

**Συγκριτική Μελέτη των Οπτικών
και των Μηχανικών Ιδιοτήτων
των Φυσικών και των
Συνθετικών Ρητινών στην
Εφαρμογή τους σε Φορητές
Εικόνες**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΓΚΟΥΣΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ Αθηνά Αλεξοπούλου,
Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ, Καθηγήτρια στο Τμήμα
Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης

Αθήνα 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

Συγκριτική Μελέτη των Οπτικών και των Μηχανικών
Ιδιοτήτων των Φυσικών και των Συνθετικών Ρητινών
στην Εφαρμογή τους σε Φορητές Εικόνες

Γκούσκος Χρήστος

Επιβλέπουσα:

Δρ Αθηνά Αλεξοπούλου

Αθήνα 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

DEPARTMENT OF CONSERVATION OF ANTIQUITIES
AND WORKS OF ART

Comparative Study of the Optical and Mechanical Properties
of Natural and Synthetic Resins in Their Application
to Portable Images

Gouskos Christos

Supervisor name and surname:

Dr Athina Alexopoulou

Athens 2024

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1) Α.ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ, Καθηγήτρια, Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης

2) Γ.ΜΑΣΤΡΟΘΕΟΔΩΡΟΣ, Επικ. Καθηγητής, Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης

3) Σ.ΘΕΟΧΑΡΗ, Καθηγήτρια, Τμήμα, Γραφιστικής και οπτικής επικοινωνίας, παδα)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γκούσκος Χρήστος του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 52015052, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης (B), δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής 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».

Ο Δηλών

Γκούσκος Χρήστος

*Αφιερωμένο στη Σοφία, τον Ruff
και τον Κωνσταντίνο
που είναι μαχητής*

Περιεχόμενα

Περίληψη	12
Abstract	13
Ευχαριστίες	15
Πρόλογος.....	17
Θεωρητικό μέρος	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1 ^ο Κεφάλαιο: Γενικά για τα βερνίκια	20
1.1 Η έννοια του βερνικιού	20
1.2 Είδη βερνικιών.....	21
1.2.1 Ξηραίνόμενα έλαια.....	21
1.2.2 Ρητίνες.....	22
1.2.3 Ρητίνες ζωικής προέλευσης.....	25
1.2.2. 1 Συνθετικές ρητίνες μεγάλου μοριακού βάρους	27
1.2.2.2 Συνθετικές ρητίνες μικρού μοριακού βάρους	29
1.2.4 Κεριά.....	30
1.3 Προστατευτικός και αισθητικός ρόλος των βερνικιών	30
1.4 Κριτήρια επιλογής διάφανων επικαλυπτικών	31
1.5 Προβλήματα που συναντώνται στα βερνίκια	33
2 ^ο Κεφάλαιο: Προδιαγραφές χρήσης των βερνικιών και η εφαρμογή τους στη ζωγραφική επιφάνεια	35
2.1 Προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένα βερνίκι	35
2.2 Η διαδικασία της εφαρμογής του βερνικιού	36
3 ^ο Κεφάλαιο: Πειραματική Διαδικασία.....	37
3.1 Εισαγωγή.....	37
3.2 Στάδιο δοκιμών πριν από το πείραμα	37
3.3 Παρασκευή δειγμάτων για τις ανάγκες του πειράματος	40
3.4 Παρασκευή ρητινών για τις ανάγκες του πειράματος	47
3.5 Παρασκευή βερνικιού σανδαράχης και βερνικιού μαστίχης για τις ανάγκες του πειράματος	52
3.6 Μελέτη των οπτικών ιδιοτήτων των φυσικών και συνθετικών ρητινών.....	55
3.6.1 Χρωματομετρία.....	55

3.6.2 Στιλπνομέτρηση	57
3.6.3 Φωτογράφιση με ορατή ακτινοβολία	60
3.6.4 Φωτογράφιση με επαπτόμενο φωτισμό.....	62
3.6.5 Υπεριώδης Φωτογραφία Φθορισμού.....	67
3.6.6 Γήρανση.....	72
4 ^ο Κεφάλαιο: Πειραματικά Αποτελέσματα.....	74
4.1 Φωτογραφική Απεικόνιση.....	75
4.2 Στιλπνομέτρηση.....	93
4.3 Χρωματομετρία.....	101
5 ^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα.....	105
Βιβλιογραφία	109
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	109
Ελληνική βιβλιογραφία.....	110
Διαδικτυακή βιβλιογραφία.....	111
Παράρτημα	112

Κατάλογος Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1	28
ΕΙΚΟΝΑ 2	41
ΕΙΚΟΝΑ 3	41
ΕΙΚΟΝΑ 4	41
ΕΙΚΟΝΑ 5	42
ΕΙΚΟΝΑ 6	42
ΕΙΚΟΝΑ 7	42
ΕΙΚΟΝΑ 8	43
ΕΙΚΟΝΑ 9	43
ΕΙΚΟΝΑ 10	43
ΕΙΚΟΝΑ 11	44
ΕΙΚΟΝΑ 12	44
ΕΙΚΟΝΑ 13	44
ΕΙΚΟΝΑ 14	45
ΕΙΚΟΝΑ 15	47
ΕΙΚΟΝΑ 16	48
ΕΙΚΟΝΑ 17	49
ΕΙΚΟΝΑ 18	50
ΕΙΚΟΝΑ 19	51
ΕΙΚΟΝΑ 20	51
ΕΙΚΟΝΑ 21	51

EIKONA 22	52
EIKONA 23	53
EIKONA 24	53
EIKONA 25	53
EIKONA 26	54
EIKONA 27	54
EIKONA 28	55
EIKONA 29	56
EIKONA 30	57
EIKONA 31	59
EIKONA 32	60
EIKONA 33	61
EIKONA 34	62
EIKONA 35	63
EIKONA 36	64
EIKONA 37	65
EIKONA 38	65
EIKONA 39	66
EIKONA 40	68
EIKONA 41	68
EIKONA 42	69
EIKONA 43	70
EIKONA 44	70
EIKONA 45	71
EIKONA 46	71
EIKONA 47	72
EIKONA 48	72
EIKONA 49	74
EIKONA 50	77
EIKONA 51	77
EIKONA 52	78
EIKONA 53	78
EIKONA 54	79
EIKONA 55	79
EIKONA 56	80
EIKONA 57	80
EIKONA 58	81
EIKONA 59	81
EIKONA 60	82
EIKONA 61	82
EIKONA 62	83
EIKONA 63	83
EIKONA 64	84
EIKONA 65	84
EIKONA 66	85
EIKONA 67	85
EIKONA 68	86
EIKONA 69	86
EIKONA 70	87

ΕΙΚΟΝΑ 71	87
ΕΙΚΟΝΑ 72	88
ΕΙΚΟΝΑ 73	88
ΕΙΚΟΝΑ 74	89
ΕΙΚΟΝΑ 75	89
ΕΙΚΟΝΑ 76	90
ΕΙΚΟΝΑ 77	90
ΕΙΚΟΝΑ 78	91
ΕΙΚΟΝΑ 79	91
ΕΙΚΟΝΑ 80	92

Πίνακες

Πίνακας 3.1	-40-
Πίνακας 3.2	-46-
Πίνακας 3.3	-61-
Πίνακας 4.1.....	-101-
Πίνακας 4.2.....	-103-
Πίνακας 4.3.....	-104-
Πίνακας 4.4.....	-104-

Διαγράμματα

Διάγραμμα 4.1.....	-105-
Διάγραμμα 4.2.....	-105-
Διάγραμμα 4.3.....	-106-
Διάγραμμα 4.4.....	-106-

Συγκριτική Μελέτη των Οπτικών και των Μηχανικών Ιδιοτήτων των Φυσικών και των Συνθετικών Ρητινών στην Εφαρμογή τους σε Φορητές Εικόνες

Περίληψη

Κύριος στόχος της μελέτης αυτής είναι να εξετάσει την εφαρμογή των φυσικών και των συνθετικών ρητινών σε φορητές εικόνες. Συγκεκριμένα ερευνάται η χρήση των βερνικιών σε ξύλινες φορητές εικόνες. Ακόμα, μελετώνται και συγκρίνονται οι οπτικές ιδιότητες των ρητινών πριν και μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης. Για το σκοπό αυτό, η μελέτη επικεντρώνεται σ' ένα σύνολο δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν και εφαρμόστηκαν στο εργαστήριο Μεθόδων Διάγνωσης μη Καταστρεπτικού Ελέγχου του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Χρησιμοποιήθηκαν ρητίνες κυρίως φυσικές και μια συνθετική (Paraloid B72) στις οποίες εφαρμόστηκε επιταχυνόμενη γήρανση, εκθέτοντάς τες σε συνθήκες θερμοκρασίας ώστε να ακολουθήσει η καταγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Τόσο για την καταγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων όσο και για την καταγραφή των οπτικών μεταβολών των δειγμάτων επιλέχθηκαν μη καταστρεπτικές μέθοδοι ξεκινώντας με την απεικόνιση στο ορατό, με επαπτόμενο φωτισμό, απεικόνιση με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) και πολυφασματική απεικόνιση. Ακολούθησαν μετρήσεις με τη χρήση χρωματομέτρου και μέτρηση της στιλπνότητας πριν και μετά τη γήρανση των δειγμάτων.

Η ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας κατόπιν συγκρίσεως γερασμένων και μη γερασμένων βερνικιών μας οδήγησε στο συμπέρασμα, βάση των μετρήσεων της στιλπνομέτρησης, ότι η σημαντικότερη επίδραση από την διαδικασία της θερμικής γήρανσης παρατηρήθηκε στην ρητίνη της δάμαρης.

Αναφορικά με τη χρωματομετρία συμπεραίνουμε ότι η φωτεινότητα της δάμαρης και της σανδαράχης έχει μειωθεί μετά την περάτωση της θερμικής γήρανσης.

Abstract

The main purpose of this study is to examine the application of natural and synthetic resins in portable imaging. In particular specifically, it is being investigated the reaction and use of varnishes when they come into contact with wooden portable images are investigated. Also the optical and mechanical properties of the resins are still being studied and compared. For this purpose, the ongoing study focuses on a set of samples that were used and applied in the laboratory of the Department of Conservation of Antiquities and Works of Art of the University of Western Attica.

Mainly natural resins were used, but also a synthetic one (Paraloid B72) to which accelerated aging was applied, exposing them to relatively high temperature levels in order to follow the recording and comparison of the results.

Both for the recording and comparison of the results and for the recording of the physicochemical changes of the samples, non-destructive methods were chosen starting with visible photography, tangential photography, photography using ultraviolet radiation (UV) and photography in a cube. This was followed by measurements using a colorimeter and gloss measurement before and after aging the samples.

The Completion of the experimental process after comparing aged and unaged varnishes led us to the conclusion, based on gloss measurements, that the most significant effect from the thermal aging process was observed in the resin of the damar. With reference to the colorimetry we conclude that the brightness of the damar and sandarach has decreased after the end of the thermal aging.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου, και ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου στην Πτυχιακή μου Εργασία, κυρία Αθηνά Αλεξοπούλου, για την πολύτιμη καθοδήγηση και την ανεκτίμητη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της έρευνας. Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κυρία Καμινάρη για τις ανυπολόγιστες ώρες που ήταν εκεί για να με βοηθήσει, και την κυρία Πάνου που, όποτε τη χρειάστηκα, ήταν παρούσα, καθώς και την κυρία Θεοχάρη που, χωρίς τον εξοπλισμό της και τις πολύτιμες συμβουλές της, δεν θα τα κατάφερνα. Η συμβολή του κυρίου Μαστροθεόδωρου υπήρξε μείζονος σημασίας και τον ευχαριστώ για αυτό. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Σ. Θεοχάρη και τον κ. Γ. Μαστροθεόδωρο και για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή. Οι σημαντικότερες όμως ευχαριστίες αφορούν τη συνοδοιπόρο μου στο ταξίδι της ζωής, Σοφία, στην οποία θα ήθελα να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη μου τόσο για την υπομονή της όσο και για το ότι υπήρξε η κύρια έμπνευσή μου σε όλη αυτή την προσπάθειά μου αλλά και το σταθερό στήριγμά μου όλα αυτά τα χρόνια, και ιδίως σε στιγμές που βρέθηκα στο όριο της παραίτησης. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, τον αδερφό μου και τους λίγους φίλους μου για την υποστήριξη και την κατανόηση που μου προσφέρουν όλα αυτά τα χρόνια.

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή αναφέρεται στη συγκριτική μελέτη της συμπεριφοράς των οπτικών ιδιοτήτων των ρητινών, φυσικών και συνθετικών, σε συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης. Οι αλλοιώσεις που υφίστανται τα έργα τέχνης κατά τη διαδικασία της γήρανσης σε συνθήκες περιβάλλοντος μπορούν να προσεγγισθούν και να συγκριθούν με συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης βοηθώντας στην ανάδειξη και κατανόηση των αλλοιώσεων των υλικών.

Η επιλογή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκε σε ιστορικά στοιχεία σχετικά με το είδος και τη χρήση βερνικιών, όπως επίσης και σε στοιχεία που σχετίζονταν με τους διαλύτες με τους οποίους, βάσει βιβλιογραφίας και πηγών, διαλύονται αυτά. Η αποτίμηση και εξέταση των αλλοιώσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μη καταστρεπτικών μεθόδων, και πιο συγκεκριμένα με φωτογράφιση στο ορατό, απεικόνιση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV), υπερφασματική απεικόνιση, χρωματομετρία και στιλπνομέτρηση.

Οι μέθοδοι αυτές εφαρμόστηκαν τόσο πριν όσο και μετά την επιταχυνόμενη γήρανση, ώστε να μπορούν να αποτιμηθούν, να εξεταστούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα και εν συνεχεία να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματα.

Ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας και πειραματικής διαδικασίας είναι η κατανόηση και διερεύνηση της αντοχής των οπτικών ιδιοτήτων των συγκεκριμένων υλικών σε βάθος χρόνου. Το τελικό αποτέλεσμα της έρευνας θα προκύψει μέσα από τα συμπεράσματα τα οποία προέρχονται από τις μετρήσεις της χρωματομετρίας, της φωτογραφικής απεικόνισης και της στιλπνομέτρησης.

Για την καλύτερη και ευκολότερη κατανόηση της πτυχιακής εργασίας στο θεωρητικό μέρος παρουσιάζεται μια σύντομη αναφορά στα θέματα, τα οποία διερευνήθηκαν σε αυτή την εργασία, δηλαδή ζητήματα που αφορούν ρητίνες που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε ζωγραφικά έργα. Στη συνέχεια, στο πειραματικό μέρος παρουσιάζεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία και τα αποτελέσματα που ελήφθησαν. Ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα της μελέτης.

Συγκεκριμένα:

Στο *πρώτο κεφάλαιο* γίνεται η αρχή του θεωρητικού μέρους της εργασίας, παραθέτοντας ιστορικά στοιχεία και γενικές πληροφορίες για τα βερνίκια, ενώ παρουσιάζονται οι τύποι βερνικιών που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση κυρίως ζωγραφικών έργων. Στη συνέχεια περιγράφεται η ταξινόμηση των βερνικιών και η συμβολή τους στην προστασία και στο αισθητικό αποτέλεσμα ενός ζωγραφικού έργου. Ακόμη, στο ίδιο κεφάλαιο αναφέρονται τα κριτήρια επιλογής ενός βερνικιού αλλά και τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν.

Το *Δεύτερο κεφάλαιο* ασχολείται με τις κύριες προϋποθέσεις που οφείλει να πληροί ένα βερνίκι συντήρησης, ώστε να είναι δυνατή η χρήση του. Πρόκειται για κανόνες οι οποίοι θεσπίστηκαν το 1930 στο συνέδριο της Ρώμης και συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα, κατόπιν συνεχούς εμπλουτισμού τους. Άλλο ένα θέμα που απασχολεί αυτό το κεφάλαιο είναι η διαδικασία της εφαρμογής του βερνικιού στη ζωγραφική επιφάνεια του έργου και τι προσφέρει σε αυτήν ένα νέο επικαλυπτικό υλικό.

Στο *Τρίτο κεφάλαιο* παρουσιάζεται η γενική μεθοδολογία του πειραματικού μέρους. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται αρχικά το στάδιο δοκιμών πριν την έναρξη των πειραμάτων, στη συνέχεια η παρασκευή των δειγμάτων και τέλος η παρασκευή των ρητινών. Στο ίδιο κεφάλαιο παρατίθενται οι διαδικασίες για τη μελέτη των οπτικών και μηχανικών ιδιοτήτων των φυσικών και συνθετικών ρητινών αντίστοιχα.

Στο *Τέταρτο κεφάλαιο* δίνονται τα αποτελέσματα του πειραματικού μέρους καθώς και το παράρτημα των φωτογραφιών πριν και μετά την γήρανση των

δοκιμίων και στο *πέμπτο κεφάλαιο* ακολουθούν τα συμπεράσματα της όλης διαδικασίας.

Τέλος, αναφέρονται οι βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν σ' όλη τη διάρκεια της έρευνας, ενώ περιλαμβάνεται το παράρτημα των πινάκων των δεδομένων των μετρήσεων πριν, κατά την διάρκεια και μετά το τέλος της πειραματικής διαδικασίας

1^ο Κεφάλαιο: Γενικά για τα βερνίκια

1.1 Η έννοια του βερνικιού

Η λέξη "βερνίκι" προέρχεται από το μεσαιωνικό λατινικό vernix, δηλαδή μωρωδάτη ρητίνη, λέξη προερχόμενη από το beṛōnikōn ή beṛonikē, που σημαίνει κεχριμπαρένιο ή κεχριμπαρένιο γυαλί (Thompson 1956). Μια λανθασμένη ετυμολογία εντοπίζει τη λέξη στην ελληνική Βερενίκη, το αρχαίο όνομα της σύγχρονης Βεγγάζης στη Λιβύη, όπου υποτίθεται ότι χρησιμοποιήθηκαν τα πρώτα βερνίκια στην περιοχή της Μεσογείου και όπου πουλήθηκαν ρητίνες από τα δέντρα των εξαφανισμένων πλέον δασών (Thompson 1956). Το βερνίκωμα ήταν μια τεχνική πολύ γνωστή στην αρχαία Αίγυπτο, αλλά καταγράφεται επίσης στην ιστορία της Ανατολικής και Νότιας Ασίας. Στην Ινδία όπως και στην Κίνα και την Ιαπωνία, όπου η χρήση της λάκας, ένα είδος εφαρμογής βερνικιού, ήταν γνωστή από πολύ νωρίς. Κατά τη Βυζαντινή και Μεταβυζαντινή περίοδο οι προστατευτικές ρητίνες που χρησιμοποιούσαν οι καλλιτέχνες ήταν φυτικής προέλευσης και χρησιμοποιήθηκαν με διπλή σκοπιμότητα που αφορούσε την ανάδειξη των χρωμάτων αλλά και τη διατήρηση της ζωγραφικής επιφάνειας από μηχανικές καταπονήσεις, ρύπους και επικαθήσεις (Thompson 1956).

