, δηλαδή 1 cm (Εικ. 68, 69).

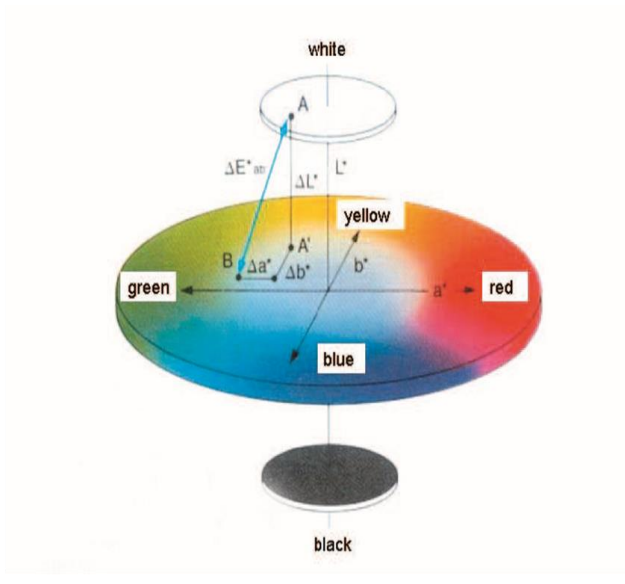


Εικόνα 69: Σημεία μετρήσεων για το 2NaEDTA.



Εικόνα 68: Σημεία μετρήσεων για το κιτρικό τριαμμόνιο.

Υιοθετήθηκε το χρωματικό μοντέλο CIEL\*a\*b\*, γιατί είναι αυτό που προσεγγίζει την περιγραφή του ορατού χρωματικού φάσματος πληρέστερα, πλησιάζοντας σε μεγάλο ποσοστό την αντίληψη του ανθρώπινου ματιού. Το χρωματικό αυτό μοντέλο αναλύει το χρώμα του κάθε εικονοστοιχείου σε τρεις παραμέτρους, όπου  $L^*$  η Ένταση φωτεινότητας, με τιμή 0 στο μαύρο και 100 στο λευκό, το  $a^*$  υποδηλώνει τη Χρωματική θέση ανάμεσα στον άξονα κόκκινου και πράσινου και το  $b^*$  τη θέση ανάμεσα στο κίτρινο και το μπλε (Εικ. 70) (Botti et al. 2011).



Έγιναν τρεις επαναλήψεις μετρήσεων του κάθε σημείου από τις οποίες βγήκε ο μέσος όρος. Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο για την πολιτιστική κληρονομιά EN 15886, "Colour measurement of surfaces", η συνολική διαφορά του χρώματος  $\Delta E^*$  μεταξύ δύο μετρήσεων είναι η γεωμετρική απόσταση μεταξύ των θέσεων τους στο χρωματικό χώρο CIELAB η οποία υπολογίζεται με βάση την εξίσωση  $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$ . Για το λόγο αυτό υπολογίστηκε η διαφορά των σημείων πριν, κατά και μετά τον καθαρισμό σχετικά με τη φωτεινότητα  $L^*(\Delta L^*)$ , τη διαφορά που αντιστοιχεί στον άξονα του κόκκινου και πράσινου  $a^*(\Delta a^*)$  και  $b^*(\Delta b^*)$  κίτρινου έως μπλε. Για τον υπολογισμό του μέσου όρου  $\Delta E^*$  σε κάθε σημείο χρησιμοποιήθηκε η αρχική και τελική μέτρηση.

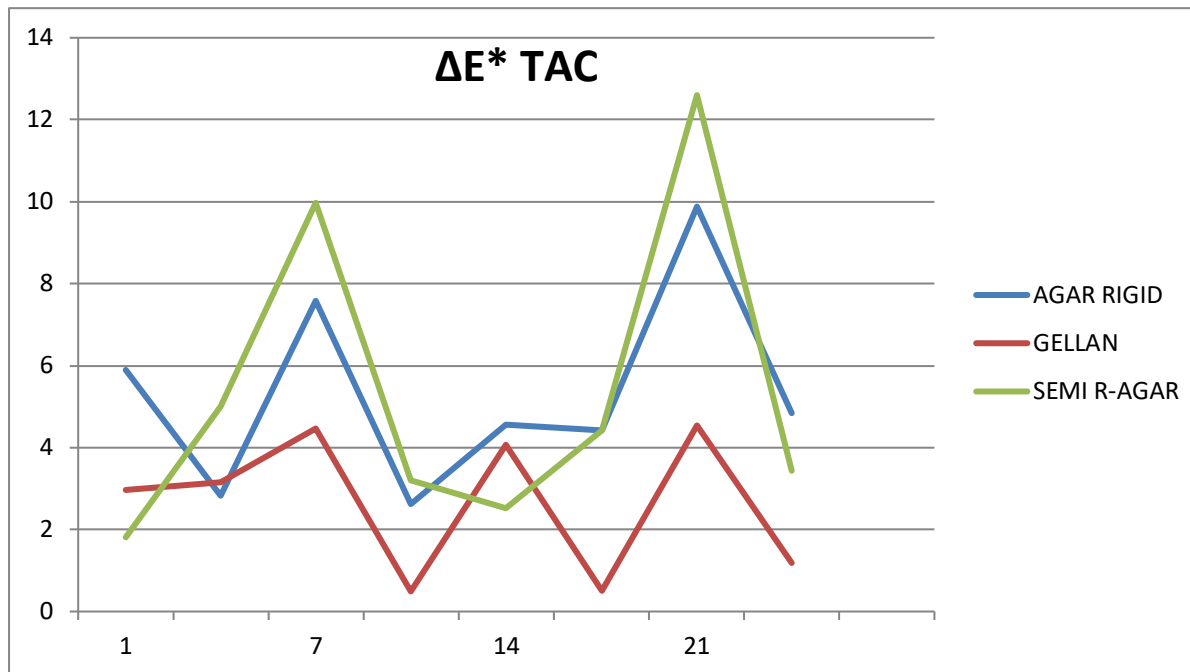
Εικόνα 70: Χρωματικός χώρος CIELAB



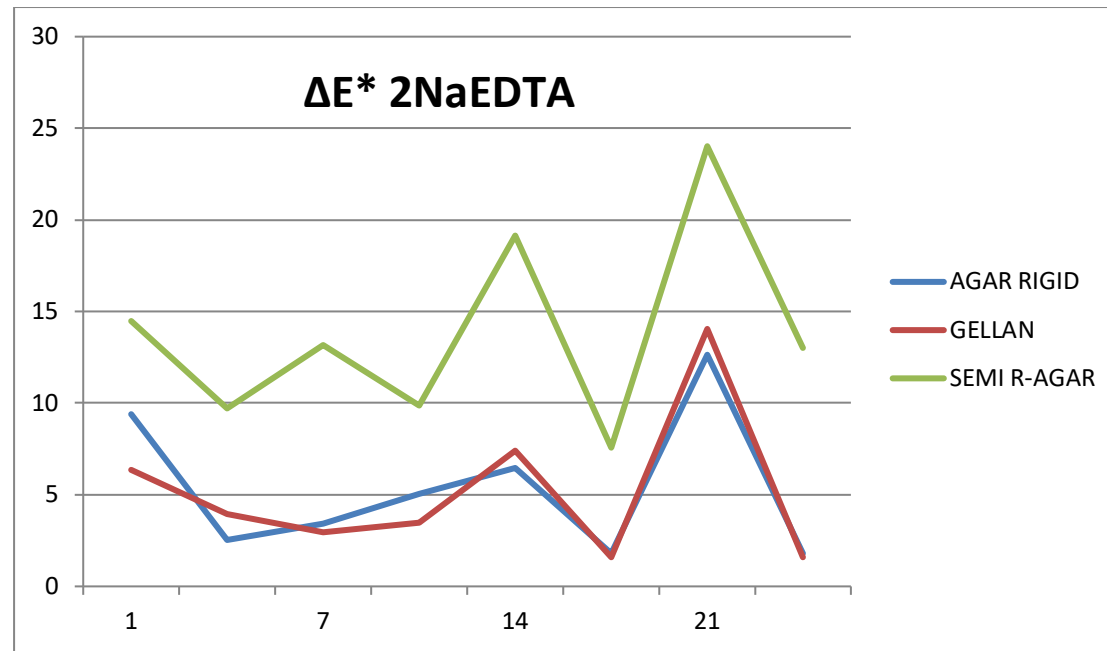
Εικόνα 71: Κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

## 6.2 Αποτελέσματα χρωματομέτρησης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της χρωματομέτρησης, η ολική χρωματική διαφορά, που εκφράζεται με το  $\Delta E^*$ , δείχνει τη συνολική διαφοροποίηση που παρουσιάζουν τα υποστρώματα από τις διαδικασίες καθαρισμού. Θεωρείται ότι όσο μεγαλύτερη τιμή  $\Delta E^*$  έχει προκύψει, τόσο πιο αποτελεσματικός είναι και ο καθαρισμός. Έτσι προκύπτει ότι το 2NaEDTA έχει εμφανώς αφαιρέσει μεγαλύτερη ποσότητα οξειδίων συγκριτικά με το κιτρικό τριαμμώνιο.