Μαθαίνουμε επίσης, από βιβλιογραφικές αναφορές (De la Rie 1989, 1228A: όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016), για συνταγές με σκοπό τη δημιουργία προστατευτικών ρητινών, με παραδείγματα όπως του Θεόφιλου, που αναμιγνύει σανδαράχη ή μαστίχα ή κολοφώνιο με έλαια λιναρόσπορου ή καρυδιάς, συνθέτοντας έτσι προσμίξεις βερνικιών τα οποία σήμερα χαρακτηρίζονται oil varnishes. Ως πρόσθετα υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί το λευκό του μολύβδου (ανθρακικός μόλυβδος) ή ο λιθάργυρος (μονοξειδίο του μολύβδου. Εν συνεχεία τη θέση αυτών των βερνικιών παίρνουν σταδιακά τα βερνίκια που διαλύονται σε πτητικό διαλύτη (spirit varnishes), με την τερεβινθίνη να κυριαρχεί ως διαλύτης σ' αυτή την κατηγορία. Αυτού του είδους τα βερνίκια είχαν κατακτήσει όλη την Ευρώπη μέχρι τον 17^ο αιώνα, με την Ιταλία να τα εισάγει πρώτη στη ζωγραφική κατά τον 16^ο αιώνα. Τον 19^ο αιώνα η δάμαρη και η μαστίχα αποτελούν τις κύριες προτιμήσεις των καλλιτεχνών, όσον αφορά τις ρητίνες που χρησιμοποιούνται στα διαλυτά βερνίκια, διαλυόμενες κυρίως σε τερεβινθίνη (De la Rie 1989, όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016).

Σύμφωνα με την Κελεγκούρη (2015), τα βερνίκια εφαρμόζονται στην εξωτερική επιφάνεια των έργων τέχνης ώστε να προστατέψουν τα ζωγραφικά στρώματα από φθορές από εξωτερικούς παράγοντες, να αποτρέψουν τον κορεσμό των χρωμάτων, αλλά και για τη βελτίωση της εμφάνισής τους. Δυστυχώς, αποτελούν το πιο τρωτό σημείο ενός έργου τέχνης. Με την πάροδο του χρόνου, περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η θερμοκρασία, η υγρασία, το φως, καθώς και αντιδράσεις οξειδωσης προκαλούν φθορά στα λεπτά αυτά επικαλυπτικά στρώματα. Η αλλοίωση των βερνικιών λόγω της γήρανσής τους έχει ως φυσικό επακόλουθο την αλλοίωση της εικόνας των ζωγραφικών στρωμάτων, πράγμα που οδηγεί στην ανάγκη αφαίρεσης και αντικατάστασής τους κατά τη διάρκεια επεμβάσεων συντήρησης, με σκοπό να διορθωθούν οι οπτικές και αισθητικές ιδιότητες των έργων τέχνης. Ο ακριβής προσδιορισμός του πάχους του προστατευτικού στρώματος που έχει αλλοιωθεί λόγω της γήρανσης μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό και χρήσιμο εργαλείο σε οποιαδήποτε διαδικασία και στάδιο της συντήρησης (Κελεγκούρη 2015).

Πέρα από τις αισθητικές και προστατευτικές ιδιότητες, τα βερνίκια χρησιμοποιούνται και για τις οπτικές τους ιδιότητες. Κάποιες από αυτές είναι ότι επιτείνουν τον κορεσμό των χρωμάτων και ενισχύουν την αντίθεσή τους, δίνοντας παράλληλα ομοιόμορφη στιλπνότητα στη ζωγραφική. Ένα βερνίκι κάνει τη ζωγραφική να φαίνεται πιο καθαρή, με πιο ορατές λεπτομέρειες, ειδικά στις πιο σκοτεινές περιοχές ενός τεχνουργήματος.

1.2 Είδη βερνικιών

1.2.1 Ξηραϊνόμενα έλαια

Τα βερνίκια αποτελούν φυτικά έλαια, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα της συγκεκριμένης κατηγορίας το λινέλαιο, τα οποία έχουν καλές οπτικές ιδιότητες και ονομάζονται και *reactive varnishes* λόγω της σκλήρυνσής τους μετά από πολυμερισμό. Αποτελούνται από κορεσμένους και ακόρεστους τριεστέρες λιπαρών οξέων, με τους ακόρεστους να βρίσκονται σε μεγαλύτερα ποσοστά. Τα μεγαλύτερα ποσοστά ακόρεστων συμβάλλουν στη γήρανση, αφού οι τριπλοί δεσμοί σπάνε και δημιουργούνται προϊόντα με υψηλό μοριακό βάρος μέσω των αντιδράσεων

πολυμερισμού. Η συγκεκριμένη κατηγορία δεν ενδείκνυται ως προς χρήση στη συντήρηση, αφού παραμένουν κολλώδη για μεγάλο διάστημα μετά την εφαρμογή τους, προσελκύοντας ρύπους, οι οποίοι γίνονται ένα με την επιφάνεια του τεχνουργήματος ώσπου να σκληρύνει το επικαλυπτικό. Τέλος, άλλο ένα αρνητικό τους είναι το ότι σκουραίνουν με το πέρασμα του χρόνου και δημιουργούν αδιάλυτα μόρια, που αφαιρούνται με εξαιρετική δυσκολία (Rivers and Umney 2003).

1.2.2 Ρητίνες

Βερνίκια φυσικής ρητίνης

Πρόκειται για βερνίκια τα οποία μπορεί να είναι είτε (α) φυτικής προέλευσης, από ρητίνη ζωντανών δέντρων αλλά και από ρητίνη απολιθωμένων δέντρων, ή (β) ζωικής προέλευσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των ρητινών φυτικής προέλευσης, που προέρχονται από ζωντανά δέντρα, αποτελούν το κολοφώνιο, η μαστίχα, η σανδαράχη, η δάμαρη και το ελέμι, ενώ ρητίνες απολιθωμένων δέντρων αποτελούν το κεχριμπάρι και το κοπάλιο. Όσον αφορά τις ρητίνες ζωικής προέλευσης η γομαλάκα αποτελεί το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα (Πούρνου 2009).

Οι φυσικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται ως βερνίκια, χωρίζονται στα περισσότερα εγχειρίδια καλλιτεχνών του 20^{ου} αιώνα, σε δύο ομάδες: (1) Τα βερνίκια από ρητίνη λαδιού, τα οποία είναι κατασκευασμένα από «σκληρές ρητίνες», όπως κοπάλια, και συνήθως θερμαίνονται σε ξηραινόμενο έλαιο για να διαλυθούν σχηματίζοντας σκληρές αδιάλυτες μεμβράνες, και (2) Τα αλκοολούχα βερνίκια τα οποία είναι κατασκευασμένα από «μαλακές ρητίνες», όπως η δάμαρη και η μαστίχα, ενώ διαλύονται σε διαλύτες όπως το νέφτι, σχηματίζοντας σχετικά εύθραυστα φιλμ, αλλά παραμένουν διαλυτά ως έναν βαθμό. Οι Mills και White κατατάσσουν τις ρητίνες σε διτερπενικές και τριτερπενικές (Mills and White 1977, 1987). Οι ρητίνες που χρησιμοποιούνται ως βερνίκια, σύμφωνα με τον De la Rie (1990) θα πρέπει να είναι χαμηλής πολικότητας, ώστε να γίνει δυνατή η διάλυσή τους σε διαλύτες χαμηλής πολικότητας, όπως αλειφατικούς υδρογονάνθρακες ή

υδρογονάνθρακες χαμηλής αρωματικότητας, οι οποίοι είναι λιγότερο επιβλαβείς για τη ζωγραφική επιφάνεια.

Διτερπενικές ρητίνες

Η οικογένεια αυτή των βερνικιών περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία από ρητίνες δέντρων, κυρίως κωνοφόρων, όπως η σανδαράχη, το κολοφώνιο, αλλά και διάφορα είδη κοπαλίων.

Ρητίνες πεύκου(κολοφώνιο, ρετσίνι)

Πρόκειται για εύθραυστη, κολλώδη ρητίνη που προέρχεται από διάφορα είδη πεύκων. Οι αναφορές σε αυτού του είδους τις ρητίνες ξεκινούν από πολύ παλιά, με πολλούς όμως συντηρητές να υποστηρίζουν ότι το κολοφώνιο χρησιμοποιήθηκε ως διαλυτικό σε κατώτερα βερνίκια του 20ού αιώνα (Mayer 1970). Το κολοφώνιο προέρχεται από τη ρητίνευση ειδών Πεύκης, όπως *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus halepensis*. Έχει χρησιμοποιηθεί είτε ως συνδετικό είτε σε βερνίκια ζωγραφικών έργων, αλλά κατά κύριο λόγο ως επικαλυπτικό υλικό έγχορδων μουσικών οργάνων, παρά το γεγονός ότι κατά τη γρήγορη γήρανσή του αλλάζουν πολλές από τις ιδιότητές του και δεν παρέχει επαρκή προστασία από την υγρασία (Πούρνου 2009).

Σανδαράχη

Η σανδαράχη είναι από τις πιο σημαντικές από τις πρώιμες ρητίνες βερνικιού. Προέρχεται από το βορειοαφρικανικό φυτό *Tetraclinus articulata* και χρησιμοποιείται τόσο σε πίνακες όσο και σε έπιπλα. Συνήθως διαλύεται σε αλκοόλη ή και σε νέφτι με λινέλαιο, ενώ συνιστάται προσθήκη ελεμί και βενετσιάνικης τρεμεντίνας για τη μείωση της ευθρυπτότητάς της. Όσον αφορά την αφαίρεσή του απαιτούνται πολικοί διαλύτες (Πούρνου 2009).

Τριτερπενικές ρητίνες

Αυτή η ομάδα περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τη μαστίχα και τη δάμαρη, τα δύο πιο σημαντικά φυσικά συστατικά ρητίνης στα βερνίκια που δημιουργήθηκαν κατά τον 19ο και τον 20ό αιώνα.

Μαστίχα

Η μαστίχα προέρχεται από ένα είδος μεσογειακού θάμνου (*Pistacialentiscus*), με κύρια πηγή προέλευσής το ελληνικό νησί της Χίου και χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες ως επικαλυπτικό υλικό σε ζωγραφικά έργα. Προσδίδει έντονο κορεσμό και στιλπνότητα, όμως κιτρινίζει έντονα με την πάροδο του χρόνου. Σε θέματα αλλοίωσης δεν είναι τόσο σταθερή όσο είναι η δάμαρη και για την αφαίρεση ενός γερασμένου φιλμ της απαιτεί πολικούς διαλύτες. Μπορεί να διαλυθεί σε νέφτι, αλκοόλες, κετόνες και σε μίγμα διαλυτών 1:9 αρωματικών σε αλειφατικούς. Η συνήθης περιεκτικότητα που χρησιμοποιείται από τους συντηρητές είναι 5-10% αλλά με περισσότερες επαλείψεις, αφού η συνιστώμενη περιεκτικότητα είναι 25-30%. Κατά τη φάση της εφαρμογής το διάλυμα πρέπει να καθιζάνει και να χρησιμοποιείται το διαλυμένο μέρος που βρίσκεται στην άνω φάση του δοχείου, λόγω του ότι ένα 3% της ρητίνης παραμένει πάντα αδιάλυτη. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα η τελική συγκέντρωση να μην είναι ποτέ η προβλεπόμενη (Πούρνου 2009).

Είναι ιδιαίτερα γνωστό εδώ και πολλά χρόνια ότι, ενώ η μαστίχα έχει πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά τη γυαλάδα και τη διαφάνεια, είναι εύθραυστη και υπόκειται σε υποβάθμιση από την υγρασία. Μερικές συνταγές του 19ου αιώνα προσδιορίζουν τη μαστίχα μόνο διαλυμένη σε τερεβινθίνη, ενώ άλλες προτείνουν την προσθήκη ρητινών και ελαίων σε μια προσπάθεια πλαστικοποίησης ή σκλήρυνσης της μαστίχας που εφαρμοζόταν από τους αρχαίους χρόνους μέχρι σήμερα. Οι πρόσθετες αυτές ουσίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές, γιατί μπορούν να βοηθήσουν στην εξήγηση των διαφορετικών ιδιοτήτων που βρίσκουμε στα στρώματα βερνικιού σε παλιούς πίνακες. Τα πρόσθετα μπορεί επίσης να ευθύνονται πιθανώς για δυσκολίες στην εφαρμογή ενός σύγχρονου βερνικιού πάνω από τα υπολείμματα ενός παλαιότερου, εάν υπάρχει στο παλιό βερνίκι κάποιο

συστατικό που αντιδρά απροσδόκητα με τους διαλύτες (Mills and White 1977, 1987).

Δάμαρη

Πρόκειται για προϊόντα μιας μεγάλης οικογένειας ασιατικών δέντρων (Dipterocarpoideae). Σύμφωνα με τους Mills και White το υλικό που ονομάζεται δάμαρη είναι προς το παρόν διαθέσιμο από τη Μαλαισία και την Ινδονησία, ενώ τονίζεται ότι «φαίνεται να είναι αρκετά σταθερής σύνθεσης, αν και ανακριβούς βοτανικής προέλευσης» (Mills and White 1987). Η δάμαρη, αντίθετα με τη μαστίχα, ήρθε στην Ευρώπη σχετικά πρόσφατα - η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση της ως βερνίκι ήταν το 1829, αλλά ξεκίνησε να χρησιμοποιείται ευρέως περίπου 15 χρόνια αργότερα (Feller 1966). Σε πρώιμη τεκμηρίωση για τη χρήση της δάμαρης έχει προταθεί η πρόσθεση γόμμας (rubber) για την αποφυγή κιτρινίσματος (yellowing) και ευθρυπτότητας (Varnishes%20 and %20Surface %20Coatings %20Low %20Molecular %20Weight %20Varnishes %20-%20 Wiki.pdf).

Τροποποιημένα βερνίκια φυσικής ρητίνης

Πρόκειται για βερνίκια κατασκευασμένα από φυσική ρητίνη τα οποία όμως έχουν υποστεί επεξεργασία με χημικούς παράγοντες. Η κοινή ρητίνη υποβάλλεται σε θερμική επεξεργασία με γλυκερίνη, για να σχηματιστεί ένα κόμμι. Αυτό το κόμμι αντιμετωπίζεται ως το κύριο μέρος για το βερνίκι. Πρόκειται για βερνίκια φθηνότερα από τα βερνίκια φυσικής ρητίνης (Varnishes%20and%20Surface%20Coatings%20Low%20Molecular%20Weight%20 Varnishes%20-%20Wiki.pdf).

1.2.3 Ρητίνες ζωικής προέλευσης

Ίσως ένα από τα πιο κλασικά βερνίκια, το οποίο αποτελεί ρητίνη ζωικής προέλευσης είναι η γομαλάκα. Το όνομά της προέρχεται από τη σανσκριτική λέξη «lakh», που σημαίνει εκατό χιλιάδες, αναφερόμενη στον αριθμό των προνυμφών του εντόμου *Laccifer lacca* που παράγουν τη συγκεκριμένη ρητίνη. Τον 17^ο αιώνα, με την εισαγωγή της στην Ευρώπη, αρχίζει να χρησιμοποιείται είτε ως συνδετικό μέσο είτε ως επικαλυπτικό υλικό. Η καθιέρωσή της ως προστατευτικό στρώμα ξεκινά στα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Διαλύεται σε αιθανόλη ή ακετόνη, όμως στα αρνητικά της κατατάσσεται το έντονο κιτρίνισμα που δημιουργείται με την πάροδο του χρόνου και το ότι γίνεται αδιάλυτη στους συγκεκριμένους διαλύτες, καθώς δημιουργεί διασταυρούμενους δεσμούς (Πούρνου 2009).

Κοπάλια

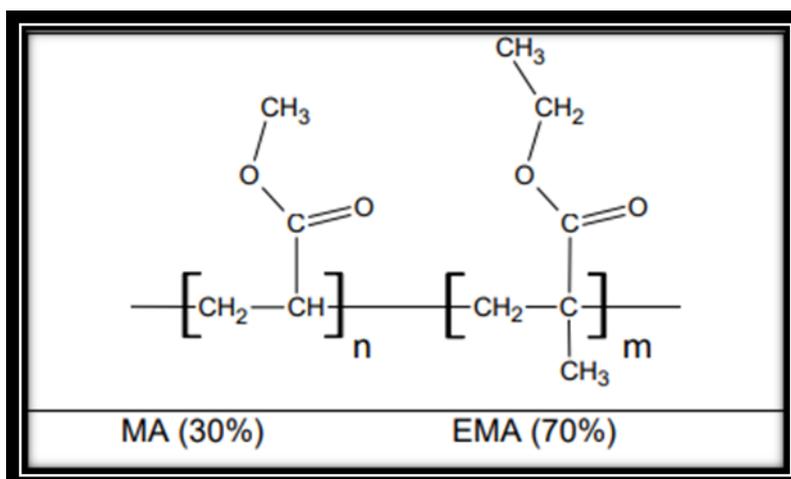
Ο όρος κοπάλια αποτελεί ένα γενικό όνομα για έναν αριθμό σκληρών ρητινών από πολλά διαφορετικά είδη τροπικών δέντρων, τα οποία διαλύονται στο λάδι και παράγουν σκληρές, αδιάλυτες μεμβράνες. Με χημικούς όρους τα κοπάλια χαρακτηρίζονται φυσικές ρητίνες ή οργανικές ενώσεις φυτικής προέλευσης, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως τερπενικές και συνήθως συνδέονται με ένα αρωματικό όξινο συστατικό. Τα κοπάλια μπορούν να ταξινομηθούν ως διτερπενικά ή διτερπενοειδή που σχηματίζονται από δομές 20 ατόμων άνθρακα. Από τις κύριες ομάδες κοπαλίων αυτές που μπορούν να ταξινομηθούν είναι οι οικογένειες Leguminosae και Coniferae. Αυτές οι δύο κατηγορίες αντιπροσωπεύουν διαφορετική λειτουργία δεσμών που περιλαμβάνουν τόσο το σημείο τήξης όσο και τη διαλυτότητα, ενώ κατατάσσονται σε σκληρά και μαλακά κοπάλια. Στην οικογένεια Leguminosae που περιλαμβάνει τα λιγότερα διαλυτά «σκληρά» κοπάλια, το είδος *Hymenococcus* περιγράφεται ως ημιαπολιθωμένο κοπάλιο της Ζανζιβάρης αναφερόμενο στον τόπο καταγωγής του (Andrew Fearon 1994).