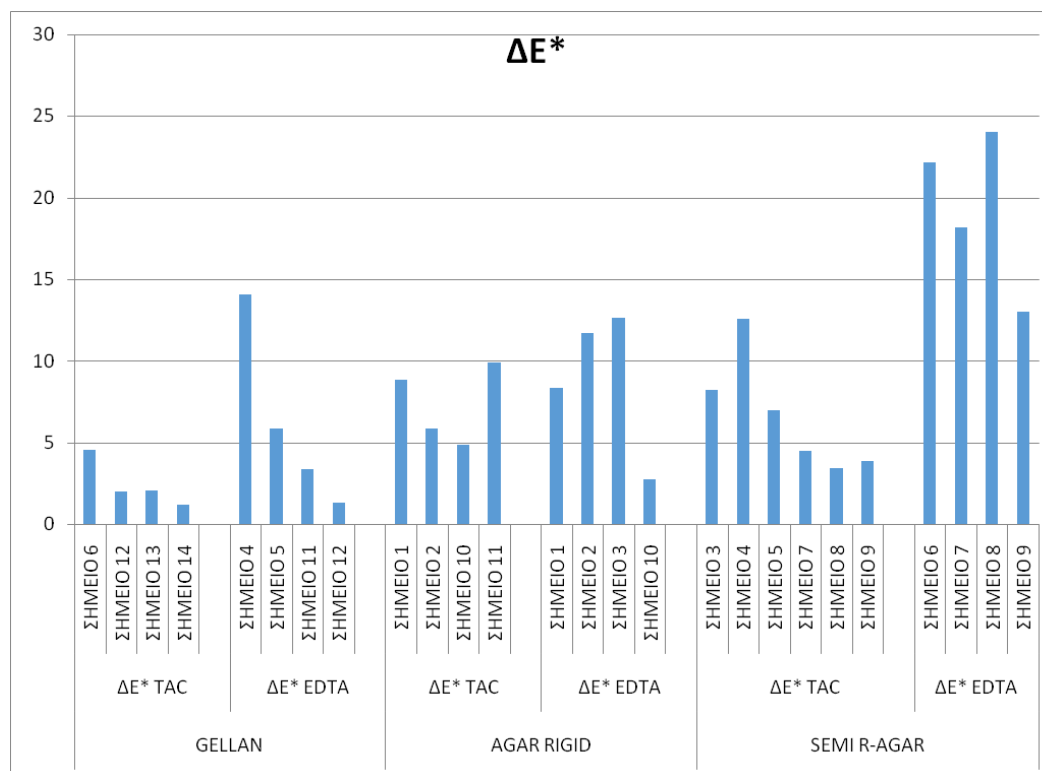


Εικόνα 72: Η εξέλιξη του  $\Delta E^*$  κιτρικού τριαμμωνίου για την κάθε γέλη, μετά από 7, 14 και 21 επαναλήψεις καθαρισμού με γέλες.



Εικόνα 73: Η εξέλιξη του ΔΕ\* 2NaEDTA για την κάθε γέλη, μετά από 7, 14 και 21 επαναλήψεις καθαρισμού με γέλες.

Αξιολογώντας, στη συνέχεια, το είδος των γέλων με τις οποίες εφαρμόστηκαν τα χημικά αντιδραστήρια και το κατά πόσο εκείνες επηρέασαν την αποτελεσματικότητα των χημικών αντιδραστηρίων (Εικ. 74) στην αφαίρεση οξειδίων του σιδήρου, προκύπτει ότι η ημίρρευστη μορφή άγαρ-άγαρ προσδίδει την καλύτερη αποδοτικότητα, ιδιαίτερα στην εφαρμογή του 2NaEDTA. Τη χαμηλότερη αποδοτικότητα είχαν και τα δύο χημικά όταν εφαρμόστηκαν με το Gellan gum. Ωστόσο, παρατηρούνται αξιοσημείωτες διακυμάνσεις στις τιμές ΔΕ\* μεταξύ των 4 σημείων που εφαρμόστηκαν τα ίδια υλικά. Άλλα εμφανίζουν υψηλό ΔΕ\* και άλλα χαμηλό. Για την περαιτέρω αξιολόγηση των δεδομένων δημιουργήθηκαν γραφήματα που υποδεικνύουν τη διαφορά στις συντεταγμένες L\*, a\* και b\* πριν και μετά τον καθαρισμό.

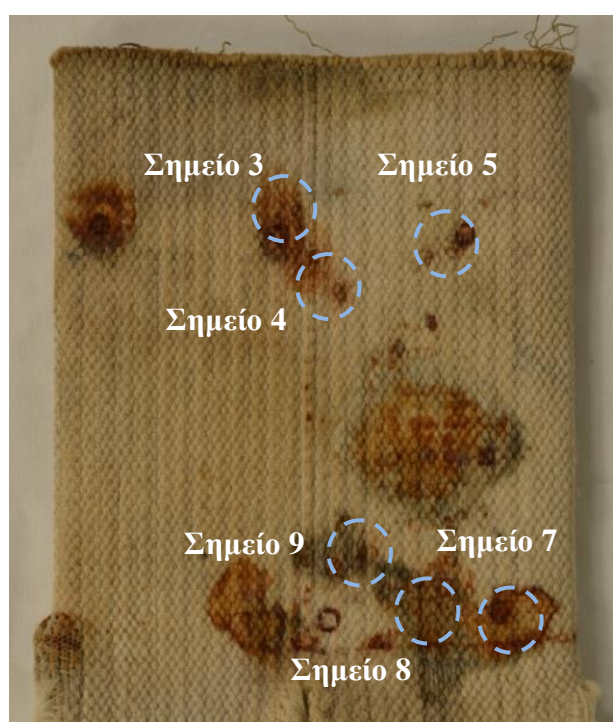


Εικόνα 74: Ολική χρωματική διαφορά (ΔΕ\*), για όλους τους τρόπους εφαρμογής του 2NaEDTA και του TAC.

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση του κιτρικού τριαμμώνιου που εφαρμόστηκε ημίρρευστη γέλη αγαρ-άγαρ για να διασαφηνιστεί αν επρόκειτο για κάποια αστοχία της εφαρμογής, το γεγονός ότι παρουσιάστηκε μεγάλη απόκλιση στο  $\Delta E^*$  μεταξύ των σημείων εφαρμογής 3, 4, 5 και του 7, έγιναν περαιτέρω δοκιμές και σε άλλα δύο σημεία, τα 8, 9. Το αποτέλεσμα του καθαρισμού όπως φαίνεται στην Εικ. 76, δείχνει πως και τα επόμενα σημεία στα οποία έγιναν οι εφαρμογές φέρουν ξανά μεγάλες αποκλίσεις. Παρατηρείται λοιπόν, όπως φαίνεται στις Εικ. 75, 76, που αντιστοιχούν πριν και μετά το καθαρισμό, πως στο σημείο 7, δεν έχει επιτευχθεί ικανοποιητικός καθαρισμός που δικαιολογεί το χαμηλό  $\Delta E^*$ . Από την άλλη, στα σημεία 8 και 9 μετά την αφαίρεση των προϊόντων οξείδωσης σιδήρου, αποκαλύφθηκαν γκρι λεκέδες, οι οποίοι όμως δεν αφαιρέθηκαν με τα χηλικά αντιδραστήρια. Η ύπαρξη αυτών των λεκέδων δεν οδήγησε σε ιδιαίτερη διαφορά στο  $L^*$ , στο  $a^*$  και στο  $b^*$ , όπως φαίνεται στο γράφημα (Εικ. 78), και κατά συνέπεια το αντίστοιχο  $\Delta E^*$  είναι μειωμένο (Εικ. 77).

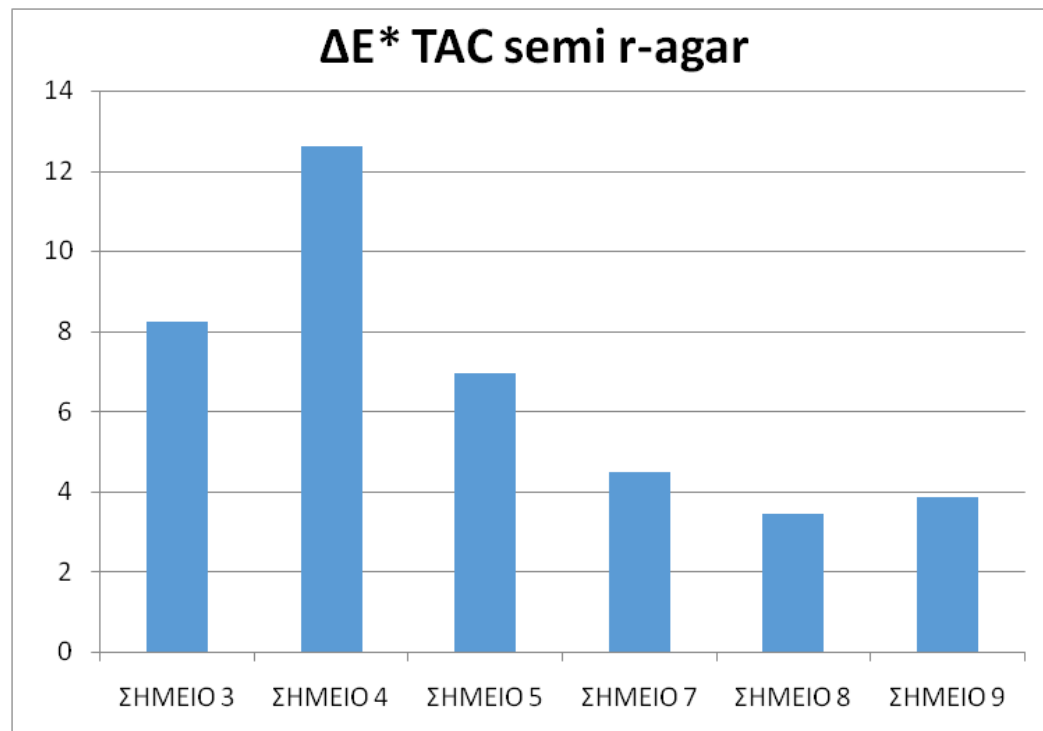


Εικόνα 75: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το κιτρικό τριαμμώνιο με ημίρρευστη γέλη άγαρ-άγαρ πριν τον καθαρισμό.

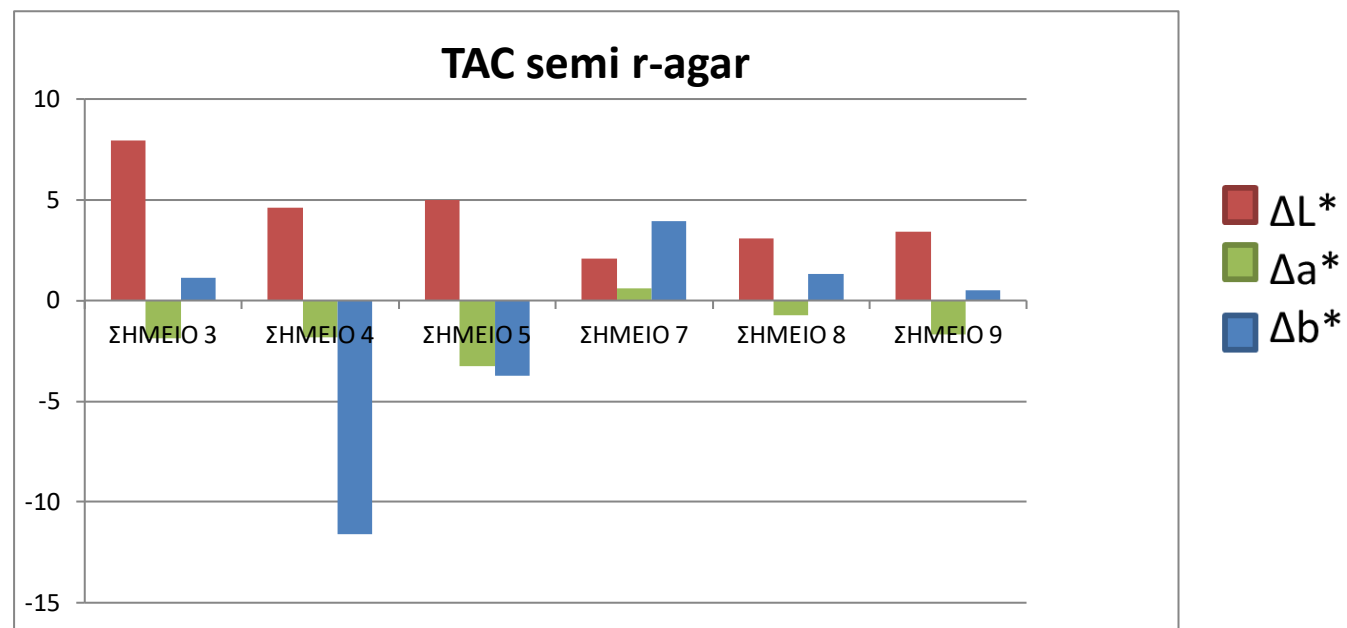


Εικόνα 76: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το κιτρικό τριαμμώνιο με ημίρρευστη γέλη άγαρ-άγαρ μετά τον καθαρισμό.



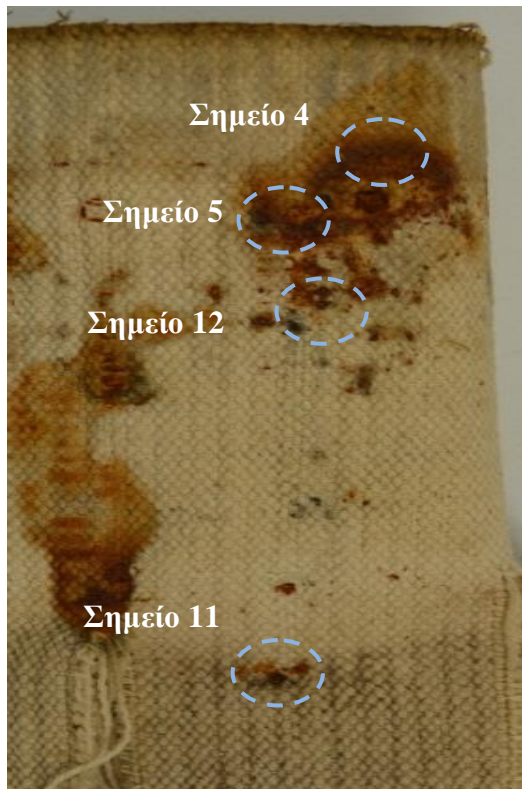


Εικόνα 77: ΔΕ\* TAC ημίρρευστης γέλης, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο.



Εικόνα 78: Ημίρρευστη γέλη TAC ΔL\*, Δa\*, Δb\* σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων.

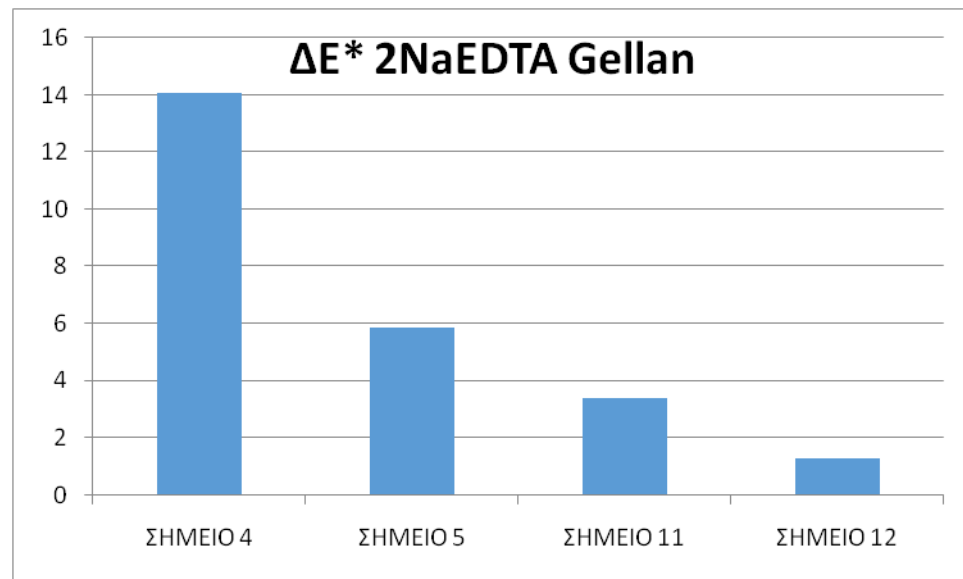
Οι διαφορές στις συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  μετά την εφαρμογή του 2NaEDTA με gellan gum αποτυπώνεται με την υψηλή τιμή της ολικής χρωματικής διαφοράς  $\Delta E^*$  (Εικ. 81), όπου φαίνεται πως το σημείο 4 έχει υποστεί αποδοτικότερο καθαρισμό συγκριτικά με τα υπόλοιπα σημεία που δεν εμφανίζουν ιδιαίτερη διαφορά. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τη Μακροσκοπική παρατήρηση, όπου διαπιστώνεται ότι μόνο στο σημείο 4, έχει επιτευχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικός καθαρισμός (Εικ. 79, 80).