Βερνίκια συνθετικής ρητίνης

Τα υλικά αυτά έχουν παρόμοιες ιδιότητες με των φυσικών ρητινών, δηλαδή είναι υγρά μεγάλου ιξώδους που στερεοποιούνται με την εξάτμιση του διαλύτη τους. Στην πραγματικότητα ο κύριος λόγος δημιουργίας τους δεν ήταν να χρησιμοποιηθούν σαν βερνίκια, γεγονός που τα κάνει να παρουσιάζουν κάποιες οπτικές ιδιότητες τις οποίες παρουσιάζουν και οι φυσικές ρητίνες : η στιλπνότητα και ο κορεσμός του χρώματος (Rivers and Umney 2003). Τα συνθετικά βερνίκια κατηγοριοποιούνται σε (α) μεγάλου μοριακού βάρους πολυμερή και (β) μικρού μοριακού βάρους πολυμερή, ενώ η δεύτερη κατηγορία χωρίζεται σε (1) πολυμερή παράγωγα του βινυλεστέρα του οξικού οξέος και (2) πολυμερή παράγωγα εστέρων του ακρυλικού και μεθακρυλικού οξέος (Πούρνου 2009).

1.2.2. 1 Συνθετικές ρητίνες μεγάλου μοριακού βάρους

Το οξικό πολυβινύλιο (PVAC), το οποίο αποτελεί ένα πολυμερές παράγωγο του βινυλεστέρα του οξικού οξέος, όπως και άλλα παράγωγα της συγκεκριμένης κατηγορίας έχουν χρησιμοποιηθεί είτε ως συγκολλητικές ουσίες είτε ως βερνίκια για ζωγραφικά έργα σε διάφορα μοριακά βάρη κατά το παρελθόν. Έχουν μεγάλη σταθερότητα στη φωτογήρανση, αλλά επειδή είναι επιρρεπή στην απορρόφηση ατμοσφαιρικών ρύπων, λόγω των σχετικά μικρών τιμών T_g που τα κάνουν μαλακά, κρίνονται ως μη αποτελεσματικά (Rivers and Umney 2003). Στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκει ένα ευρέως διαδεδομένο στη συντήρηση υλικό, το Paraloid B72 με χημικό τύπο MA ($C_4O_2H_6$) και EMA ($C_6O_2H_{10}$) (Nel e tal. 2009). Πρόκειται για ένα από τα παλαιότερα συνθετικά πολυμερή που ξεκίνησε να χρησιμοποιείται πριν από 65 χρόνια στη συντήρηση έργων τέχνης και συνεχίζει μέχρι σήμερα.



Εικόνα 1

Εικ 1.1 Μοριακή δομή του Paraloid B72 (Πηγή: Σ. Μπογιατζής)

Η χημική σύσταση του Paraloid B72 άλλαξε στο πέρασμα των χρόνων. Το νέο βερνίκι έχει διαφορά από το παλαιό 2% στη συγκέντρωση των methylacrylate, και επίσης το νέο έχει περιεκτικότητα EMA/MA 70/30, ενώ το παλαιό είχε 68/32. Σύμφωνα με τη Φαρμακαλίδου (2016), «αν και το ποσοστό είναι μικρό, η διαφοροποίηση των ιδιοτήτων του πολυμερούς είναι εμφανής και επηρέασε τη διαλυτότητα του νέου πολυμερούς, την αύξηση του ιξώδους όπου υποδηλώνει ότι το μοριακό βάρος του υλικού είναι μικρότερο καθώς και το δείκτη διάθλασης (1,485 refractive index), που και αυτός είναι μικρότερος σε σύγκριση με τον παλαιό. Άλλες ιδιότητες του πολυμερούς είναι, pH: 6.41, θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης (T_g) 40°C. Η σταθερότητά του κατά τη γήρανση θεωρείται εξαιρετική, καθώς το Paraloid B72 διατηρεί τις ιδιότητές του μετά τη γήρανση και ο Feller αναφέρει ότι είναι εξαιρετικά υψηλής αντοχής υλικό και το εντάσσει ως προς την ανθεκτικότητα στην κλίμακα A22 (Class A). Το pH παραμένει αμετάβλητο μετά από γήρανση σε σκοτεινή έκθεση (dark ageing) αλλά μεταβάλλεται ελαφρώς μετά από γήρανση σε φως 5.93 (light ageing)» (Φαρμακαλίδου 2016).

Το Paraloid B72 διαλύεται κυρίως σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες και σε ορισμένους πολικούς διαλύτες, όπως οι αλκοόλες και οι κετόνες. Το πιο σύνηθες όμως είναι η διάλυσή του σε ξυλόλιο, όπου μπορεί να προστεθεί και 2% ακετόνη. Οι ιδιότητες του προστατευτικού φιλμ (οπτικές, μηχανικές, φυσικές) που θα δημιουργηθούν κατόπιν της εφαρμογής του Paraloid B72 θα επηρεαστούν άμεσα από την επιλογή του διαλύτη και τον τρόπο εφαρμογής (Rivers and Umney

2003). Άλλο ένα παράγωγο εστέρων του μεθακρυλικού οξέος είναι το Paraloid B67. Πρόκειται για πολυμερές το οποίο σε σχέση με το Paraloid B72 διαλύεται σε σχετικά λιγότερο πολικούς διαλύτες, όπως οι κετόνες, οι αλκοόλες και οι υδρογονάνθρακες, όμως υπάρχει πιθανότητα να χρειαστεί να προστεθεί ποσότητα 5-20% αρωματικών διαλυτών, όταν δεν το διαλύει ο αλειφατικός διαλύτης. Το Paraloid B67 προσδίδει μεγαλύτερο χρωματικό κορεσμό σε σχέση με το Paraloid B72 ενώ έχει αρκετά υψηλή Tg, που σημαίνει ότι δημιουργεί πιο εύθρυπτα φιλμ, και με την επίδραση του υπεριώδους γίνεται είτε αδιάλυτο είτε διαλυτό σε πιο πολικούς διαλύτες (Rivers and Umney 2003).

1.2.2.2 Συνθετικές ρητίνες μικρού μοριακού βάρους

Οι ρητίνες κετονών (MS2A, Ketone Resin N, Laporal K80) σε αρκετές περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί ως βερνίκια με όχι και πολύ θετικά αποτελέσματα. Στο πέρασμα των χρόνων κιτρινίζουν ακόμα και σε απουσία φωτός, γίνονται σκληρές και εύθρυπτες, ενώ επιπλέον θολώνουν. Σε αρχικά στάδια δίνουν την εντύπωση ότι είναι πιο ανθεκτικές από τις φυσικές ρητίνες, όμως σε βάθος χρόνου φωτοξειδώνονται και για τη διάλυσή τους απαιτούνται πιο πολικοί διαλύτες (Πούρνου 2009). Οι ρητίνες υδρογονωμένων υδρογονανθράκων εμφανίστηκαν ως εναλλακτικά προϊόντα αντί των φυσικών ρητινών και των μεγάλου μοριακού βάρους συνθετικών ρητινών. Είναι αποδεδειγμένο ότι προσδίδουν καλό χρωματικό κορεσμό, υψηλή στιλπνότητα και επίσης παρόμοιους δείκτες διάθλασης με άλλες ρητίνες, μικρότερου μοριακού βάρους, όπως είναι το Laporal K80, το MSA2 και η μαστίχα. Ακόμα θεωρούνται σε μεγάλο βαθμό αντιστρεπτά και έχουν μεγάλη αντοχή στο UV, γεγονός που οφείλεται στον μεγάλο βαθμό υδρογόνωσης κατά την παρασκευή τους, όπως επίσης και στο γεγονός ότι απουσιάζουν δραστικές ομάδες από τα μόριά τους. Παρ' όλα αυτά είναι απαραίτητη η χρήση τους μαζί με σταθεροποιητές φωτοξείδωσης για την αποφυγή ευθρυπτότητας όταν παλιώσουν (De la Rie and Mc Glinchey 1990a).

1.2.4 Κεριά

Τα κεριά κατηγοριοποιούνται σε φυσικά και συνθετικά. Στα φυσικά κεριά περιλαμβάνονται:(α)τα ορυκτά κεριά, που προέρχονται είτε από την κλασματική απόσταξη πετρελαίου, όπως είναι η παραφίνη και τα μικροκρυσταλλικά κεριά, είτε από την επεξεργασία ορυκτών υλικών, όπως είναι η τύρφη και ο λιγνίτης, (β) τα κεριά ζωικής προέλευσης, όπως είναι το κεριό μέλισσας, το κεριό Κίνας από το έντομο *Ceroplastes ceriferus*, και το κεριό γομαλάκας από το έντομο *Laccifer lacca*, και (γ) τα κεριά φυτικής προέλευσης, όπως το κεριό καρνάουμπας από τα φύλλα του φοινικόδεντρου *Copernicia cerifera*. Τα συνθετικά κεριά περιλαμβάνουν τα πολυαιθυλενικά κεριά, πολυμερισμένες α-ολεφίνες. Τα κεριά χρησιμοποιούνται σαν προστατευτικά σε τεχνουργήματα εδώ και 2.000 χρόνια από την Αρχαία Αίγυπτο, με κυριότερο παράδειγμα το κεριό μέλισσας. Τα κεριά έχουν χαμηλή στιλπνότητα, δεν είναι διαπερατά από υγρασία και έχουν ως χαρακτηριστικό ότι προσδίδουν υψηλό κορεσμό χρώματος, όταν εφαρμόζονται ζεστά, και χαμηλό, όταν εφαρμόζονται κρύα. Αφαιρούνται εύκολα από βερνικωμένες επιφάνειες, ενώ δεν δημιουργούν ισχυρούς δεσμούς συγκόλλησης και είναι σταθερά από φωτοχημική αλλοίωση. Δεν συνιστάται η εφαρμογή σε εύθρυπτες επιφάνειες, επιφάνειες με κρακλέ και επιφάνειες με αποκόλληση βερνικιού (Rivers and Umney 2003, όπως αναφέρεται στο Πούρνου 2009).

1.3 Προστατευτικός και αισθητικός ρόλος των βερνικιών

Τα επικαλυπτικά υλικά εφαρμόζονται κυρίως σε ξύλινα τεχνουργήματα και ζωγραφικά έργα τόσο για προστατευτικούς όσο και για αισθητικούς λόγους. Ξεκινώντας από τον προστατευτικό τους ρόλο, χρησιμοποιούνται με σκοπό τη διατήρηση της υγρασίας του ξύλου σε σταθερά επίπεδα. Τα επικαλυπτικά υλικά, αν και δεν είναι πλήρως αδιαπέραστα από την υγρασία, μειώνουν σε μεγάλο βαθμό τον ρυθμό ανταλλαγής υγρασίας μεταξύ αντικειμένου και περιβάλλοντος, μειώνοντας έτσι τις ανισότροπες τάσεις συρρίκνωσης και διόγκωσης του ξύλου (De la Rie 1992 όπως αναφέρεται στο Πούρνου 2009). Η επικάλυψη ξύλινου αντικειμένου με βερνίκι εμποδίζει τη διάχυση επιβλαβών ουσιών της ατμόσφαιρας στο ξύλο, όπως οι ατμοσφαιρικοί ρύποι SO₂, O₃, οι οποίοι έχουν συχνά οξειδωτικές

αντιδράσεις πάνω στο ξύλο, ενώ προστατεύει την επιφάνεια από μηχανικές καταπονήσεις και εκδορές. Επίσης τα βερνίκια επιτρέπουν την αφαίρεση επιφανειακών ρύπων, αφήνοντας ανεπηρέαστη την ξύλινη επιφάνεια (Πούρνου 2009).

Τέλος, τα βερνίκια ανάλογα με τη σύστασή τους προστατεύουν από το ορατό και το υπεριώδες ακτινοβολίες οι οποίες, με την απορρόφησή τους από το ξύλο, είναι δυνατόν να προκαλέσουν διάφορες φωτοχημικές αντιδράσεις που το αλλοιώνουν. Ο κυριότερος υπεύθυνος για την απορρόφηση αυτή είναι η λιγνίνη της οποίας οι δύο χρωμοφόρες ομάδες που έχει, δημιουργούν ελεύθερες ρίζες, και αυτές με τη σειρά τους ευαισθητοποιούν την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες, προκαλώντας σταδιακό αποχρωματισμό του ξύλου (George e tal. 2005, Pandey 2005, όπως αναφέρεται στο Πούρνου 2009). Όσον αφορά το αισθητικό κομμάτι, τα επικαλυπτικά υλικά χρησιμοποιούνται για την ανάδειξη του χρώματος του ξύλου, τον τονισμό της σχεδίασής του, καθώς επίσης για να προσδίδουν στιλπνότητα (στην περίπτωση που φυσικά απαιτείται), και τέλος για να εξομαλύνουν μικρές ανομοιογένειες στην επιφάνειά του (Πούρνου 2009).

Βασικό χαρακτηριστικό των πολυμερών είναι το εύρος μηχανικών ιδιοτήτων που τα καθιστούν από πολύ εύκαμπτα έως καθόλου ελαστικά και εύθρυπτα. Σε μια επικείμενη επιμήκυνση του υλικού τα ελαστικά πολυμερή είναι ικανά να μην παρουσιάζουν μόνιμη παραμόρφωση. Αυτό δεν ισχύει στα εύθρυπτα υλικά, στα οποία μπορεί να προκληθεί θραύση του πολυμερούς από επικείμενη τάση επιμήκυνσης. Κρίνεται αναγκαίο να μελετηθούν οι μηχανικές ιδιότητες ενός πολυμερούς, ιδιαίτερα στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ως στερεωτικό ή συγκολλητικό υλικό. Αν για παράδειγμα εφαρμοστεί ένα ισχυρό πολυμερές χωρίς εφελκυστικές τάσεις είναι πιθανό να προκληθεί φαινόμενο έλξης κατά τη συγκόλληση ξύλου (μηχανική αστοχία) ή ακόμα να προκληθεί και θραύση του πολυμερούς.

1.4 Κριτήρια επιλογής διάφανων επικαλυπτικών

Ένα επικαλυπτικό υλικό για να θεωρηθεί κατάλληλο ώστε να επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί ως βερνίκι θα πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις, με κυριότερη τη θερμοκρασία μετάπτωσης υάλου (T_g), η οποία πρέπει να είναι

μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που βρίσκεται το τεχνούργημα. Άλλον έναν σημαντικό παράγοντα αποτελεί ο δείκτης διάθλασης (RI ή n). Η διάθλαση περιγράφει τη μεταβολή της ταχύτητας του φωτός, όταν περνάει από ένα μέσο σε ένα άλλο. Στην περίπτωση που το βερνίκι επικαλύπτει μια επιφάνεια, η στιλπνότητα της επιφάνειας εξαρτάται από το πόσο μεγάλη είναι η διαφορά των τιμών των δεικτών διάθλασης των δύο υλικών. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά των τιμών αυτών, τόσο λιγότερο στιλπνό θα είναι το αποτέλεσμα, αφού το φως διαθλάται μέσα στα δύο υλικά και δεν ανακλάται. Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή ενός επικαλυπτικού υλικού ως βερνικιού, είναι η αντοχή του επικαλυπτικού στη φωτοχημική αλλοίωση που μπορεί να προκαλέσει η υπεριώδης ακτινοβολία. Η φωτοχημική αλλοίωση προκαλεί μη αντιστρεπτή αλλαγή των χημικών ιδιοτήτων των επικαλυπτικών υλικών, αλλάζοντας συνεπώς και πολλές άλλες ιδιότητές τους, όπως φυσικές, μηχανικές και οπτικές, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τη χημική σύσταση και τη δομή των ενώσεων. Για την αποφυγή τόσο της φωτοχημικής αλλοίωσης ενός επικαλυπτικού υλικού αλλά και τη σταθεροποίησή του στον χρόνο υπάρχουν υλικά που ονομάζονται σταθεροποιητές (stabilizers). Η στιλπνότητα μιας επιφάνειας εξαρτάται από το πόσο λεία είναι. Η οπτική αυτή ιδιότητα αυξάνεται όσο περισσότερο λεία είναι η επιφάνεια και περιγράφει την κατοπτρική ανάκλαση του φωτός. Συνεπώς, η συσσώρευση ρύπων, η φθορά και η τριβή της επιφάνειας μειώνουν τη στιλπνότητά της. Η στιλπνότητα και ο κορεσμός των χρωμάτων συνδέονται άμεσα μεταξύ τους και εξαρτώνται από το μοριακό βάρος και τον δείκτη διάθλασης του επικαλυπτικού υλικού. Επίσης, το μοριακό βάρος του επικαλυπτικού υλικού επηρεάζει τον κορεσμό και τη στιλπνότητα της επιφάνειας. Όσο μεγαλύτερο είναι το μοριακό βάρος και συγχρόνως ο ρυθμός εξάτμισης του διαλύτη ενός βερνικιού, τόσο πιο δύσκολο είναι να δημιουργηθεί μια επίπεδη ομοιόμορφη επιφάνεια, εξαιτίας της φάσης πήκτη. Το αποτέλεσμα θα είναι χαμηλή στιλπνότητα και χαμηλός κορεσμός. Επίσης, το ιξώδες είναι ανάλογο του μοριακού βάρους ενός επικαλυπτικού και ένα μεγάλο ιξώδες θα δώσει μικρή ροή χωρίς να επιτρέψει τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου επικαλυπτικού στρώματος. Τέλος, σημαντικό ρόλο παίζει ο ρυθμός εξάτμισης του διαλύτη, αφού, όσο πιο αργά εξατμίζεται, τόσο στο μεσοδιάστημα το βερνίκι έχει την ευκαιρία να δημιουργήσει λείες και ομοιόμορφες επιφάνειες, κατά συνέπεια και πιο στιλπνές. Το αρνητικό όμως είναι ότι τέτοιου είδους διαλύτες, με μεγάλο χρόνο σκλήρυνσης, δίνουν την

ευκαιρία σε αερομεταφερόμενους ρύπους και σκόνης να επικολληθούν στην επιφάνεια, όσο το βερνίκι είναι ακόμα υγρό. Σε αντίθεση με τους διαλύτες με αργό ρυθμό εξάτμισης, οι διαλύτες που εξατμίζονται γρήγορα δεν δίνουν στο βερνίκι τη δυνατότητα να δημιουργήσει επίπεδες και ομοιόμορφες επιφάνειες, ενώ ο γρήγορος ρυθμός εξάτμισής τους δεν επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλης αντοχής δεσμών μεταξύ επικαλυπτικού και υποστρώματος ως αποτέλεσμα της μη καλής διαβροχής του υποστρώματος. Με τους δεσμούς αυτούς θα προκληθεί μείωση του κορεσμού και της στιλπνότητας της επιφάνειας (Πούρνου 2009).

1.5 Προβλήματα που συναντώνται στα βερνίκια

Μέχρι τον 17^ο αιώνα ως υλικά βερνικιού χρησιμοποιήθηκαν λάδια ή μίγματα ελαίων με ρητίνες, αλλά περίπου στα μισά του αιώνα αντικαταστάθηκαν σταδιακά από τα λεγόμενα «spirit varnishes», δηλαδή διαλύματα φυσικών ρητινών σε πτητικό διαλύτη, συνήθως λάδι τερεβινθίνης. Σήμερα τα βερνίκια που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι τα βερνίκια φυσικής ρητίνης, που αποτελούνται κυρίως από δάμαρη (από δέντρα της Ινδονησίας) και μαστίχα (από δέντρα στην Ελλάδα). Δυστυχώς, αυτού του είδους τα βερνίκια αποσυντίθενται γρήγορα, με αποτέλεσμα οι μεμβράνες να γίνονται εύθραυστες, να «κρακελάρουν» και να κιτρινίζουν (yellowing). Το κιτρινισμα είναι συχνά το κύριο φαινόμενο της υποβάθμισης ενός βερνικιού, και ένα κιτρινισμένο βερνίκι μπορεί να συσκοτίσει σημαντικά έναν πίνακα, ειδικά αν αποτελείται από πολλά στρώματα και είναι ιδιαίτερα παχύ. Ένα έντονα κιτρινισμένο βερνίκι αλλάζει σημαντικά την εμφάνιση ενός πίνακα, αφού, εκτός από τα υποκείμενα χρώματα, αλλάζει και η ισορροπία και η αντίθεση μεταξύ των χρωμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι δεν αλλάζουν όλα τα χρώματα στον ίδιο βαθμό. Η εξέλιξη αυτή μας οδηγεί στην αφαίρεση και αντικατάσταση του κιτρινισμένου βερνικιού με ένα νέο βερνίκι, ώστε να αποκατασταθούν τα αρχικά χρώματα και η γενική εμφάνιση του πίνακα. Η αφαίρεση του βερνικιού πραγματοποιείται συνήθως με οργανικούς διαλύτες. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται αρκετά πολικοί διαλύτες, για την αφαίρεση των παλαιών και οξειδωμένων βερνικιών. Τα οξειδωμένα βερνίκια μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά και να βλάψουν έναν πίνακα. Κατά την εφαρμογή του νέου βερνικιού τα αποτελέσματα αυτά είναι πολύ πιθανό να γίνουν και πιο έντονα, καθώς η ποσότητα

και ο χρόνος παραμονής του διαλύτη είναι ακόμη μεγαλύτερος. Για τους λόγους αυτούς ο διαλύτης ενός νέου βερνικιού θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο πολικός, για να ελαχιστοποιηθούν αυτές οι επιπτώσεις (Dietemann, 2003).

Σύμφωνα με τη Φαρμακαλίδου (2016:19), «οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να δημιουργήσουν φαινόμενο αποξηράνσης του χρωματικού στρώματος (χρώμα και βερνίκι), με φαινόμενο ρωγμάτωσης (κρακλέ, craquelure), αποδυνάμωση του συνδετικού υλικού με αποτέλεσμα την απολέπιση, αποκόλληση και κονιοποίηση του χρώματος. Άλλου τύπου φθορά που οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες είναι η χρωματική αλλοίωση της ζωγραφικής, λόγω της μεταβολής που παρουσιάζεται υπό αυτές τις συνθήκες στις χρωστικές και τα βερνίκια των έργων. Οι αυξημένες συνθήκες υγρασίας μπορούν να συντελέσουν στην απολέπιση και αποκόλληση του χρωματικού στρώματος, στην αποδυνάμωση του συνδετικού υλικού, την έκπλυση των χρωστικών καθώς και τη χρωματική αλλοίωση της προστατευτικής ρητίνης (φαινόμενο blooming). Τέλος, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ο κύριος παράγοντας αλλοίωσης των χρωστικών και φωτοχημικής οξείδωσης των οργανικών ρητινών. Αν και η γήρανση των ρητινών είναι μακροπρόθεσμη διαδικασία, οι φυσικές οργανικές ρητίνες που εφαρμόζονταν ως προστατευτικά βερνίκια στην ζωγραφική επιφάνεια είναι ιδιαίτερα ευπαθείς σε αστάθμητες περιβαλλοντικές συνθήκες».

2^οΚεφάλαιο: Προδιαγραφές χρήσης των βερνικιών και η εφαρμογή τους στη ζωγραφική επιφάνεια

2.1 Προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένα βερνίκι

Στο συνέδριο της Ρώμης το 1930 θεσπίστηκαν οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί ένα βερνίκι συντήρησης-αποκατάστασης, οι οποίες ισχύουν μέχρι σήμερα και είναι οι εξής:

(Thomson 1993, Hackney 1995, Feller 1985, όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016).

- Το βερνίκι θα πρέπει να είναι άχρωμο και διάφανο και να έχει τις κατάλληλες φυσικές και οπτικές ιδιότητες.
- Θα πρέπει να είναι σταθερό σε φυσικοχημικές αλλοιώσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Θα πρέπει να προστατεύει τη ζωγραφική επιφάνεια από επιφανειακές επικαθήσεις αλλά και από μηχανικές καταπονήσεις.
- Θα πρέπει η ζωγραφική επιφάνεια κάτω από την προστατευτική ρητίνη να διατηρεί την ελαστικότητα της.
- Θα πρέπει η εφαρμογή του βερνικιού να είναι εύκολη, να γίνεται με τον πλήρη έλεγχο του συντηρητή, το δε αποτέλεσμα του βερνικώματος να είναι το επιθυμητό και με δυνατότητα λεπτής επίστρωσης.
- Το βερνίκι δε πρέπει να είναι γυαλιστερό και να μη δημιουργεί γαλακτώδη επίδραση.
- Θα πρέπει να είναι εύκολα αντιστρέψιμο.

2.2 Η διαδικασία της εφαρμογής του βερνικιού

Πρόκειται για μια διαδικασία που γίνεται μετά τον καθαρισμό της ζωγραφικής ενός τεχνουργήματος από ρύπους ή παλαιότερα βερνίκια. Ο συντηρητής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε φυσική ή συνθετική ρητίνη της οποίας η εφαρμογή πραγματοποιείται με πινέλο ή με τη μέθοδο του πεπιεσμένου αέρα. Η εφαρμογή της νέας ρητίνης προσφέρει στο τεχνούργημα προστασία, αφού η ρητίνη έχει τη μορφή προστατευτικού στρώματος μεταξύ ζωγραφικής και περιβάλλοντος, προστατεύοντας τη ζωγραφική από ρύπους και άλλους επιβλαβείς παράγοντες. Επίσης, λειτουργεί και ως φίλτρο κατά της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η συγκεκριμένη διαδικασία ενδείκνυται και για την ανάδειξη της χρωματικής αξίας των χρωστικών (Λαζίδου 2008, όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016). Η απευθείας ακτινοβολία που δέχεται η προστατευτική ρητίνη, λόγω της άμεσης επαφής της με το περιβάλλον, την κάνει πιο ευαίσθητη στη διάβρωση. Η χημική σταθερότητα των ρητινών ενισχύεται με την εφαρμογή χρωστικών στη σύστασή τους, αφού πολλές χρωστικές λειτουργούν ως απορροφητικά υλικά της ακτινοβολίας, γεγονός που δεν επιτρέπει την εξέλιξη αντιδράσεων οξειδωσης.

3^ο Κεφάλαιο: Πειραματική Διαδικασία

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πορεία, οι δοκιμές και η πειραματική μεθοδολογία που εφαρμόστηκε. Συγκεκριμένα τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα παρακάτω:

- 1.Επιλογή των βερνικιών
2. Κατασκευή πειραματικών πινάκων
- 3 Διαδικασία γήρανσης
4. Εφαρμογή απεικονιστικών τεχνικών πριν και μετά τη γήρανση
5. Εφαρμογή χρωματομετρίας και στυλπνομετρίας πριν και μετά τη γήρανση.

Τα πολυμερή αρχίζουν να εφαρμόζονται στον χώρο την συντήρησης ζωγραφικών έργων από το 1930 με το Poly (vinyl acetate) να χρησιμοποιείται ως βερνίκι αποκατάστασης ζωγραφικών επιφανειών, παγιώνονται όμως στη συντήρηση από το 1950 και μετά, με το PVA να προτιμάται κυρίως από την Αμερική, ενώ την ίδια περίοδο αρχίζει να είναι διαθέσιμο στην παγκόσμια αγορά το Paraloid B72, οι εξαιρετικές ιδιότητες του οποίου επιβεβαιώνονται μέχρι το 1963, κάνοντάς το έτσι να χρησιμοποιείται σε όλα τα εργαστήρια συντήρησης παγκοσμίως μέχρι σήμερα (Robsen 1992, 185, Hackney 1995, Allen et al. 1992, Horie 1995, Feller et al. 1985,όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016).

Οι συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης μας δίνουν τη δυνατότητα να εξετάσουμε τα πολυμερή πειραματικά και να αποφασιστεί η αντοχή τους σε αυξημένες φυσικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και υπεριώδους ακτινοβολίας (Φαρμακαλίδου 2016).

3.2 Στάδιο δοκιμών πριν από το πείραμα

Για την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε χαρτιά ματ και χαρτιά glossy, για να προσομοιωθεί η γυαλιστερή προετοιμασμένη

επιφάνεια των δοκιμίων από ξύλο (κόντρα πλακέ θαλάσσης). Σύμφωνα με τον Μαστροθεόδωρο (2016), το ξύλο χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα ως φορέας/υποστήριγμα, αφού πρόκειται για ένα ιδιαίτερα εύκολα προσβάσιμο και παράλληλα ισχυρό υλικό το οποίο βρίσκουμε σε αφθονία. Άλλος ένας κύριος λόγος είναι ότι μπορούν από αυτό να κατασκευαστούν ευρείες επίπεδες επιφάνειες οι οποίες επιδέχονται περαιτέρω διακόσμηση (Thompson 1997, 27-8· Thompson 1998, 34, όπως αναφέρεται στο Μαστροθεόδωρος 2016). Τα συγκεκριμένα κόντρα πλακέ θαλάσσης έφεραν προετοιμασία λινού υφάσματος, κουνελόκολλας και κιμωλίας. Όπως μας εξηγεί ο Μαστροθεόδωρος (2016), το ξύλο είναι ανομοιογενές υλικό, γεγονός που οφείλεται στην κυτταρική μικροδομή του, οπότε για την επίτευξη ενιαίας απορροφητικής επιφάνειας απαιτείται η κάλυψή του με ένα ενιαίο στρώμα προετοιμασίας (υπόστρωμα, ground, gesso). Οι προετοιμασίες των φορητών εικόνων αποτελούνταν κατά κανόνα από μίξη κιμωλίας ή γύψου με κάποια συγκολλητική ουσία (κουνελόκολλα, ζελατίνη, ψαρόκολλα). Κάποιες φορές, για την αύξηση πρόσφυσης της προετοιμασίας αλλά και για την προστασία της ζωγραφικής από πιθανή ρήξη - ρωγμάτωση του ξύλινου φορέα, η επιφάνεια καλυπτόταν με τεμάχιο υφάσματος πριν από το πέρασμα του υλικού προετοιμασίας (Bomford et al. 1990, 17· Thompson 1998, 36, όπως αναφέρεται στο Μαστροθεόδωρος 2016). Πριν από το τελικό στάδιο, πολλαπλές στρώσεις από το μίγμα της προετοιμασίας κάλυπταν τον φορέα, και μετά το πλήρες στέγνωμα της επιφάνειάς του ακολουθούσε το τελικό στάδιο κατά το οποίο, με τη χρήση κατάλληλων μέσων, επιχειρούνταν να γίνει η επιφάνεια όσο το δυνατόν πιο λεία και επίπεδη (Mayer 1990, 318-20, όπως αναφέρεται στο Μαστροθεόδωρος 2016).

Η διαδικασία ξεκίνησε με την επιλογή χρωστικών, με βάση το γεγονός ότι οι ώχρες είναι γαιώδεις χρωστικές που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στην αιογραφία, για τη δημιουργία αυγοτέμπερας. Οι χρωστικές που επιλέχθηκαν ήταν οι εξής: Ιταλική χρυσή ώχρα, πράσινη γη Κύπρου, κόκκινη ώχρα Ισπανίας, αιματίτης. Η Ιταλική χρυσή ώχρα ανήκει στα κίτρινα χρώματα, και πιο συγκεκριμένα στην κατηγορία κίτρινες γαίες. Πρόκειται για μια κατηγορία στην οποία ανήκουν προϊόντα αποσάθρωσης σιδηρούχων υλικών, οξειδία του σιδήρου σε ένυδρη μορφή, αναμειγμένα με αργυλοπυριτικά και άλλα υλικά. Ο Γκαιτίτης $\text{FeO}(\text{OH})$ και ο Λειμωνίτης $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ αποτελούν τα βασικά ορυκτά των ένυδρων οξειδίων του σιδήρου. Το χρώμα τους κυμαίνεται από καστανό, μαύρο και φαιοκάστανο μέχρι

κίτρινο σε ορυκτή μορφή και οφείλεται στα υδροξύλια και οξειδία του σιδήρου, ενώ το χρώμα της σκόνης τους είναι φαιοκαστανό ή κίτρινο. Οι ώχρες από Ισπανία, Ιταλία και Γαλλία ήταν ιδιαίτερα γνωστές στους μεσαιωνικούς χρόνους. Οι ιταλικές ώχρες ήταν πλούσιες σε γύψο, ενώ οι γαλλικές θεωρούνταν εξαιρετικής ποιότητας, με κύρια βασικά συστατικά τους τον καολινίτη και τον ιλινίτη. Η πράσινη γη Κύπρου ανήκει στα πράσινα χρώματα, και πιο συγκεκριμένα στην κατηγορία των πράσινων γαιών. Πρόκειται για μια μεγάλη ομάδα ένυδρων αργυλοπυριτικών πρασινωπών ορυκτών με τον σελαδονίτη $K(Mg,Fe^{2+})(Fe^{3+},Al)[Si_4O_{10}](OH)^2$, και τον γλαυκονίτη $(K,Na)(Mg,Fe,Al)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)^2$ να είναι οι σημαντικότερες. Το πράσινο χρώμα δημιουργείται από την κατανομή δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου. Συναντάμε τον σελαδονίτη ως δευτερεύον προϊόν εξαλλοίωσης βασαλτικών πυριγενών πετρωμάτων και ο γλαυκονίτης συναντάται σε μεγαλύτερη διαθεσιμότητα σε θαλάσσια ιζήματα. Οι αποχρώσεις της σκόνης της πράσινης γης είναι διαφανούς έως ημιδιαφανούς σαπωνοειδούς υφής, ενώ χρωματικά κυμαίνονται από ασθενή πράσινη και ανοιχτόχρωμη γκρι μέχρι σκούρα λαδί. Η Κύπρος και η Βερόνα της Ιταλίας αναφέρονται ως βασικές πηγές προμήθειας των πράσινων γαιών. Η κόκκινη ώχρα Ισπανίας και ο αιματίτης ανήκουν στην κατηγορία των φυσικών γαιών όπου πρόκειται για μια κατηγορία με αργιλοπυριτικά πετρώματα πλούσια σε οξειδία του σιδήρου. Τα οξειδία του σιδήρου προσδίδουν το χρώμα των φυσικών γαιών και είναι ιζηματογενούς ή ηφαιστειογενούς προέλευσης. Ο αιματίτης Fe_2O_3 αποτελεί την κύρια πηγή του κόκκινου χρώματος, με το χρώμα του συγκεκριμένου να κυμαίνεται από καστανόμαυρο έως καστανοκόκκινο, ενώ η χροιά του μπορεί να είναι καστανοκόκκινη ή κερασόχρωμη όταν κονιορτοποιηθεί. Ήδη από τον Μεσαίωνα παράγονταν τεχνητά, με πύρωση σιδηρούχου διαλύματος θειικού οξέος, με την ποιότητά τους να είναι ανάλογη των σημερινών χρωστικών (Ντούτση 2013).

Σύμφωνα με τον Κουτσοιρή, το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στη βυζαντινή και μεταβυζαντινή αιογραφία για τη ζωγραφική φορητών εικόνων ήταν αποκλειστικά η αυγοτέμπερα. Ο όρος αυγοτέμπερα αντιστοιχεί γενικότερα στη ζωγραφική τεχνική των καλυπτικών υδατοδιαλυτών χρωστικών σε μορφή λεπτών κόκκων, που διασπείρονται σε οργανικό φορέα για την παραγωγή μιας έγχρωμης, ομοιογενούς και πολτώδους μάζας. Με την πάροδο του χρόνου, ο φορέας λειτουργεί ως συνδετικό μέσο, καθώς στερεοποιείται με φυσική ή χημική διαδικασία, συγκρατώντας τους κόκκους της χρωστικής. Από τις εργαστηριακές μελέτες και τις

φυσικοχημικές αναλύσεις χρωστικών, που έχουν πραγματοποιηθεί σε βυζαντινές και μεταβυζαντινές εικόνες, τεκμηριώνεται ότι ως κύριος πρωτεϊνικός φορέας χρησιμοποιήθηκε ο κρόκος του αυγού αραιωμένος, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές, με νερό και μικρή ποσότητα οργανικού οξέος (ξύδι). Ο κρόκος του αυγού είναι ένα φυσικό γαλάκτωμα ελαίου σε υδατικό διάλυμα πρωτεϊνών, που μπορεί να αναμειχθεί με άλλα συνδετικά μέσα, όπως ξηρανόμενα έλαια, διαλύματα φυσικών ρητινών ή κεριών (Κουτσοурής 2007).