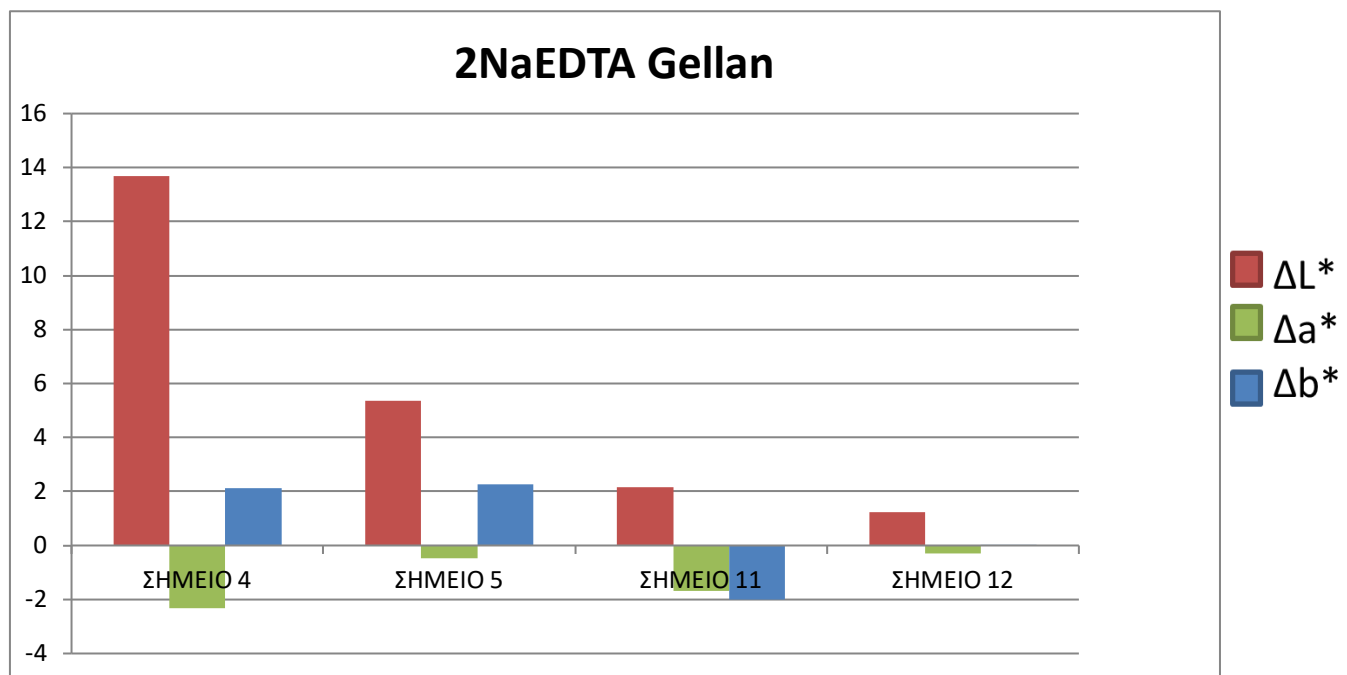
Εικόνα 80: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με gellan gum πριν τον καθαρισμό.



Εικόνα 79: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με gellan gum μετά τον καθαρισμό.

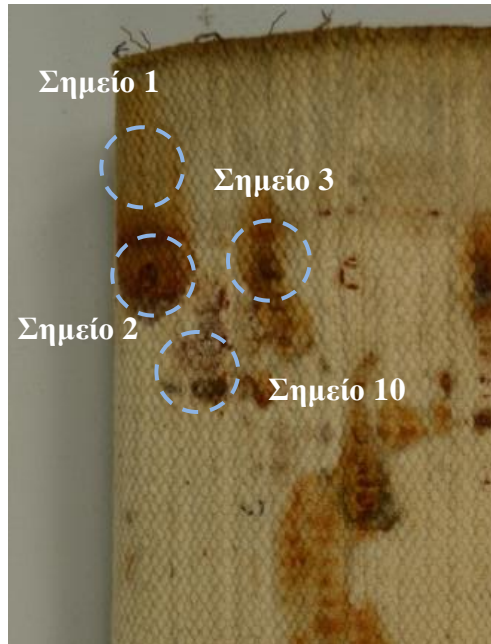


Εικόνα 81: ΔΕ\* 2NaEDTA gellan gum, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο.

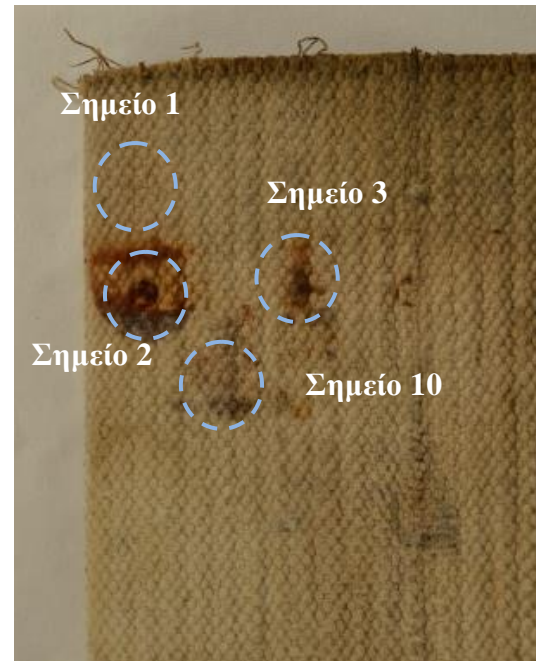


Εικόνα 82: Gellan gumm 2NaEDTA, ΔL\*, Δa\*, Δb\* σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων.

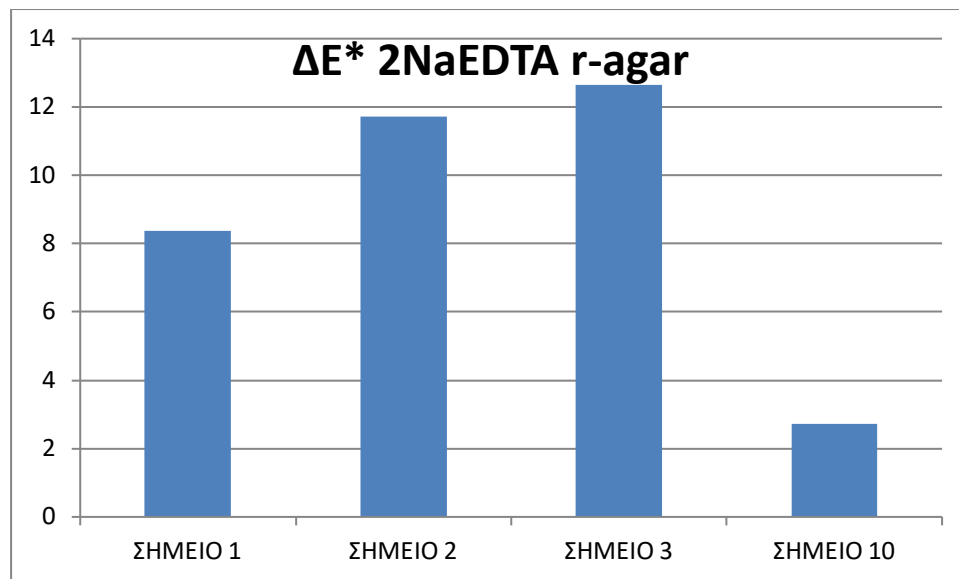
Μετά την εφαρμογή του 2NaEDTA με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ, παρατηρείται πως στο σημείο 10 (Εικ. 83), έχουν αποκαλυφθεί πάλι γκρι λεκέδες που ήταν υποκείμενοι των προϊόντων οξείδωσης, και κατά συνέπεια η παρουσία τους δεν προωθεί τη διαφορά στο L\*, a\*, b\* και έτσι το ΔΕ\* έχει εξαιρετικά χαμηλή τιμή.



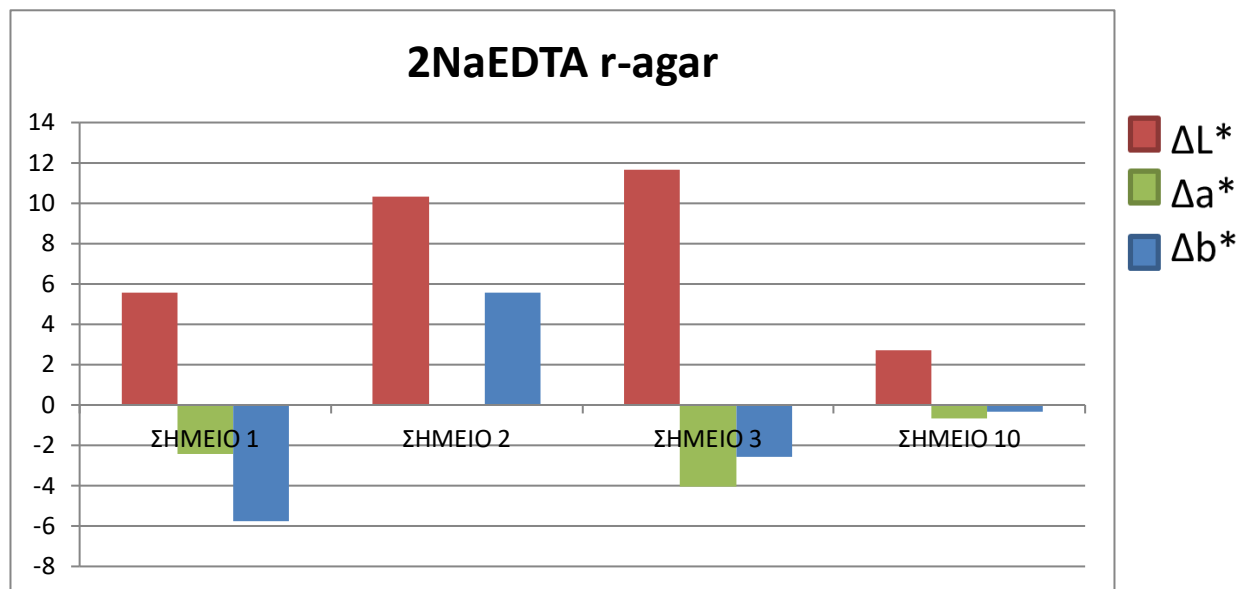
**Εικόνα 83:** Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ πριν τον καθαρισμό.



**Εικόνα 84:** Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ μετά τον καθαρισμό.



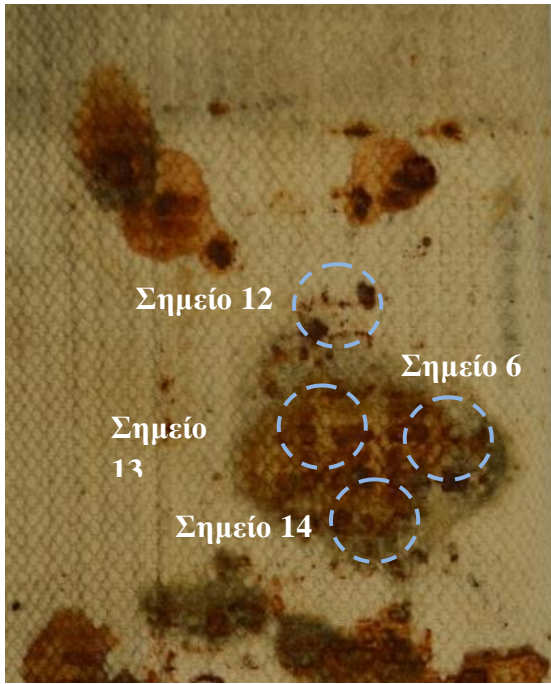
Εικόνα 85: ΔΕ\* 2NaEDTA άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο.



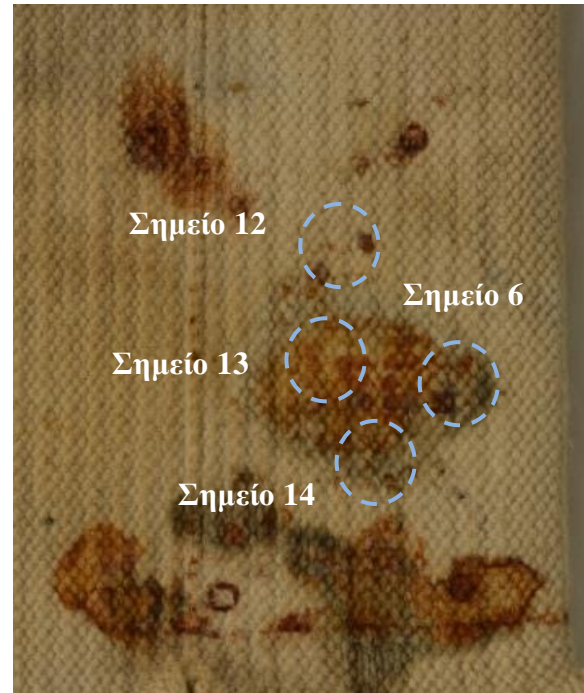
Εικόνα 86: Άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ 2NaEDTA, ΔL\*, Δa\*, Δb\* σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων.

Στην Εικ. 90 φαίνονται οι διαφορές στο L\*, a\*, b\* των σημείων, που εφαρμόστηκε κιτρικό τριαμμώνιο με gellan gum. Παρόλο που τα προϊόντα οξείδωσης σιδήρου έχουν αφαιρεθεί σε αρκετό βαθμό από όλα τα σημεία (Εικ. 87), στο σημείο 6 μόνο καταγράφεται υψηλή τιμή ΔΕ\* (Εικ. 89), που πιθανόν να οφείλεται σε λάθος λήψη της τελικής χρωματομέτρησης, που ίσως να συμπεριέλαβε περισσότερο ποσοστό καθαρής ανοιχτόχρωμης περιοχής.