3.3 Παρασκευή δειγμάτων για τις ανάγκες του πειράματος

Το πρώτο βήμα πραγματοποιήθηκε με την παρασκευή μίγματος της ιταλικής χρυσής ώχρας, ενώ στη συνέχεια ακολούθησαν, με τη σειρά που σημειώνονται, η ιταλική χρυσή ώχρα, η πράσινη γη Κύπρου, η κόκκινη ώχρα Ισπανίας, η οποία και απορρίφθηκε από το στάδιο των δοκιμών λόγω της δυσκολίας διάλυσης της χρωστικής, που προξένησε την κακή πρόσφυση του υλικού στα χαρτιά glossy, και τέλος ο αιματίτης. Όλες οι χρωστικές που χρησιμοποιήθηκαν παρασχέθηκαν από το εργαστήριο Μέθοδοι Διάγνωσης μη Καταστρεπτικού Ελέγχου του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης και πρόκειται για προϊόντα της εταιρείας Kremer. Τόσο τα μίγματα των δοκιμών όσο και αυτά τα οποία τοποθετήθηκαν στα τελικά δοκίμια παρασκευάστηκαν με βάση τη συνταγή της κ. Αθηνάς Αλεξοπούλου-Παππά, η οποία προτρέπει στη δημιουργία μίγματος που αποτελείται από 50% ξίδι και ανάλογη ποσότητα κρόκου αυγού, επομένως οι αναλογίες κρόκου και ξιδιού στη συγκεκριμένη συνταγή ήταν 1:1 (Εικ.2-14) (<https://agiografies-athina.webnode.gr/techniki/the-egg-tempera/>).

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ

Δείγματα	Βάρος Δείγματος	Συγκέντρωση
Ιταλική Χρυσή Ώχρα	16,2871 g	81,4% w/w
Πράσινη Γη Κύπρου	14,1632 g	70,8% w/w
Κόκκινη Ώχρα Ισπανίας	14,7958 g	73,9% w/w
Αιματίτης	10,0013 g	50% w/w

Πίνακας 3.1 Συγκεντρώσεις Δειγμάτων



Εικόνα 2

Εικ. 2 Ποτήρι ζέσεως με κρόκο αυγού για την παρασκευή αυγοτέμπερας.



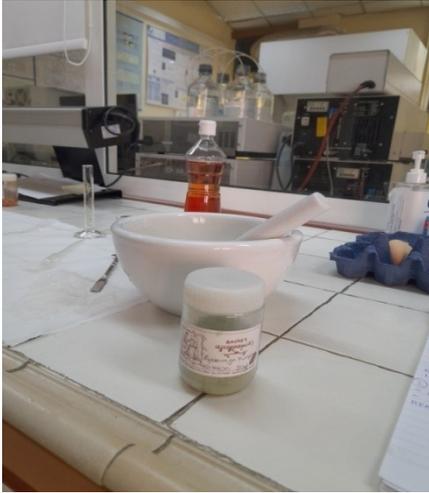
Εικόνα 3

Εικ. 3 Πορσελάνινο γουδί με μίγμα κρόκου αυγού και ξιδιού πριν από την τοποθέτηση της χρωστικής σκόνης.



Εικόνα 4

Εικ. 4 Χρωστική ιταλικής χρυσής ώχρας πάνω σε ύαλο, μέσα στον ζυνό.



Εικόνα 5

Εικ. 5 Η χρωστική πράσινη γη Κύπρου της εταιρείας Kremer.



Εικόνα 6

Εικ. 6 Η πράσινη γη Κύπρου αναμειγμένη με κρόκο αυγού και ξίδι, μέσα σε πορσελάνινο γουδί.



Εικόνα 7

Εικ. 7 Δείγματα της χρωστικής κόκκινη ώχρα Ισπανίας σε χαρτιά ματ και glossy.



Εικόνα 8

Εικ. 8 Δείγματα της χρωστικής πράσινη γη Κύπρου σε χαρτιά ματ και glossy.



Εικόνα 9

Εικ. 9 Δείγματα της χρωστικής του αιματίτη σε χαρτιά ματ και glossy.



Εικόνα 10

Εικ. 10 Δείγματα της χρωστικής ιταλική χρυσή ώχρα σε χαρτιά ματ και glossy.



Εικόνα 11

Εικ. 11 Δείγματα και των τεσσάρων χρωστικών σε χαρτιά ματ και glossy.



Εικόνα 12

Εικ. 12 Μεγάλο μέρος των δειγμάτων των χρωστικών σε χαρτιά ματ και glossy



Εικόνα 13

Εικ. 13 Δείγμα της χρωστικής κόκκινη ώχρα Ισπανίας, η οποία απορρίφθηκε, σε χαρτί ματ.



Εικόνα 14

Εικ. 14 Δοκίμιο με τις χρωστικές της ιταλικής χρυσής ώχρας, της πράσινης γης Κύπρου και του αιματίτη.

Τόσο στα χαρτιά ματ και glossy, στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές, όσο και στα προετοιμασμένα δοκίμια από κόντρα πλακέ θαλάσσης οι επικαλύψεις των χρωστικών έγιναν με τη χρήση του K Hand Coater. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα χειροκίνητο μέσο εφαρμογής με το οποίο μπορούν να εφαρμοστούν χρώματα, μελάνια εκτύπωσης, λάκες, κόλλες και άλλες επιστρώσεις επιφανειών σε πολλά υποστρώματα όπως χαρτί, χαρτόνι, πλαστικές μεμβράνες, φύλλα, μεταλλικές πλάκες, γυάλινες πλάκες, ξύλο κ.λπ. Δύο ή περισσότερες επιστρώσεις μπορούν να εφαρμοστούν ταυτόχρονα ή μια δίπλα στην άλλη, καθιστώντας έτσι το συγκεκριμένο σύστημα ιδανικό για τη σύγκριση διαφορετικών προϊόντων (Εικ. 15) (<https://www.karkimya.com.tr/en/products/film-application/k-hand-coater-k-bar>). Το συγκεκριμένο εργαλείο χειρός χρησιμοποιήθηκε για να μπορέσει να γίνει ακριβής, ομοιόμορφη, ισοπαχής κατανομή χρωστικής και εν συνεχεία ρητίνης πάνω στα δοκίμια.

Σ' όλη τη διάρκεια των δοκιμών χρησιμοποιήσαμε τρία ραβδάκια διαφορετικών μεγεθών. Αρχικά δοκιμάστηκε το Νο4 το οποίο δημιουργεί στρώματα πάχους 40 μm, ενώ στη συνέχεια δοκιμάστηκε τόσο το Νο5 (50μm), όσο και το Νο6 το οποίο είναι μεγέθους 60μm (ακολουθεί πίνακας με όλες τις πιθανές παραμέτρους που εμφανίζονται στα ραβδάκια του συγκεκριμένου μικροεξοπλισμού). Το Νο4 που δοκιμάστηκε πρώτο ήταν και το πρώτο που απορρίφθηκε, λόγω μη καλής

πρόσφυσης και απόδοσης των χρωστικών. Στη συνέχεια δοκιμάστηκε το Νο5 αλλά καταλήξαμε στο Νο6 με το οποίο αποδόθηκαν οι χρωστικές, δίνοντάς μας το βέλτιστο αποτέλεσμα τόσο στο πάχος όσο και στην όψη. Η διαδικασία της επικάλυψης των δοκιμίων με τις χρωστικές αυγοτέμπερας έγινε στις 25/1 και, αφού ολοκληρώθηκε, τα δοκίμια αφέθηκαν να στεγνώσουν σε συνθήκες περιβάλλοντος, για να τοποθετηθούν οι επικαλυπτικές ρητίνες.

The following table summarises the numbers, colour coding and wet film thicknesses of the individual K-bars:

K-Bar No.	Colour code	Wire diameter in mm	Wet film deposit in μm
0	white	0,05	4
1	yellow	0,08	6
2	red	0,16	12
3	green	0,31	24
4	black	0,51	40
5	horn	0,64	50
6	orange	0,76	60
7	brown	1,00	80
8	blue	1,27	100
9	tan	1,50	120
150	grey		150
200	grey		200
300	grey		300
400	grey		400
500	grey		500

Πίνακας 3.2 Στοιχεία, προερχόμενα από την εταιρεία *RK Print*, σχετικά με τα ραβδάκια του χειροκίνητου μέσου εφαρμογής *K Hand Coater*. Αναφέρονται τα νούμερα των ράβδων, το χρώμα ανάλογα με τη διάμετρο του καθενός, αλλά και το πάχος της επίστρωσης (σε υγρή μορφή) που αφήνει η κάθε ράβδος στην εκάστοτε επιφάνεια.



Εικόνα 15

***Εικ. 15** Το χειροκίνητο μέσο εφαρμογής K Hand Coater το οποίο χρησιμοποιήθηκε τόσο για τις επικαλύψεις των χρωστικών όσο και για τις επικαλύψεις των βερνικιών.*

3.4 Παρασκευή ρητινών για τις ανάγκες του πειράματος

Η διαδικασία συνεχίστηκε με την επιλογή και την παρασκευή των ρητινών για την προστασία των χρωστικών αυγοτέμπερας με τις οποίες επικαλύφθηκαν τα δοκίμια στο προηγούμενο στάδιο. Το στάδιο των δοκιμών ξεκίνησε με την επιλογή μιας συνθετικής και μιας φυσικής ρητίνης. Το Paraloid B72 και το γεγονός, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (2.2.2.1), πως αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες συνθετικές ρητίνες στη συντήρηση αλλά και η σταθερότητά του, όπως επίσης το ότι διατηρεί τις ιδιότητές του μετά τη γήρανση, αποτέλεσαν σημαντικούς παράγοντες για να επιλεγθεί ως συνθετική ρητίνη στην προκειμένη περίπτωση. Πρόκειται για Paraloid B72 της εταιρείας Rohm & Haas, το οποίο εξασφαλίσαμε από το άλλο εργαστήριο του Τμήματος ΣΑΕΤ.

Όσον αφορά τις φυσικές ρητίνες, αρχικά επιλέχτηκε η ρητίνη της δάμαρης, με γνώμονα ότι, συγκριτικά με άλλες φυσικές ρητίνες φυτικής προέλευσης, όπως η μαστίχα, παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα σε θέματα αλλοίωσης, καθώς επίσης και ότι είναι μία ρητίνη που χρησιμοποιείται στις φορητές εικόνες. Όπως και το Paraloid B72, και αυτή η ρητίνη προήλθε από εργαστήριο του Τμήματος ΣΑΕΤ.

Paraloid B72

Το Paraloid B72 διαλύθηκε σε καθαρή ακετόνη, ενώ για την επιλογή του ιδανικότερου διαλύματος το οποίο θα έδινε το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή όχι πολύ αραιό αλλά ούτε και παχύρευστο και να έχει ιξώδες, παρασκευάστηκαν 4 διαλύματα/ν διαφορετικών ποσοστών. Αρχικά παρασκευάστηκε διάλυμα με αναλογίες 1:9 (δηλαδή 1 μέρος Paraloid B72 και 9 μέρη ακετόνη), το οποίο απορρίφθηκε, καθώς ήταν πολύ υδαρές. Εν συνεχεία παρασκευάστηκαν τα υπόλοιπα 3 διαλύματα διαφορετικών αναλογιών με την εξής σειρά: 1:5, 1:3, 1:1 (Εικ.16). Το διάλυμα με αναλογίες 1:5 (δηλαδή 1 μέρος Paraloid B72 και 5 μέρη ακετόνη), όπως είναι φυσικό, ήταν λιγότερο υδαρές από το προηγούμενο, αλλά δεν είχε καλή πρόσφυση όπως και απορροφητικότητα. Ιδανικό διάλυμα αποδείχτηκε αυτό των αναλογιών 1:3(δηλαδή 1 μέρος Paraloid B72 και 3 μέρη ακετόνη), καθώς το διάλυμα 1:1 ήταν πολύ πηκτό και κολλώδες, και δημιουργούσε προβλήματα στο άπλωμά του πάνω στα χαρτιά δοκιμών.

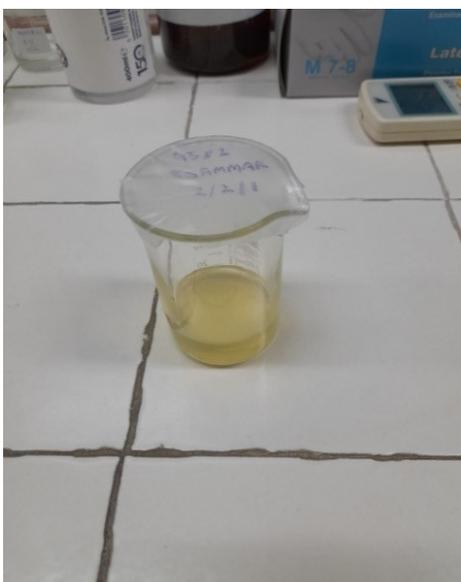


Εικόνα 16

Εικ. 16 Τα 4 διαλύματα ParaloidB72 (1:1, 1:3, 1:5, 1:9) που παρασκευάστηκαν, με το διάλυμα 1:3 να προκρίνεται ως πιο αποτελεσματικό.

Βερνίκι Δάμαρης

Το διάλυμα της δάμαρης το οποίο χρησιμοποιήσαμε αποτελείτο από 2 μέρη δάμαρης, 2 μέρη λινέλαιο (boiled linseed oil), 1 μέρος νέφτι (distilled turpentine oil) και πραγματοποιήθηκε με βάση w/v (Εικ17). Έπειτα από κονιορτοποίηση ~ 20g δάμαρης σε πορσελάνινο γουδί, με τη χρήση πορσελάνινου γουδοχειριού, τοποθετήθηκαν 21.52ml λινέλαιο και η ίδια ποσότητα νεφτιού. Στη συνέχεια το μίγμα αναδεύτηκε σε μαγνητικό αναδευτήρα (χρησιμοποιήθηκε «ψαράκι») για περίπου 15' και κατόπιν έγινε έγχυση του διαλύματος από το ένα ποτήρι ζέσεως σε άλλο, ώστε να απαλλαγεί από οποιαδήποτε ακαθαρσία.



Εικόνα 17

Εικ. 17 Το διάλυμα δάμαρης που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

Μετά την ολοκλήρωση της παρασκευής των διαλυμάτων των βερνικιών προχωρήσαμε στην εφαρμογή τους στα δοκίμια με τις χρωστικές. Όπως και η διαδικασία επικάλυψης των δοκιμίων με αυγοτέμπερα έτσι και αυτή η διαδικασία έγινε με τη χρήση του K hand coater και τα ραβδάκια από τα οποία απαρτίζεται. Και σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το ραβδάκι Νο6 των 60μm. Επικαλύφθηκαν 2 δοκίμια με τη συνθετική ρητίνη (Paraloid B72), άλλα 2 με τη φυσική ρητίνη (Δάμαρη), ενώ σε ένα δοκίμιο δεν μπήκε επικαλυπτικό, για να χρησιμοποιηθεί ως δοκίμιο αναφοράς(Εικ.18-22). Το στάδιο των επικαλυπτικών

στρώσεων των ρητινών πραγματοποιήθηκε στις 17/2 και αφέθηκαν να στεγνώσουν ώστε να μπορέσουν να ακολουθήσουν τα στάδια των μετρήσεων (στιλπνομέτρηση, χρωματομετρία), οι φωτογραφήσεις (ορατό, επαπτόμενος φωτισμός και υπεριώδης φθορισμός UV) και η θερμική γήρανση.

Η συνθετική ρητίνη που χρησιμοποιήσαμε είχε την ιδανική πρόσφυση στα δοκίμια, μας έδωσε το επιθυμητό αποτέλεσμα χωρίς να είναι υδαρές, και στέγνωσε σχεδόν μέσα σε 1 ώρα. Το αποτέλεσμα δεν ήταν το ίδιο και για τα δοκίμια που επικαλύφθηκαν με το βερνίκι δάμαρης, καθώς δεν φάνηκε να απορροφάται από τις χρωστικές, γεγονός που δυσκόλεψε το στέγνωμα, το οποίο πραγματοποιήθηκε μετά από περίπου ένα μήνα. Το πρόβλημα, που αποκαλύφτηκε κατόπιν έρευνας, ήταν ότι ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε bleached linseed oil και όχι polymerized linseed oil (προπολυμερισμένο λινέλαιο) το οποίο θα επιτάχυνε το στέγνωμα και την απορρόφηση του βερνικιού από τις χρωστικές. Έτσι, αποφασίστηκε να προετοιμαστούν και να δοκιμαστούν άλλα δύο βερνίκια φυσικής ρητίνης, και επιλέχθηκαν η μαστίχα και η σανδαράχη.



Εικόνα 18

Εικ. 18 Το δοκίμιο που χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς και ήταν το μοναδικό στο οποίο δεν τοποθετήθηκε επικαλυπτικό στρώμα



Εικόνα 19

Εικ. 19 Το δοκίμιο Νο1 με επικαλυπτικό στρώμα συνθετικής ρητίνης Paraloid B72



Εικόνα 20

Εικ. 20 Το δοκίμιο Νο2 με επικαλυπτικό στρώμα συνθετικής ρητίνης Paraloid B72



Εικόνα 21

Εικ. 21 Το δοκίμιο Νο1 με επικαλυπτικό στρώμα φυσικής ρητίνης δάμαρης



Εικόνα 22

Εικ. 22 Το δοκίμιο Νο2 με επικαλυπτικό στρώμα φυσικής ρητίνης δάμαρης

3.5 Παρασκευή βερνικιού σανδαράχης και βερνικιού μαστίχης για τις ανάγκες του πειράματος

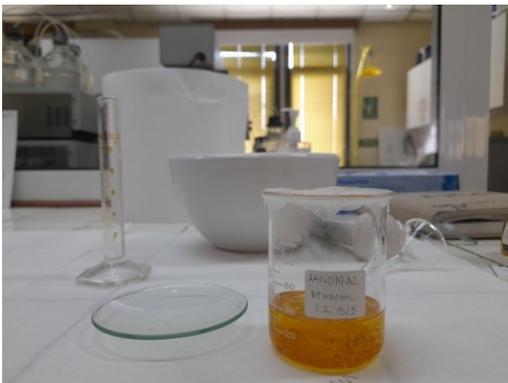
Η παρασκευή των άλλων δύο φυσικών ρητινών που επιλέχθηκαν να δοκιμαστούν μετά το πρόβλημα που δημιουργήθηκε με τη ρητίνη δάμαρης, ξεκίνησε στις 15/3. Για τη δημιουργία του βερνικιού της σανδαράχης χρησιμοποιήθηκε ως διαλύτης καθαρή αιθανόλη στην οποία η ρητίνη διαλύθηκε για δύο μέρες με αναλογία 1:2 w/v. Όσον αφορά το διάλυμα της μαστίχας, παρασκευάστηκε με τη χρήση τερεβινθέλαιου ως διαλύτη, επίσης με αναλογία 1:2 w/w. Το διάλυμα της μαστίχας αναδεύτηκε σε μαγνητικό αναδευτήρα, χωρίς όμως να θερμανθεί, ώστε να αποφευχθεί να γίνει το μίγμα κολλώδες, για 15' πριν τη χρήση του, ενώ εν συνεχεία αφέθηκε να καθιζάνει. Στα δοκίμια αυτά χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες χρωστικές αυγοτέμπερας οι οποίες είχαν χρησιμοποιηθεί, στο προηγούμενο στάδιο, στα πρώτα πέντε δοκίμια που παρασκευάστηκαν. Οι συγκεκριμένες χρωστικές είχαν αποθηκευτεί σε ψυγείο μετά το πέρας της δημιουργίας των δοκιμιών του 1^{ου} μέρους στις 17/2 και ξαναχρησιμοποιήθηκαν στα επόμενα δοκίμια στις 7/4. Το διάστημα των περίπου δύο μηνών για το οποίο αποθηκεύτηκαν στο ψυγείο έγινε εμφανές από την πρώτη στιγμή αφού επηρέασαν τόσο το κομμάτι της πρόσφυσης, η οποία είχε μειωθεί αισθητά σε σχέση με το προηγούμενο στάδιο, όσο και στο κομμάτι του αποτελέσματος και της απόδοσης των χρωμάτων. Τέλος, η πράσινη γη Κύπρου, σε μεγαλύτερο βαθμό, αλλά και οι άλλες δύο χρωστικές, σε μικρότερο βαθμό, έδειχναν

περισσότερο κοκκώδεις με αρκετές ανωμαλίες ανά διαστήματα. Όσον αφορά την επικάλυψη των δοκιμίων, τόσο για τις χρωστικές όσο και για τα βερνίκια στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε με το ραβδάκι Νο 6 (60μm) της K hand coater(Εικ.23-28).



Εικόνα 23

Εικ. 23 Παρασκευή διαλύματος σανδαράχης



Εικόνα 24

Εικ. 24 Η φυσική ρητίνη σανδαράχης τοποθετήθηκε σε καθαρή αιθανόλη ώστε να παρασκευαστεί το επικαλυπτικό που χρησιμοποιήθηκε στα δοκίμια



Εικόνα 25

Εικ. 25 Το δοκίμιο Νο1 με επικαλυπτικό στρώμα φυσικής ρητίνης μαστίχης



Εικόνα 26

Εικ. 26 Το δοκίμιο Νο2 με επικαλυπτικό στρώμα φυσικής ρητίνης μαστίχης



Εικόνα 27

Εικ. 27 Το δοκίμιο Νο1 με επικαλυπτικό στρώμα φυσικής ρητίνης σανδαράχης



Εικόνα 28

Εικ. 28 Το δοκίμιο No2 με επικαλυπτικό στρώμα φυσικής ρητίνης σανδαράχης

3.6 Μελέτη των οπτικών ιδιοτήτων των φυσικών και συνθετικών ρητινών

Για την επιλογή της κατάλληλης αναλυτικής μεθόδου στο συγκεκριμένο στάδιο της έρευνας βασιστήκαμε στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των υλικών, σε συνδυασμό με τη χημική τους δομή αλλά και τις φυσικές τους ιδιότητες. Επομένως, για να μπορέσουν να διερευνηθούν συγκεκριμένες παράμετροι, επιλέχθηκαν οι εξής μέθοδοι: χρωματομετρία, σπιλπνομέτρηση, φωτογράφιση στο ορατό, απεικόνιση με εφαπτομενικά προσπίπτουσα ακτινοβολία, όπως και απεικόνιση του φθορισμού που παράγεται από υπεριώδη και υπεριώδη ακτινοβολία διέγερσης (280-400)nm, ενώ στο τελικό στάδιο της μεθοδολογίας έγινε η θερμική γήρανση.

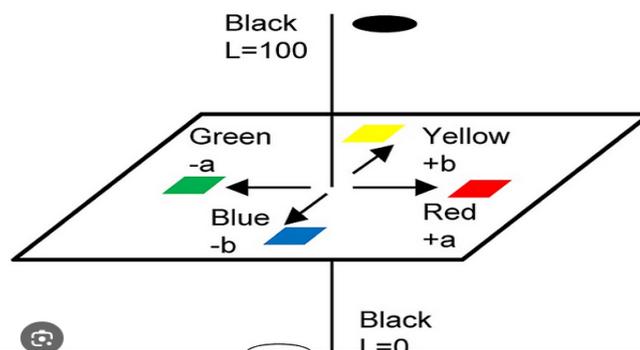
3.6.1 Χρωματομετρία

Ο κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με τον αριθμητικό προσδιορισμό του χρώματος λέγεται χρωματομετρία. Ο συγκεκριμένος κλάδος έχει ως αντικείμενο τους χρωματικούς ερεθισμούς που παράγονται όταν η ορατή ακτινοβολία αλληλεπιδρά με την ύλη και εισέρχεται στον ανθρώπινο οφθαλμό προκαλώντας χρωματικό ερεθισμό. Με τη χρήση διανυσμάτων σ' έναν τρισδιάστατο χώρο, τον

τριχρωματικό χώρο, μπορεί να γίνει αναπαράσταση κάθε χρωματικού ερεθισμού. Σε συνέχεια της προσπάθειας της γραφικής απεικόνισης των χρωματικών ερεθισμών δημιουργήθηκαν χρωματομετρικά συστήματα και τρισδιάστατοι χρωματικοί χώροι.

Σύμφωνα με την τριχρωματική θεωρία, όλα τα χρώματα μπορούν να προκύψουν από τον κατάλληλο συνδυασμό των στοιχείων μιας τριχρωματικής βάσης, φυσικά με τη χρήση διαφορετικών ποσοτήτων. Οι τύποι φωτοευαίσθητων κυττάρων που διαθέτει το ανθρώπινο μάτι είναι τρεις, με κάποια από αυτά να είναι ευαίσθητα στο κόκκινο (Red), κάποια άλλα στο μπλέ (Blue) και τέλος κάποια ακόμα στο πράσινο (Green). Τα τρία αυτά έχουν χαρακτηριστεί ως βασικά χρώματα και μέσω όλων των πιθανών συνδυασμών τους κάτω από τις κατάλληλες αναλογίες, προέρχεται το σύνολο των χρωμάτων που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο μάτι. Η ανάμειξη των βασικών χρωμάτων χαρακτηρίζεται ως προσθετική (Εικ.29) (Δημητριάδης, 2018).

Το σύστημα CIELAB έχει σχεδιαστεί για να προσεγγίζει την ανθρώπινη όραση και επιτρέπει τον προσδιορισμό του χρώματος αριθμητικά. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή L αναφέρεται στην τιμή της φωτεινότητας και είναι η συντεταγμένη στον άξονα λευκού-μαύρου τιμή a είναι η συντεταγμένη στον άξονα ερυθρού-πράσινου και η τιμή b είναι η συντεταγμένη στον άξονα μπλε-κίτρινου. Οι τιμές a και b από μόνες τους δεν απεικονίζουν πλήρως τη χρωματικότητα, καθώς η θέση τους εξαρτάται από την τιμή L (Χρυσουλάκης κ. αλ. 1998, Garcia-Talegon 1998).



Εικ. 29 Η επεξήγηση των γραμμάτων Lab που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του αντικειμενικού χρώματος και για τον υπολογισμό των χρωματικών διαφορών. Το L χρησιμοποιείται για τη φωτεινότητα από το μαύρο στο άσπρο με τιμές από το 0 ως το 100, το a παρουσιάζει το πράσινο στο κόκκινο με τιμές από το -128 έως το +127, και τέλος το b παρουσιάζει τη μεταβολή από το μπλε στο κίτρινο με τιμές, επίσης, από το -128 έως το +127

Για το κομμάτι των μετρήσεων της χρωματομετρίας στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο χειρός TP800 Portable Spectrophotometer (Εικ. 29), του Εργαστηρίου Μεθόδων Διάγνωσης Μη Καταστρεπτικού Ελέγχου του Τμήματος ΣΑΕΤ.



Εικόνα 30

Εικ. 30 Το χρωματόμετρο TP800 της εταιρείας PRESTO που χρησιμοποιήθηκε για την απόδοση των μετρήσεων της χρωματομετρίας (Colorimetry)

3.6.2 Στιλπνομέτρηση

Η Πούρνου (2009) αναφέρει για τη στιλπνότητα: « Η στιλπνότητα (gloss) είναι μια οπτική ιδιότητα που περιγράφει την κατοπτρική ανάκλαση του φωτός. Η γωνία ανάκλασης εξαρτάται από φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας, όπως η τραχύτητα. Ειδικότερα, η στιλπνότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της τραχύτητας μιας επιφάνειας. Όσο πιο λεία δηλαδή είναι μία επιφάνεια, τόσο πιο στιλπνή εμφανίζεται. Κατά συνέπεια η τριβή, η φθορά, η συσσώρευση ρύπων πάνω σε μία επιφάνεια θα μειώσει τη στιλπνότητά της. Η στιλπνότητα και ο κορεσμός (saturation) των χρωμάτων (το πόσο έντονα - ζωντανά εμφανίζονται τα χρώματα) είναι δύο οπτικές ιδιότητες άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους, και κατά τον de la Rie (1987) εξαρτώνται κυρίως από το μοριακό βάρος και τον δείκτη διάθλασης του επικαλυπτικού. Στις διαδικασίες αισθητικής αποκατάστασης ενός τεχνουργήματος, η στιλπνότητα και ο κορεσμός που προσδίδει το βερνίκι είναι δύο πολύ σημαντικές ιδιότητες που πρέπει να λάβει υπόψη του ο συντηρητής, για να σεβαστεί την ιστορική και αισθητική αξία ενός έργου. Η στιλπνότητα μετριέται με ειδικά όργανα (gloss meters), σε τιμές από 1-10057, για συγκεκριμένη γωνία ανάκλασης (20° , 60° ή 85°). Οι επιφάνειες με χαμηλή στιλπνότητα μετρώνται συνήθως με 85° γωνία ανάκλασης» (Πούρνου 2009).

Παρατηρήθηκε μεταβολή όλων των δειγμάτων μετά το πέρας της διαδικασίας της θερμικής γήρανσης, με τα περισσότερα δείγματα να παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις και με κάποιες εξαιρέσεις να έχουν αυξημένες τιμές στιλπνότητας. Έχει παρατηρηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις αύξηση των τιμών της στιλπνότητας με την συγκεκριμένη να επηρεάζεται άρδην από τις τιμές της υγρασίας και τις μεταβολές αυτής. Σε περιπτώσεις όπου πραγματοποιήθηκε αύξηση στην σχετική υγρασία του ξύλου (8%-12%) ακόμα και σε κομμάτια ξύλου προστατευμένα με βερνίκι παρατηρήθηκαν αυξητικές τάσεις των τιμών ακόμα και σε θερμοκρασίες σχετικά χαμηλές (25°C - 50°C). Επίσης στην ίδια περίπτωση, στην οποία το πείραμα διήρκεσε 100 μέρες, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της στιλπνότητας μειώθηκαν την 25^η μέρα ενώ εν συνεχεία αυξήθηκαν την 50^η και 75^η μέρα με τις τιμές, τέλος, να μειώνονται και πάλι κατά την ολοκλήρωση του πειράματος την 100^η μέρα (Dermici et al. 2013, 1862-1863).

Το συγκεκριμένο πείραμα μπορεί να οδηγήσει στο υποθετικό συμπέρασμα, βάση παρόμοιων πειραμάτων που έλαβαν χώρα στο παρελθόν, ότι ίσως η συνολική του διάρκεια (336 ώρες) ήταν σύντομη και ότι αν διαρκούσε περισσότερο οι μεταβολές στις τιμές της στιλπνότητας θα ήταν πιο ουσιαστικές και με μεγαλύτερη αλληλουχία μεταξύ τους. Επίσης, άλλο ένα υποθετικό συμπέρασμα, ,μπορεί να σχετίζεται με τα επίπεδα της σχετικής υγρασίας αύξηση της οποίας να έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των τιμών της στιλπνότητας. Η στιλπνότητα σε επιφάνειες προστατευμένες με βερνίκι έχει καταγραφεί να εξαρτάται άμεσα από την μη τραχύτητα της επιφάνειας και την ικανότητα της να αντανακλά το φως, με τα επίπεδα του νερού στην ξύλινη επιφάνεια να προκαλούν την διόγκωση των ινών που με την σειρά τους επηρεάζουν την ομαλότητα της επιφάνειας μειώνοντας την στιλπνοτήτά της (Sonmez et al. 2004, Sonmez and Budakci et al. 2004, Sonmez et al. 2011, όπως αναφέρεται στο Dermici et al. 2013, 1865).

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων της στιλπνότητας έγινε χρήση του intelligent gloss meter της εταιρείας Lovibond, το οποίο δανειστήκαμε από το Εργαστήριο του Τμήματος Γραφιστικής του ΠΑΔΑ (Εικ. 31).

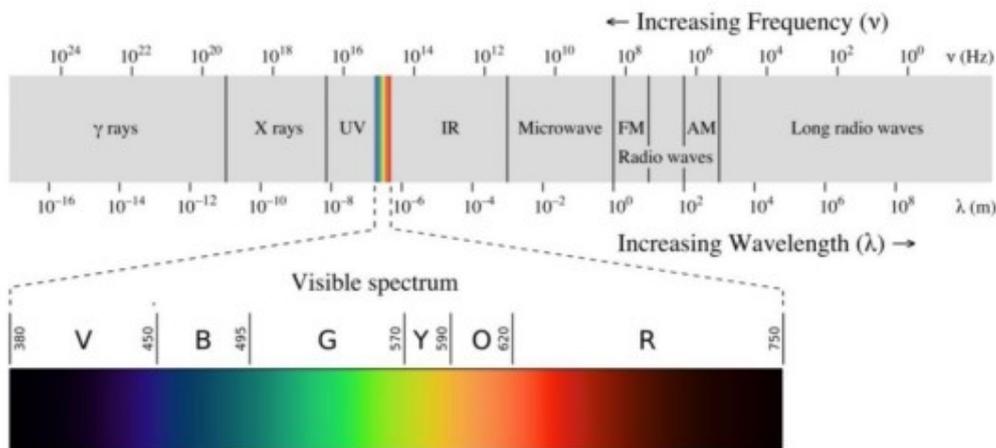


Εικόνα 31

Εικ. 31 Το στιλπνόμετρο *Intelligent Gloss Meter* της εταιρείας *Lovibond* που χρησιμοποιήθηκε για την απόδοση των μετρήσεων της στιλπνομέτρησης (*Gloss measurements*)

3.6.3 Φωτογράφιση με ορατή ακτινοβολία

Η ορατή ακτινοβολία παρέχει τη δυνατότητα άντλησης πολλών πληροφοριών για ένα έργο τέχνης όπως η τεχνική του ζωγράφου αλλά και η εξακρίβωση παλαιότερων αισθητικών επεμβάσεων. Στοιχεία που έχουν να κάνουν με το χρώμα, την κρυσταλλικότητα ή την αδιαφάνεια των κόκκων, το μέγεθος και το σχήμα, σε θέματα που αφορούν τη μικροσκοπική κοκκομετρική εικόνα των χρωστικών, μπορούν να αποτελέσουν έναυσμα για την κατανόηση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ενός έργου. Διακρίνονται δύο τρόποι παρατήρησης, η παρατήρηση στο ανακλώμενο και η παρατήρηση στο διερχόμενο, ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού του αντικειμένου. Η παρατήρηση με ανακλώμενη ακτινοβολία χρησιμοποιείται κυρίως σε δείγματα μεγάλου πάχους ή αντικείμενα με επιφάνειες με μεγάλη ανακλαστική ικανότητα, ενώ η παρατήρηση στο διερχόμενο εφαρμόζεται σε διαφανή ή ημιδιαφανή δείγματα (Αλεξοπούλου - Αγοράνου, 1993, όπως αναφέρεται στο Τσίρου - Κυριακή 2022).



Εικόνα 32

Εικ. 32 Το ορατό φάσμα (πηγή: Α. Αλεξοπούλου, 2014)

Στην εικόνα 32 διακρίνονται τα χρώματα που βλέπει το ανθρώπινο μάτι, πάντα, σε συνάρτηση με το μήκος κύματος το οποίο προσπίπτει στον οφθαλμό. Για παράδειγμα, όταν βλέπουμε το κίτρινο χρώμα, θεωρούμε ότι η ακτινοβολία

αποδίδεται στα 590nm (πίνακας 4.3). Υπάρχει όμως πιθανότητα, αν έχουμε δύο ακτινοβολίες με μήκη κύματος, για παράδειγμα κοντά στα 590nm-600nm, να βλέπουμε χρώμα στο διάστημα αυτών (Τσίρου – Κυριακή 2022).

Μήκος κύματος σε νανόμετρα	Χρώματα που βλέπει το ανθρώπινο μάτι
340-400	Υπεριώδες δεν είναι ορατό
400-430	Μωβ
430-500	Μπλε
500-560	Πράσινο
560-620	Κίτρινο προς πορτοκαλί
620-700	Πορτοκαλί προς κόκκινο
700 και πάνω	Σχεδόν υπέρυθρο, δεν είναι ορατό

Πίνακας 3.3 Τα χρώματα τα οποία βλέπει το ανθρώπινο μάτι ανάλογα με το μήκος κύματος

Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση στο ορατό:

Για τη συγκεκριμένη φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφική μηχανή Nikon D800, 2 τρίποδα, 2 φωτιστικές πηγές και 1 copy stand (Εικ. 33 - 36).