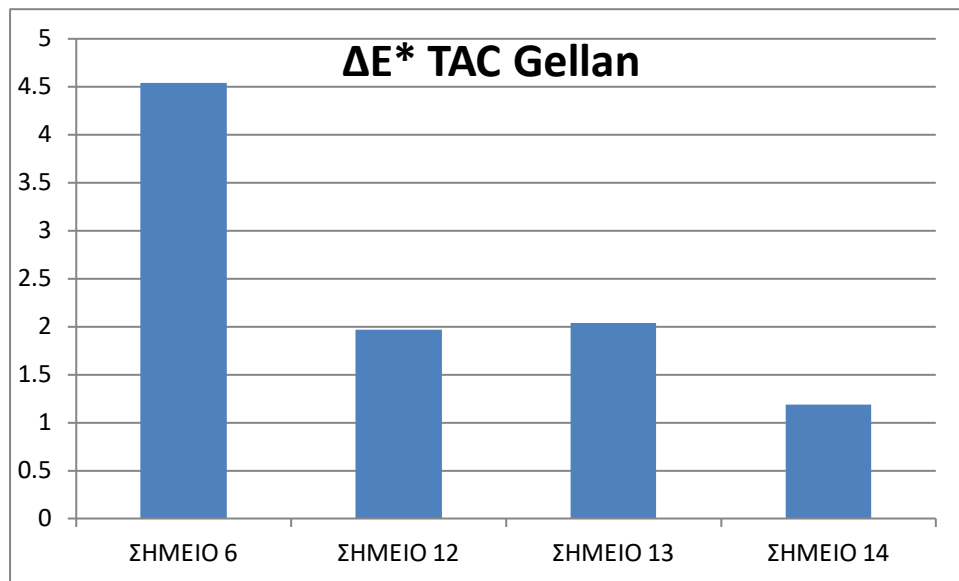




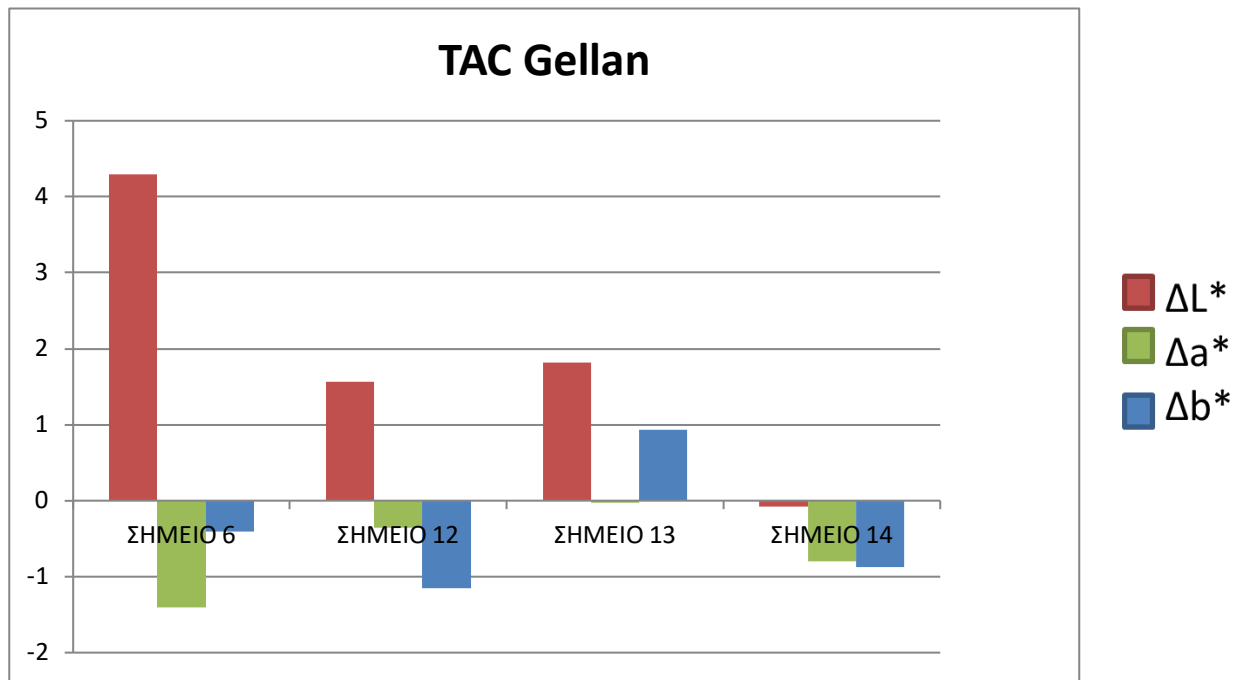
Εικόνα 87: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το TAC με gellan gum πριν τον καθαρισμό.



Εικόνα 88: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το TAC με gellan gum μετά τον καθαρισμό.



Εικόνα 89: ΔΕ\* TAC gellan gum, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο.



Εικόνα 90: Gellan gum TAC,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων.



**Εικόνα 91:** Σταθεροποίηση «ελεύθερων – χαλαρών» νημάτων με πολυαμιδικό τούλι.

Μετά το πέρας του καθαρισμού πραγματοποιήθηκε σταθεροποίηση «ελεύθερων – χαλαρών» νημάτων. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολυαμιδικότούλι, που παραχωρήθηκε από την κα Καρατζάνη, βαμμένο στην ίδια απόχρωση με το φιτίλι. Το πολυαμιδικό τούλι τοποθετήθηκε περιμετρικά στο κομμένο κάτω μέρος του φυτιλιού, και σταθεροποιήθηκε με απλή βελονιά (Εικ. 91, 92).



**Εικόνα 92:** Σταθεροποίηση «ελεύθερων –χαλαρών» νημάτων με πολυαμιδικό τούλι.

### 6.3 Αξιολόγηση καθαρισμού

Μετά το πέρας του καθαρισμού, βελτιώθηκε η αισθητική εικόνα του αντικείμενου, εφόσον αφαιρέθηκε ένα μεγάλο μέρος των προϊόντων οξείδωσης σιδήρου. Επιπλέον, μειώθηκε ο κίνδυνος περαιτέρω φθοράς του υφάσματος από την παρουσία των οξειδίων/υδροξυ-οξειδίων του σιδήρου και παράλληλα διατηρήθηκαν τα στοιχεία που συσχετίζονταν με τη χρήση του αντικείμενου.

Όσο για την αξιολόγηση της διαδικασίας του καθαρισμού πρέπει να επισημανθεί, ότι είναι μια πολυπαραγοντική διαδικασία και ότι ο ανθρώπινος παράγοντας στην παρασκευή των γελών με τη θερμαντική πλάκα είναι καθοριστικός. Γιατί παρόλο που μπορεί να προετοιμαστεί το σύστημα της γέλης εύκολα, σε οποιοδήποτε χώρο και με κοινό εξοπλισμό, που μπορεί να υπάρχει σε κάθε εργαστήριο, μπορεί να υπάρξουν αστοχίες και η διαδικασία να γίνεται πιο αργά. Όπως και συνέβη σε κάποιες περιπτώσεις που οι γέλες δεν ομογενοποιούνταν σωστά, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο αντικείμενο και να χρειάζονται να παρασκευαστούν από την αρχή. Ενώ η χρήση ενός φούρνου μικροκυμάτων, που σαφώς υπερτερεί, εγγυάται την επαναληψιμότητα των ιδιοτήτων των παραγόμενων γελών και προφανώς συνίσταται σε περιπτώσεις συγκριτικών μελετών.

Επιπλέον, ανάλογα με το σύστημα γέλης και το χηλικό αντιδραστήριο που χρησιμοποιούνταν, έγινε αναπροσαρμογή της συγκέντρωσης, με σκοπό να επιτευχθεί ίδια διαβροχή και στις δύο περιπτώσεις.

Παρατηρήθηκε, επίσης ότι αν την ίδια μέρα γίνονταν περισσότερες από τέσσερις επαναλήψεις γέλης-χηλικού, τότε διαπιστωνόταν μεγαλύτερη διαβροχή από την επιθυμητή.

Μεταξύ των συστημάτων γελών παρατηρήθηκαν διαφορές, όπως ότι το gellan gum είναι πιο διαφανές και άχρωμο σε σχέση με το άγαρ-άγαρ που είναι κιτρινωπό. Αυτό σημαίνει ότι το αποτέλεσμα καθαρισμού είναι πιο διακριτό με το gellan gum, αφού τα προϊόντα οξείδωσης του σιδήρου όταν συμπλοκοποιούνται με το 2NaEDTA και το TAC έχουν κιτρινωπό χρώμα πάνω στη γέλη.

Ανάλογα τη μορφή της γέλης που χρησιμοποιήθηκε, ημίρρευστη ή άκαμπτη, τα χηλικά αντιδραστήρια είχαν διαφορετική αποτελεσματικότητα, πιθανά γιατί η ημίρρευστη γέλη αποκτούσε καλύτερη πρόσφυση με το υπόστρωμα, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο τη διαδικασία συμπλοκοποίησης από το χηλικό αντιδραστήριο που εφαρμοζόταν.

Επίσης, σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα του καθαρισμού του κάθε σημείου έπαιξε το είδος του λεκέ, αλλά και η ποσότητα των οξειδίων του σιδήρου, η οποία εφόσον διαφοροποιούνταν δεν ήταν δυνατό να αφαιρεθεί ομοιόμορφα με τις ίδιες επαναλήψεις.



Εικόνα 93: Το φτίλι μετά τον καθαρισμό.



## Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που απορρέουν από τις διαδικασίες καθαρισμού είναι τα ακόλουθα:

- Και τα δύο χηλικά αντιδραστήρια αφαίρεσαν προϊόντα οξείδωσης του σιδήρου
- Πιο αποτελεσματικό καθαρισμό στο φυτόλι έκανε το EDTA.
- Δεν έγινε ομοιόμορφος καθαρισμός των οξειδίων του σιδήρου μετά από τις 21 εφαρμογές, προφανώς λόγω της διαφορετικής ποσότητας οξειδίων σε κάθε σημείο.
- Τα χηλικά αντιδραστήρια δεν κατάφεραν να αφαιρέσουν τους γκρι λεκέδες.
- Καλύτερη αποτελεσματικότητα στον καθαρισμό είχε η εφαρμογή χηλικών με ημίρρευστες γέλες
- Τη μικρότερη αποτελεσματικότητα είχε το gellan gum.
- Η προετοιμασία των γελών σε θερμαντική πλάκα απαιτεί δεξιότητες και εμπειρία ώστε να υπάρχει κάθε φορά ομοιόμορφο αποτέλεσμα.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

Baglioni P., Chelazzi D., Fratini E., Carretti E., (2013) *Nanoscience for the Conservation of Works of Art*, Chapter 10, Cleaning IV: Gels and Polymeric Dispersions, The Royal Society of Chemistry

Baglioni P. et al. (2015), *Nanotechnologies in the Conservation of Cultural Heritage*, Springer Science and Business Media Dordrecht  
DOI: 10.1007/978-94-017-9303-2\_4

Botti, L. et al. (2011). Gellan gum and its application in wet conservation treatments, *Evaluation of cleaning and chemical stabilization of paper treated with a rigid hydrogel of gellan gum by means of chemical and physical analyses*, Lisbon 2011, ICOM pp.1–11.