Εικόνα 33

Εικ. 33 Η κάμερα Nikon D800 η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση των δοκιμών, όπως επίσης και ο προβολέας που χρησιμοποιήθηκε για τον ίδιο λόγο

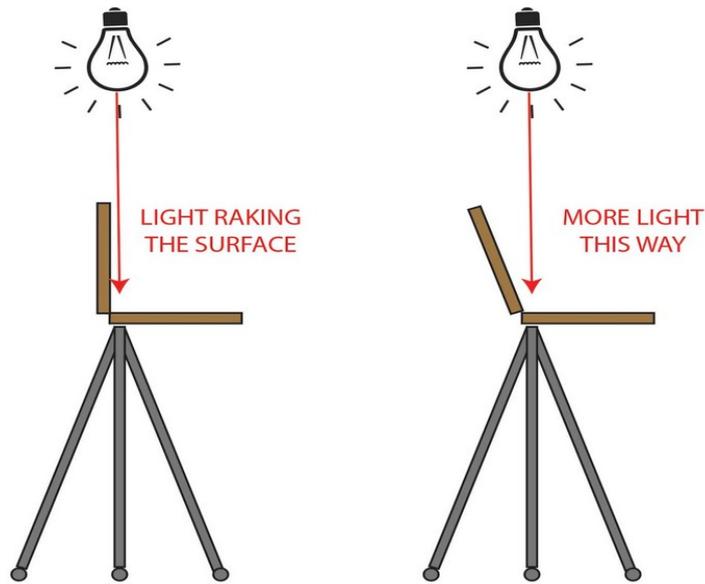
3.6.4 Φωτογράφιση με εφαπτόμενο φωτισμό

Μία από τις πιο σημαντικές μεθόδους μη καταστρεπτικού ελέγχου είναι η φωτογραφία με εφαπτόμενο φωτισμό. Πρόκειται για μία περίπτωση κατά την οποία η φωτογράφιση γίνεται με τη χρήση ορατής ακτινοβολίας, η οποία πέφτει σχεδόν παράλληλα στην επιφάνεια του έργου. Είναι μία τεχνική κατά την οποία ένας πίνακας φωτίζεται μόνο από τη μία πλευρά, σε αρκετά πλάγια γωνία σε σχέση με την επιφάνειά του. Ο σκοπός της τεχνικής αυτής είναι να αποκαλύψει την υφή και τη μορφολογία της επιφάνειας του έργου. Οι επιφάνειες που βλέπουν το φως φωτίζονται, ενώ οι απομακρυσμένες από αυτό δημιουργούν σκιές. Γενικότερα, οι συντηρητές εξετάζουν αντικείμενα κάτω από έντονο πλάγιο φως κατά τη διάρκεια μιας οπτικής επιθεώρησης, ώστε να πραγματοποιήσουν καταγραφή ενός πίνακα.



Εικόνα 34

Εικ. 34 Η φωτιστική πηγή που τοποθετήθηκε στον προβολέα και το cory stand πάνω στο οποίο τοποθετήθηκε η κάμερα για τις ανάγκες της φωτογράφισης



Εικόνα 35

Εικ. 35 Τρόπος που το φως προσπίπτει στην επιφάνεια ενός έργου

<https://realismtoday.com/art-studio-lighting-basics/>

Στην εικόνα 35 φαίνεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο η ακτινοβολία προσπίπτει στο εκάστοτε έργο και το πώς θα πρέπει να στηθεί ο εξοπλισμός για να επιτευχθεί αυτό. Σχηματίζεται μία γωνία από 5 έως 10 μοίρες μεταξύ του φωτός και του έργου και θα πρέπει να γίνει σε ένα σκοτεινό δωμάτιο. Η τεχνική μπορεί να εκτελεστεί τόσο στη μπροστινή πλευρά όσο και στην πίσω πλευρά του έργου τέχνης. Το αντικείμενο μπορεί επίσης να φωτιστεί από αριστερά ή δεξιά και από κάτω ή πάνω.



Figure

Caption

Fig. 3 Portrait of a Student (a) before treatment in raking light; and (b) after treatment in raking light, demonstrating success of pre-stretching treatment with significant decrease in planar deformations and tented paint. # Witness Collection.

This figure was uploaded by [Bettina](#)

[Ebert](#)

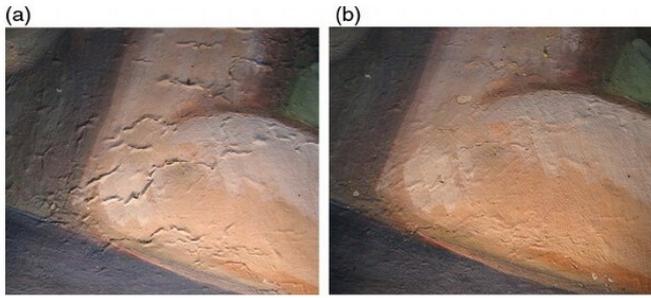
Content may be subject to copyright.

Εικόνα 36

Εικ. 36 Λεπτομέρεια πορτρέτου με εφαπτόμενο φωτισμό πριν (α) και μετά (β) τη συντήρηση

https://www.researchgate.net/publication/271936298_Aquazol_as_a_consolidant_for_matte_paint_on_Vietnamese_paintings/figures?lo=1

Στην περίπτωση που το αρχικό σκίτσο του καλλιτέχνη είναι ανάγλυφο, μπορεί να γίνει αντιληπτό σε ορισμένα αντικείμενα. Οι τεχνικές διακόσμησης, η υφή της πινελιάς και η ζωγραφική τεχνική γίνεται αισθητή όπως παρατηρείται και στην Εικόνα 4.36 και στην Εικόνα 4.37 και 4.38 - 39. Ο εφαπτόμενος φωτισμός βοηθά στην αποκάλυψη τυχόν επίπεδων παραμορφώσεων ή άλλων παραμορφώσεων που διαφορετικά θα ήταν άρατες, υπό κανονικές συνθήκες φωτισμού. Μπορεί επίσης να αποκαλύψει πληροφορίες για το πώς ο καλλιτέχνης εφάρμοσε αρχικά τα στρώματα βαφής και εάν το αντικείμενο έχει υποβληθεί προηγουμένως σε μη καταγεγραμμένες επεξεργασίες.



Figure

Caption

Fig. 4 Detail of Portrait of a Student (a) before treatment in raking light; and (b) after treatment in raking light, showing reduction of tented paint in the sitter's proper right arm. # Witness Collection.

This figure was uploaded by [Bettina Ebert](#)

Content may be subject to copyright.

Εικόνα 37

Εικ. 37 Λεπτομέρεια πορτρέτου (a) πριν από την εφαρμογή εφαπτομενικού φωτισμού και (b) και μετά τη χρήση του, δείχνοντας μείωση της μπογιάς στο δεξί μπράτσο https://www.researchgate.net/publication/271936298_Aquazol_as_a_consolidant_for_matte_paint_on_Vietnamese_paintings/figures?lo=1



Εικόνα 38



Εικόνα 39

Εικ. 38-39 Φωτογράφιση πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά της εικόνας) την εφαρμογή εφαπτομενικού φωτισμού

<https://chsopensource.org/raking-light-photography-rak/>

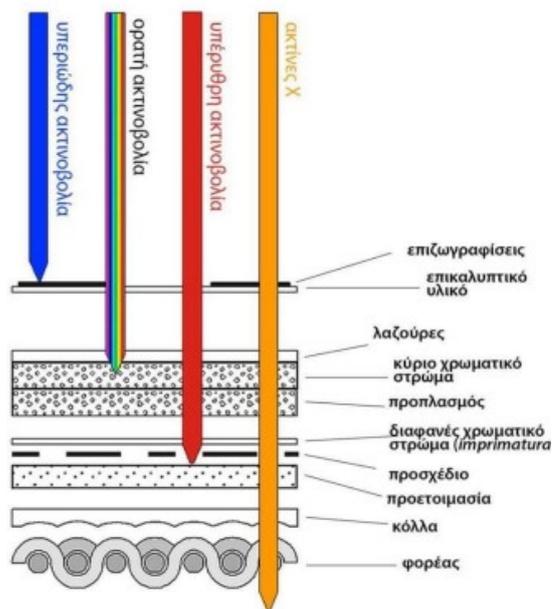
Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση στο εφαπτόμενο:

Για τη συγκεκριμένη φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφική μηχανή Nikon D800, 1 φωτιστική πηγή και 1 copy stand.

3.6.5 Υπεριώδης Φωτογραφία Φθορισμού

Η υπεριώδης φωτογραφία φθορισμού αποτελεί μια απεικονιστική μέθοδο διάγνωσης που εφαρμόζεται για τη μελέτη της επιφάνειας του έργου. Πιο συγκεκριμένα, φωτογραφίζεται ο φθορισμός που εκπέμπεται στο φάσμα του ορατού όταν μία επιφάνεια ακτινοβολείται και διεγείρεται από υπεριώδη ακτινοβολία (320-380nm). Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει μικρή διαπερατότητα, με αποτέλεσμα να παρέχει δεδομένα και πληροφορίες για τα επιφανειακά στρώματα του κάθε εξεταζόμενου έργου (Εικ. 40). Η χρησιμότητα και η αξία της μεθόδου αυτής είναι μεγάλη, καθώς ανιχνεύει και εντοπίζει με ευκολία πιθανές φθορές της επιφάνειας. Χάρη στην υπεριώδη φωτογραφία φθορισμού προσδιορίζεται η ύπαρξη και το είδος επικαλυπτικού υλικού και επιφανειακές παρεμβάσεις. Διερευνώνται παλαιότερες εργασίες συντήρησης και αποσαφηνίζονται πιθανές υπογραφές κ.α. (Αλεξοπούλου- Αγοράνου, Χρυσουλάκης 1993).

Τα βερνίκια έχουν την ικανότητα να φθορίζουν. Αντίθετα, οι μεταγενέστερες επεμβάσεις ή φθορές παρουσιάζονται ως σκοτεινά σημεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, κάθε φορά που μία επιφάνεια διεγείρεται από υπεριώδη ακτινοβολία, να δίνεται η δυνατότητα στον παρατηρητή να εξετάσει την κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας του έργου τέχνης. Η λειτουργία όμως της υπεριώδους φωτογραφίας φθορισμού είναι πιο περίπλοκη, καθώς μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας απορροφάται, προκαλώντας σε κάποια μόρια παροδικές μεταπηδήσεις ηλεκτρονίων σε υψηλότερη ενεργειακή στοιβάδα. Τα διεγερμένα αυτά μόρια επιστρέφουν άμεσα στη σταθερή τους κατάσταση με το να αποβάλλουν την πλεονάζουσα ηλεκτρονιακή ενέργεια, μετατρέποντάς την σε άλλη μορφή ενέργειας. Η ενέργεια αυτή αποβάλλεται με τη μορφή ακτινοβολίας, και αυτός είναι ο λόγος που ο προκαλούμενος φθορισμός γίνεται αντιληπτός μέσα στο φάσμα του ορατού. Η υπεριώδης φωτογραφία φθορισμού συνεπάγεται μία αναλογική ή ψηφιακή κάμερα τοποθετημένη κάθετα ως προς το εξεταζόμενο αντικείμενο, απέναντι ή επάνω από αυτό, έναν ή περισσότερους λαμπτήρες υδραργύρου ή μαύρου φωτός εκατέρωθεν και στο ίδιο ύψος και απόσταση με την κάμερα, σε γωνία 45° από το αντικείμενο, και τέλος φίλτρα αποκοπής της ανακλώμενης υπεριώδους ακτινοβολίας. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το απόλυτο σκοτάδι κατά την εφαρμογή αυτής της διαδικασίας.



Εικόνα 40

Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τα ζωγραφικά έργα, η υπεριώδης φωτογραφία φθορισμού αποτελεί μια πολύ σημαντική μέθοδο. Οι φυσικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται ως βερνίκια αποκαλύπτονται και παράγουν κιτρινοπράσινο φθορισμό στην επιφάνεια, ενώ κάποια άλλα μπλε φθορισμό. Υπάρχουν όμως πολλές συνθετικές ρητίνες που δεν φθορίζουν καθόλου. Η απουσία φθορισμού δεν συνεπάγεται και απουσία βερνικιών, γιατί επιφανειακοί ρύποι είναι πιθανό να συγκαλύψουν τον φθορισμό σε σημαντικό βαθμό (Εικ 41).



Εικόνα 41

Εικ. 40 Παρουσίαση της διαπερατότητας και της διεισδυτικής ικανότητας ανάμεσα στην υπεριώδη, ορατή, υπέρυθη ακτινοβολία και τις ακτίνες X. Διασκευασμένο από Schreiner et al 2017-

Αθηνά Αλεξοπούλου 2014, https://ocp.teiath.gr/modules/units/index.php?course=SAET_UNDER102&id=1309
[Fostini_52016048.pdf \(uniwa.gr\)](#)

Εικ. 41 Η ανάβαση του Ιησού στο Γολγοθά και η επί του Σταυρού προσήλωσις, 17^{ος} αιώνας, έγχρωμη υπεριώδης φωτογραφία φθορισμού όπου διακρίνεται η λεπτομέρεια

(Φωτο Αθηνά Αλεξοπούλου) **A.Alexopoulos**, 2003: "Physical chemical Study and Documentation" in "Dialogue on Icons - Loverdos Collection - DiARTgnosis: Study of European religious painting", CULTURE 2000/A2/GR-96, Byzantine and Christian Museum: Athens

Όσον αφορά την περίπτωση των φορητών εικόνων, αυτή η μέθοδος μας παρέχει τη δυνατότητα αναγνώρισης, ιδιαίτερα για τα σημεία όπου έχουν αλλοιωθεί

βασικά χαρακτηριστικά της εικόνας (π.χ. ξεθώριασμα). Πιο συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι γίνονται ορατά και διακρίνονται πολύ πιο εύκολα, όταν φωτογραφηθούν στον φθορισμό που παράγουν με υπεριώδη ακτινοβολία. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή βοηθάει τον συντηρητή στην παρατήρηση κατά την αφαίρεση του βερνικιού σταδιακά και κυρίως ελεγχόμενα, αλλά και στη διαπίστωση της κατάστασης διατήρησης του αντικειμένου (Εικόνα 42) (Χαράτσης, 2018).



Εικόνα 42

Εικ. 42 Μελέτη της κατάστασης διατήρησης του αντικειμένου με τη βοήθεια του υπεριώδους φθορισμού

<http://www.cm2project.ar/index.php/diaanwstika/>

Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση του φθορισμού που προκαλείται από υπεριώδη ακτινοβολία:

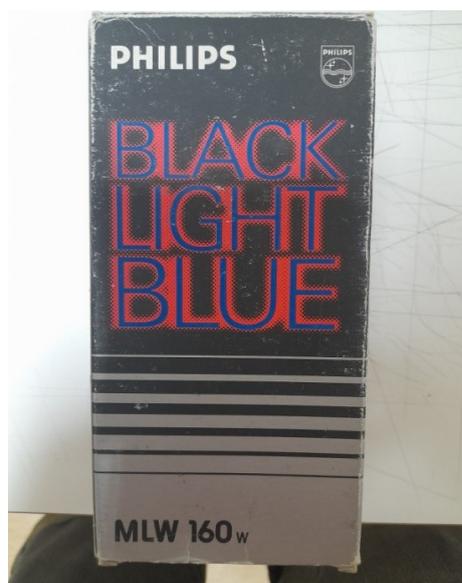
Για τη συγκεκριμένη φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφική μηχανή Nikon D800, 1 φωτιστική πηγή τύπου black light, ken lock filter, B+W filter, step down filter, written gelatin filter και 1 copy stand (Εικ.43 – 47).



Εικόνα 43



Εικόνα 44



Εικόνα 45

Εικ. 43-45 Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση με υπεριώδη ακτινοβολία

Υπερφασματική απεικόνιση

Πραγματοποιήθηκε απεικόνιση των επιφανειών με υπερφασματικό ανιχνευτή τύπου MUSES (Εικ. 48 - 50). Πρόκειται για απεικόνιση η οποία πραγματοποιεί 128 μεμονωμένες απεικονίσεις ανά 5nm. Η συγκεκριμένη μέθοδος βοηθά στην καταγραφή της ανακλαστικής ικανότητας του κάθε υλικού σε διαφορετικά μήκη κύματος, ώστε να καταφέρουμε να τα συγκρίνουμε μεταξύ τους.



Εικόνα 46



Εικόνα 47



Εικόνα 48

Εικ. 46-48 Ο εξοπλισμός του υπερφασματικού ανιχνευτή τύπου MUSES που χρησιμοποιήθηκε

3.6.6 Γήρανση

Θερμική Γήρανση

Με οποιονδήποτε τρόπο και αν γίνει η επίστρωση ενός πολυμερούς (πινέλο, ψεκασμό, εφαρμογή σταγόνας, ραβδάκι) για να εξατμιστεί ο εμπιερχόμενος διαλύτης είτε χρειάζεται διάστημα μερικών ημερών σε θερμοκρασία δωματίου είτε

αυτό θα πραγματοποιηθεί αν το δείγμα θερμανθεί στους 50° - 80° για μερικά λεπτά ή ακόμα και μερικές ημέρες. Οι Berger και Feller (1984) μελέτησαν την επιταχυνόμενη γήρανση των υλικών συντήρησης, αντιστοιχώντας τη χρονική διάρκεια της τεχνητής γήρανσης με φυσική, κάτω όμως από αδιευκρίνιστες περιβαλλοντικές συνθήκες όσον αφορά τη φυσική γήρανση. Σύμφωνα με τον Berger, η τεχνητή γήρανση στους 100° για 72 ώρες αντιστοιχεί σε φθορά στους 50° για ένα χρόνο, ενώ σε έτη φυσικής γήρανσης υπολογίζεται, απ' τον ίδιο, στα 100 (Berger et al 1984, Evenson et al 2005, όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016). Σύμφωνα με τον Feller (1994) ,οι 7 ώρες τεχνητής γήρανσης στους 140° αντιστοιχούν στη φθορά που θα υποστεί το αντικείμενο σε 20 χρόνια, ενώ 36 ώρες στους 140° αντιστοιχούν σε 100 χρόνια φυσικής γήρανσης (Feller 1994, όπως αναφέρεται στο Φαρμακαλίδου 2016).