Chou, S. and Chen, H. E. (1995). The weaving methods of three-dimensional fabrics of advanced composite materials. *Composite Structures*, 33 (3), pp.159–172. [Online]. Available at: doi:10.1016/0263-8223(95)00120-4.

Cremonesi, P. (2016). Surface cleaning? Yes, freshly grated Agar gel, please. *Studies in Conservation*, 61(6). DOI: 10.1179/2047058415Y.0000000026.

Djordjević D., Smelcerović M., Urošević S., Djordjević S. (2017). Textile protection through conservation and restoration, στο *Zatista Materijala* 58 (1) pp 94-99.

Giordano A. and Cremonesi P (2020): New Methods of Applying Rigid Agar Gels: From Tiny to Large-scale Surface Areas, *Studies in Conservation*, DOI: 10.1080/00393630.2020.1848272

Hackett, J. (2018). Cyclododecane: practical applications in textile conservation. *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation*, pp.73–81. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.17863/CAM.34056>.

Hawkes, R. (2013). The use of gels in aqueous conservation of paper. *Icon News*, September 2013, 48, 27-28.

Horie, V. (2010). *Materials for Conservation. Organic consolidant and coating*. 2<sup>nd</sup> edition, Elsevier Ltd.

Larochette, Y. (2004), 'Determining the efficacy of cyclododecane as a barrier for a reduction bleaching treatment of a silk embroidered linen napkin', in The Textile Specialty Group Postprints. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works Annual Meeting (32) Washington D. C., pp. 1–10.

Maheux, A. (2015). Cross-Disciplinary Uses for Gellan Gum in Conservation, The Book and Paper Group, Annual 34 pp 69-79.

Markova, I. (2019). *Textile Fiber Microscopy A Practical Approach*, Wiley, pp 212

Oddy, A. (1994) Restoration - Is it Acceptable? Στο *Restoration - Is it Acceptable?* επιμ. Oddy, A British Museum Occasional Paper 99, pp 3-9.

Pavitt R. (2013). Cleaning of Painted Surfaces - Wolbers Strikes Again, A Workshop Review, The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC), Διαθέσιμο στο: <https://www.iiconservation.org/node/3216>

Ross, K.A., Pyrak-Nolte, L.J. and Campanella, O.H. (2006), The effect of mixing conditions on the material properties of an agar gel—microstructural and macrostructural considerations, *Food Hydrocolloids*, 20 (1), 79-87

Shaeffer, E. and Gardiner, J. (2013). New and current materials and approaches for localized cleaning in textile conservation. In: A. Holden, R. Summerour, E. Schuetz, J. Carlson and G. Petersen (eds.), *Textile Specialty Group Postprints 41st Annual Meeting AIC, Indianapolis, Indiana May 29-June 1, 2013*, 23, 109-124.

Schmitt, E. and Foskett, S. (2016). Gelling in theory and practice: an examination of agarose gels in textile conservation. In: E. Shaeffer, A. Getts, K. Kiefer & B. Morris (eds.), *Postprints of The textile speciality group, Joint 42nd and 44th meeting Montreal, Quebec May 2016*, 26, 157- 170.

Stair, M. (2023). Kerosene heaters. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα [https://www.milesstair.com/kero\\_heaters.html](https://www.milesstair.com/kero_heaters.html). (Πρόσβαση 5/10/2022)

Warda J., Brückle I., Bezúr A. and Kushel D. (2007). Analysis of Agarose, Carbopol, and Laponite Gel Poultices in Paper Conservation, *Journal of the American Institute for Conservation*, 46(3), 263-279.

Watters, C. (2007). Cyclododecane: a closer look at practical issues. *Anatolian archaeological studies*, 16, pp.195–204.

## Ελληνική

Ζερβός, Σ. (2015). *Συντήρηση και διατήρηση χαρτιού, βιβλίων και αρχειακού υλικού*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://dx.doi.org/10.57713/kallipos-87>

Καβάσιλα, Κ. (2011). Εισαγωγή στη συντήρηση υφασμάτων, στο Αρχαιολογία και Τέχνες, διαθέσιμο στο: <https://www.archaiologia.gr/wp-content/uploads/2011/06/22-15.pdf>

Καραγιαννίδου, Ε. (2016). Εφαρμογή των συνθετικών πολυμερών στη συντήρηση ιστορικών υφασμάτων, στο Χημικά Χρονικά Τεύχος 7, ΤΟΜΟΣ 78, Νοέμβριος 2016.

Καραδέρος, Γ. (2009). *Ιστορία και Θεωρία της Αποκατάστασης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μέθεξις.

Κριθαρη Δ. και Ντίνου Λ. (2022). Η μελέτη, καταγραφή της κατάστασης διατήρησης και η συντήρηση ενός φορητού θερμαντικού σώματος, από την συλλογή ιστορικών αντικειμένων του Μουσείου Μαραθώνα της ΕΥΔΑΠ.

Περιβολιώτου, Μ. (2004) *Η τέχνη του υφάσματος*, Εκδοτικός Όμιλος Ίων.

Χατζηδάκη, Μ. (2005). Τεκμηρίωση Συντήρησης. Οδηγός Πολιτισμικής Τεκμηρίωσης και Διαλειτουργικότητας: Κέντρο Πολιτισμικής Πληροφορικής, Ινστιτούτο Πληροφορικής ΙΤΕ.

Χεκίμογλου Ε. (2014), *Υδάτινη Ιστοριογραφία, Χρονικό της διαχείρισης του νερού στην Αττική*, Ελληνικές εκδόσεις, Αθήνα.

## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Τα μέρη θερμαντικού σώματος «Perfection».....	12
Εικόνα 2: Το θερμαντικό σώμα που προέρχεται το φιτίλι.....	12
Εικόνα 3: Τα επιμέρους τμήματα του θερμαντικού σώματος διαχωρισμένα. Από αριστερά προς τα δεξιά, (1) ο μεταλλικός φορέας του φιτιλιού, (2) η χειρολαβή, (3) το εξάρτημα ανύψωσης, (4) το ορειχάλκινο πώμα της δεξαμενής, (5) η δεξαμενή και (6) η καμινάδα..	13
Εικόνα 4: Δυο διαφορετικά δείγματα διαστολέων φλόγας.....	13
Εικόνα 5: Το φιτίλι όπως βρέθηκε στο θερμαντικό σώμα. (1) ο μεταλλικός φορέας, (2) η δεξαμενή. ....	13
Εικόνα 6: Φωτογραφική τεκμηρίωση του αντικειμένου σε όλες τις όψεις .....	18
Εικόνα 7: Στρέψη του στημονιού.....	19
Εικόνα 8:Στρέψη του υφιδιού.....	19
Εικόνα 9: Λήψη δείγματος από το υφάδι.....	22
Εικόνα 10: Φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται ότι το υφάδι είναι βαμβάκι. ....	22
Εικόνα 11: Λήψη δείγματος από το στημόνι.....	22
Εικόνα 12: Φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται ότι το στημόνι είναι βαμβάκι.....	22
Εικόνα 13: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $Fe^{3+}$ ). ....	23
Εικόνα 14: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $Fe^{3+}$ ). ....	23
Εικόνα 15: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια συσσωματώματος οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $Fe^{3+}$ ). ....	23
Εικόνα 16: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια συσσωματώματος οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου ( $Fe^{3+}$ ). ....	23
Εικόνα 17: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια μαύρου λεκέ και οξειδίων/υδροξειδίων του σιδήρου.....	24
Εικόνα 18: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια μαύρου λεκέ.....	24
Εικόνα 19: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια του φιτιλιού με περιβαλλοντικές επικαθήσεις.....	24
Εικόνα 20: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια του φιτιλιού με περιβαλλοντικές επικαθήσεις.....	24
Εικόνα 21: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από το κομένο μέρος της βάσης.....	25
Εικόνα 22: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από το κομένο μέρος της βάσης.....	25
Εικόνα 23: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από την καμένη πλευρά του φιτιλιού.....	25
Εικόνα 24: Φωτογραφία από στερεομικροσκόπιο, λεπτομέρεια από την καμένη πλευρά του φιτιλιού.....	25
Εικόνα 25: Θέση λήψης δείγματος 1.....	26
Εικόνα 26: Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται θραύση των ινών.....	27
Εικόνα 27: Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται θραύση των ινών.....	27
Εικόνα 28: Θέση λήψης δείγματος 2.....	27
Εικόνα 29: Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται θραύση των ινών.....	27
Εικόνα 30: Φωτογραφία από το δείγμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπου φαίνεται απολέπιση των ινών.....	27
Εικόνα 31: Φάσμα του δείγματος 1.....	28
Εικόνα 32: Δείγμα 1 φωτογραφία EDS.....	28
Εικόνα 33: Δείγμα 2 φωτογραφία EDS.....	29
Εικόνα 34: Φάσμα του δείγματος 2.....	29
Εικόνα 35: Δείγμα 2.1 φωτογραφία EDS.....	29
Εικόνα 36: Φάσμα του δείγματος 2.1.....	29
Εικόνα 37: Δείγμα τις μαύρης βαφής του θερμαντικού σώματος.....	30
Εικόνα 38: Φάσμα του δείγματος τις μαύρης βαφής του θερμαντικού σώματος.....	30
Εικόνα 39: Το φιτίλι που έρχεται σε επαφή με τον ορειχάλκινο κύλινδρο της δεξαμενής.....	30



Εικόνα 40: Ο ορειχάλκινος κύλινδρος. ....	30
Εικόνα 41: Σημεία λήψεων των μετρήσεων. ....	31
Εικόνα 42: Αποτελέσματα από την περιοχή 1. ....	31
Εικόνα 43: Αποτελέσματα από την περιοχή 2. ....	32
Εικόνα 44: Αποτελέσματα από την περιοχή 3. ....	32
Εικόνα 45: Αποτελέσματα από την περιοχή 4. ....	32
Εικόνα 46: Φάσμα δείγματος αναφοράς βαμβακερού υφάσματος με τις χαρακτηριστικές κορυφές της κυτταρίνης. ....	33
Εικόνα 47: Φάσματα από περιοχή του φιτιλιού χωρίς λεκέδες (ώχρα) και από περιοχή με αιωρούμενα σωματίδια (πετρόλ) σε σύγκριση με το φάσμα αναφοράς (καφέ). ....	34
Εικόνα 48: Λεπτομέρεια των φασμάτων της κορυφής $898\text{cm}^{-1}$ , η οποία έχει διευρυνθεί και μετατοπιστεί προς τα δεξιά. ....	34
Εικόνα 49: Φάσματα που προέρχονται από το εξωτερικό (πετρόλ) και εσωτερικό (ώχρα) άνω μέρος του φιτιλιού που έχουν υποστεί καύση συγκριτικά με φάσμα αναφοράς του βαμβακερού υφάσματος (καφέ). ....	35
Εικόνα 50: Φάσματα από περιοχές με γκρι λεκέδες. ....	36
Εικόνα 51: Οι χαρακτηριστικές κορυφές της κηροζίνης. (Mehmood et al. 2022). ....	36
Εικόνα 52: Σύγκριση φάσματος δείγματος αναφοράς βαμβακερού υφάσματος με φάσματα από περιοχές με οξειδία/υδρόξυ-οξειδία του σιδήρου. ....	36
Εικόνα 53: Φάσματα από περιοχές με οξειδία/υδρόξυ-οξειδία του σιδήρου και χαρακτηριστικές κορυφές τους. ....	37
Εικόνα 54: Εναπόθεση ακρυλικού χρώματος διαλυμένο με νερό. ....	40
Εικόνα 55: Κηλίδες κυκλοδοδεκανίου. ....	40
Εικόνα 56: Κατάσταση του μονωτικού στρώματος μετά από μία ώρα. ....	40
Εικόνα 57: Οι κηλίδες μετά από 5 λεπτά. ....	40
Εικόνα 58: Δημιουργία μικρορηγματώσεων. ....	41
Εικόνα 59: Εμβάπτιση του δοκιμίου σε νερό. ....	41
Εικόνα 60: Αποκόλληση του στρώματος κυκλοδοδεκανίου από το υπόστρωμα. ....	41
Εικόνα 61: Δοκιμές με Vervesil Plus και Cyclomethicone D4 και D5. ....	42
Εικόνα 62: Επιφανειακός καθαρισμός με απορροφητική συσκευή κατάλληλη για μουσειακή χρήση. ....	49
Εικόνα 63: Εφαρμογή άκαμπτων γελών. ....	49
Εικόνα 64: Εφαρμογή άκαμπτης γέλης. ....	49
Εικόνα 65: Τοποθέτηση βάρους (με σκάγια) κατά την διάρκεια των εφαρμογών άκαμπτης γέλης. ....	50
Εικόνα 66: Εφαρμογή των ημίρευστων γελών. ....	50
Εικόνα 67: Εφαρμογή των ημίρευστων γελών. ....	50
Εικόνα 68: Σημεία μετρήσεων για το κιτρικό τριαμμώνιο. ....	51
Εικόνα 69: Σημεία μετρήσεων για το 2NaEDTA. ....	51
Εικόνα 70: Χρωματικός χώρος CIELAB. ....	52
Εικόνα 71: Κατά την διάρκεια των μετρήσεων. ....	52
Εικόνα 72: Η εξέλιξη του $\Delta E^*$ κιτρικού τριαμμωνίου για την κάθε γέλη, μετά από 7, 14 και 21 επαναλήψεις καθαρισμού με γέλες. ....	53
Εικόνα 73: Η εξέλιξη του $\Delta E^*$ 2NaEDTA για την κάθε γέλη, μετά από 7, 14 και 21 επαναλήψεις καθαρισμού με γέλες. ....	54
Εικόνα 74: Ολική χρωματική διαφορά ( $\Delta E^*$ ), για όλους τους τρόπους εφαρμογής του 2NaEDTA και του TAC. ....	54
Εικόνα 75: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το κιτρικό τριαμμώνιο με ημίρρευστη γέλη άγαρ-άγαρ πριν τον καθαρισμό. ....	55
Εικόνα 76: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το κιτρικό τριαμμώνιο με ημίρρευστη γέλη άγαρ-άγαρ μετά τον καθαρισμό. ....	55
Εικόνα 77: $\Delta E^*$ TAC ημίρρευστη γέλης, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο. ....	56
Εικόνα 78: Ημίρρευστη γέλη TAC $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων. ....	56
Εικόνα 79: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με gellan gum μετά τον καθαρισμό. ....	57
Εικόνα 80: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με gellan gum πριν τον καθαρισμό. ....	57

Εικόνα 81: ΔΕ* 2NaEDTA gellan gum, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο. ....	58
Εικόνα 82: Gellan gum 2NaEDTA, ΔL*, Δa*, Δb* σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων. ....	58
Εικόνα 84: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ πριν τον καθαρισμό. ....	59
Εικόνα 83: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το 2NaEDTA με άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ μετά τον καθαρισμό. ....	59
Εικόνα 85: ΔΕ* 2NaEDTA άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο. ....	60
Εικόνα 86: Άκαμπτη γέλη άγαρ-άγαρ 2NaEDTA, ΔL*, Δa*, Δb* σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων. ....	60
Εικόνα 88: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το TAC με gellan gum πριν τον καθαρισμό. ....	61
Εικόνα 87: Τα σημεία που εφαρμόστηκε το TAC με gellan gum μετά τον καθαρισμό. ....	61
Εικόνα 89: ΔΕ* TAC gellan gum, μέσος όρος από την αρχική και τελική μέτρηση για κάθε σημείο. ....	61
Εικόνα 90: Gellan gum TAC, ΔL*, Δa*, Δb* σύγκριση των μετρήσεων όλων των σημείων. ....	62
Εικόνα 91: Σταθεροποίηση «ελεύθερων –χαλαρών» νημάτων με πολυαμιδικό τούλι. ....	63
Εικόνα 92: Σταθεροποίηση «ελεύθερων –χαλαρών» νημάτων με πολυαμιδικό τούλι. ....	63
Εικόνα 93: Το φιλίλι μετά τον καθαρισμό. ....	65