Το πρώτο που πρέπει να γίνει αποδεκτό είναι ότι μία βερνικωμένη εικόνα δεν εξασφαλίζει απαραίτητα και τη μακροζωία της, ανεξάρτητα από τον τύπο βερνικιού που χρησιμοποιήθηκε. Διασώζονται εικόνες παρελθόντων εποχών με φθορές σημαντικές που ακριβώς οφείλονται στο βερνίκι (κιτρίνισμα, θάμπωμα, οξειδωση, συρρίκνωση, απολέπιση, γήρανση, φαινόμενα crazing, κλπ). Αυτό, γιατί το ξύλο είναι ευμετάβλητο και εύκολα προσβαλλόμενο υλικό από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Ακόμα και η σύσταση της αυγοτέμπερας, πόσο δηλαδή περιέχει τη σωστή αναλογία σκόνης/αυγού, μπορεί να επηρεάσει την απορρόφηση της επικάλυψης από το ίδιο το ζωγραφικό μέρος.

Η δάμαρη αντίθετα κατηγοριοποιείται στις ημίρρευστες, μαλακές ρητίνες. Θεωρείται ότι έχει ίσως τις καλύτερες ιδιότητες από τις φυσικές ρητίνες, παρ' όλα αυτά και αυτή κιτρινίζει έντονα με τη γήρανση. Η Batavia dammar (από την Ινδονησία) που ο Κ. Πλακωτάρης τη συνιστά ως την καλύτερη επιλογή για χρήση στη ζωγραφική, διαλύεται πλήρως στο τερεβινθέλαιο, ενώ άλλα είδη δάμαρης μόνο εν μέρει. Οι απόψεις ως προς το ποια δάμαρη είναι η καλύτερη σε εφαρμογές στη ζωγραφική ανάμεσα στην Batavia και της Singapore, δίστανται. Η δεύτερη επιλέγεται συχνά από τους συντηρητές έργων τέχνης και είναι φθηνότερη από την Batavia.

Για την πραγματοποίηση του σταδίου της γήρανσης στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε κλειστός φούρνος ελεγχόμενης θερμοκρασίας τύπου

RUMED, με τη θερμοκρασία να παραμένει σταθερή σ' όλη τη διάρκεια του πειράματος στους 60° C και με τη σχετική υγρασία να κυμαίνεται από 11%-28%. Η συνολική διαδικασία διήρκησε 336 ώρες (Εικ. 51). Η διαδικασία της χρωματομετρίας και της σπιλπνομέτρησης πραγματοποιήθηκε πριν αρχίσει η γήρανση κατά τη διάρκεια του πειράματος (288 ώρες) αλλά και μετά την ολοκλήρωσή του (336 ώρες).



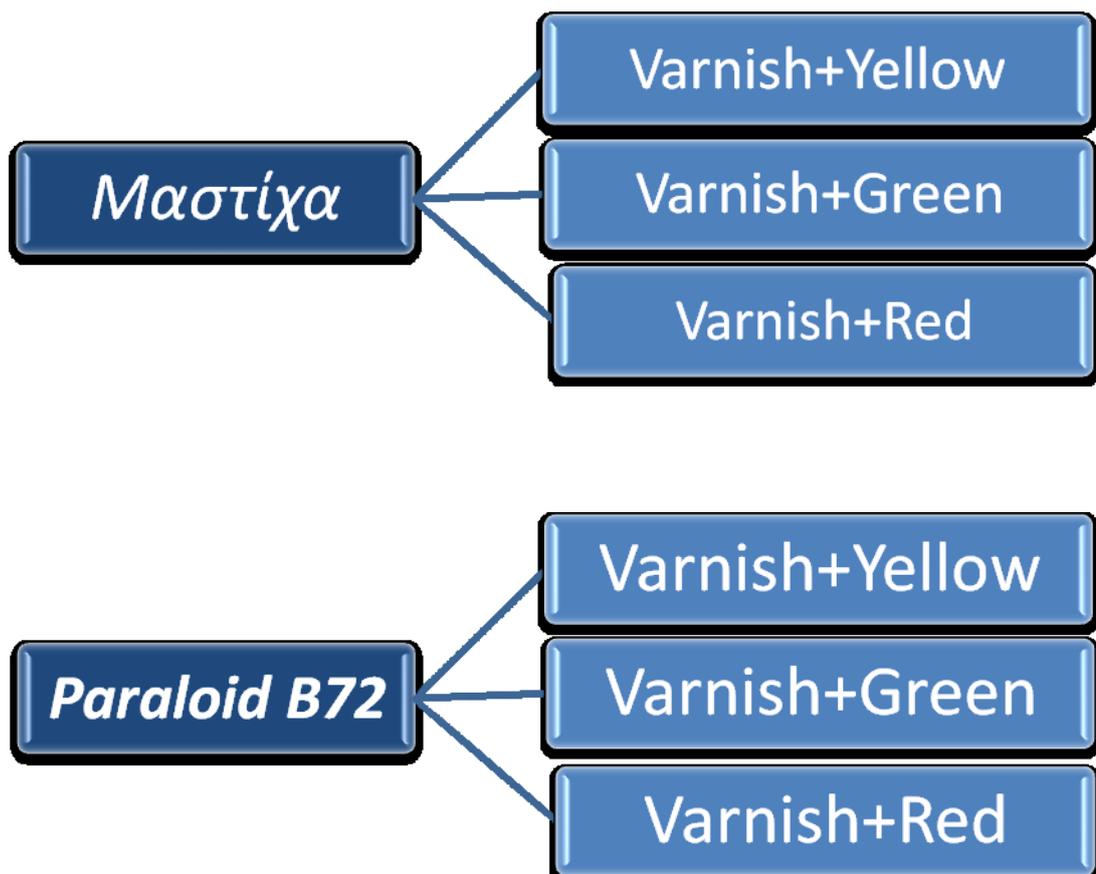
Εικόνα 49

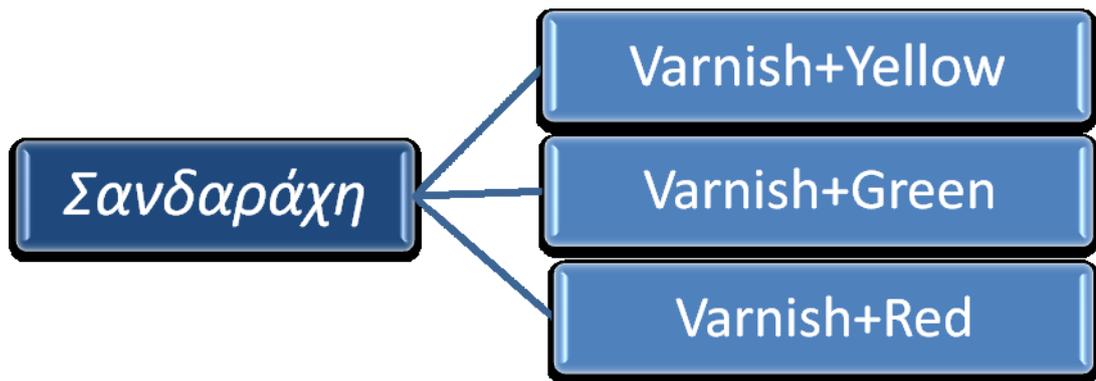
Εικ. 49 Φούρνος τύπου RUMED

4ο Κεφάλαιο: Πειραματικά Αποτελέσματα

Μέσα από αυτή την έρευνα ο σκοπός μας ήταν να βρεθούν κάποια γενικά συμπεράσματα αναφορικά με τις οπτικές κυρίως και τις μηχανικές ιδιότητες των φυσικών και των συνθετικών ρητινών στην εφαρμογή τους σε φορητές εικόνες.

Για να έχουμε όσο το δυνατόν σωστότερα αποτελέσματα πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της φωτογραφικής απεικόνισης, πριν και μετά την γήρανση, υπό συνθήκες φθορισμού (UV-MUSES), στο ορατό και με την χρήση επαπτόμενου φωτισμού, όπως επίσης και οι διαδικασίες της σιλιπνομέτρησης και της χρωματομετρίας αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, το εξεταζόμενο δείγμα αφορά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, 4 είδη ρητινών που επικάλυψαν 3 διαφορετικές χρωστικές σε όλα τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν με την ίδια σειρά, η οποία είναι η εξής:

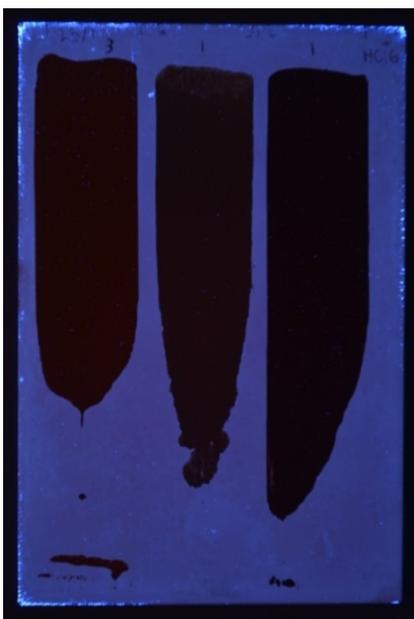




4.1 Φωτογραφική απεικόνιση

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της θερμικής γήρανσης σε πολλές από τις φωτογραφικές απεικονίσεις παρατηρήθηκαν διαφορές. Στην διαδικασία της υπεριώδους φωτογραφίας φθορισμού το δοκίμιο της σανδαράχης μετά την γήρανση έχει ένα ελαφρώς πιο κίτρινο χρώμα, ενώ τα δοκίμια της μαστίχας παρουσίασαν μια ελαφρώς πορτοκαλί απόχρωση φθορισμού. Όσον αφορά το δοκίμιο που προστατεύτηκε με την ρητίνη της δάμαρης το φιλμ παρουσίασε την πιο μεγάλη και εντυπωσιακή αλλαγή, η οποία γίνεται αντιληπτή και δια γυμνού οφθαλμού, με τον φθορισμό να μεταβάλλεται από ελαφρύ λευκό σε ελαφρύ κιτρινοπράσινο. Τέλος στο δοκίμιο που προστατευόταν από την ρητίνη του Paraloid B72 δεν φάνηκε καμία διαφοροποίηση στο χρώμα του, αλλά δείχνει να έχει μια ελαφριά αύξηση φθορισμού.

Δοκίμιο αναφοράς (Reference)



Εικόνα 50

Εικ. 50 Δοκίμιο αναφοράς (Reference) το οποίο δεν επικαλύφτηκε με προστατευτικό φιλμ

Σανδαράχη πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση

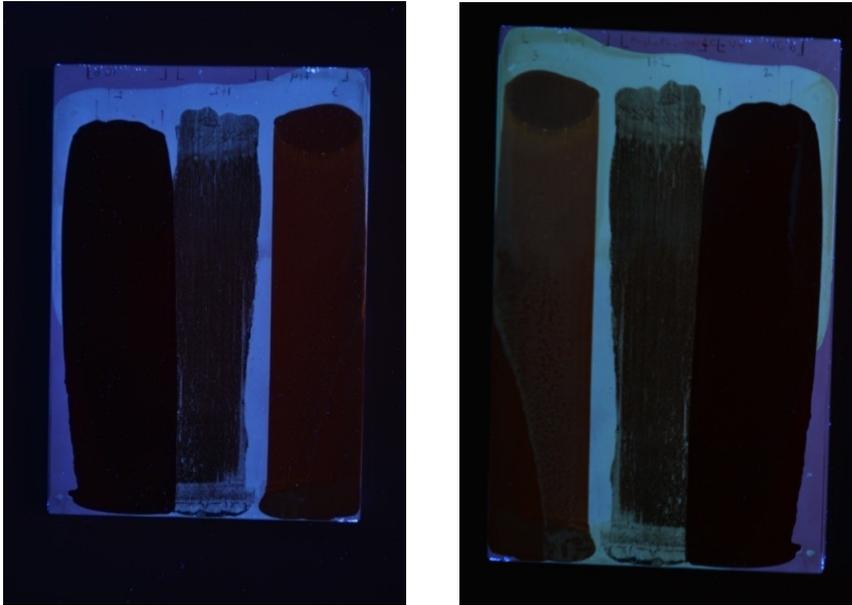


Εικόνα 51

Εικ. 51 Δείγμα 1^ο Σανδαράχη - Πριν από τη γήρανση (αριστερά) και μετά τη γήρανση (δεξιά)

Φθορισμός

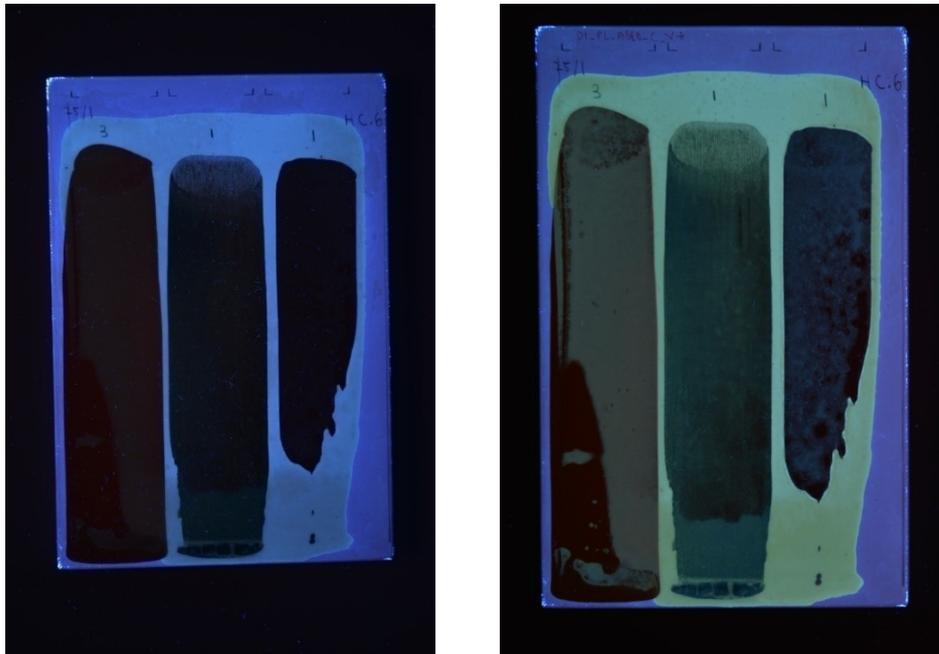
Μαστίχα πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση



Εικόνα 52

Εικ. 52 Δείγμα 1^ο Φθορισμός-Μαστίχα MAS1-FL6/MAS2-FL6
Πριν από τη γήρανση (αριστερά) και μετά τη γήρανση (δεξιά)

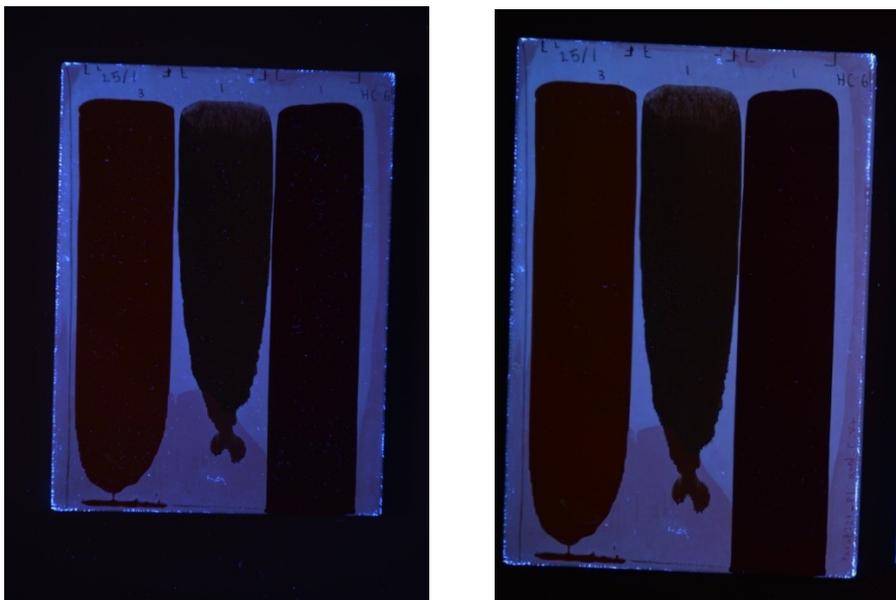
Δάμαρη πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση



Εικόνα 53

Εικ. 53 Δείγμα 1^ο Φθορισμός δάμαρη DAM1-FL6- Πριν από την γήρανση
(αριστερά) και μετά τη γήρανση (δεξιά)

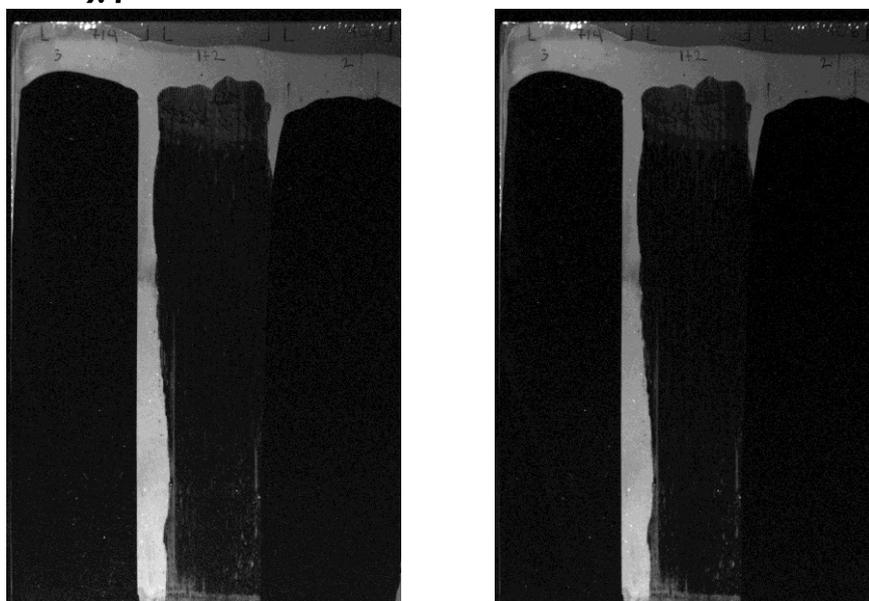
Paraloid B72 πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση



Εικόνα 54

Εικ. 54 Δείγμα 1^ο Φθορισμός ParaloidB72 Para B72-FL5
Πριν από τη γήρανση (αριστερά) και μετά τη γήρανση (δεξιά)

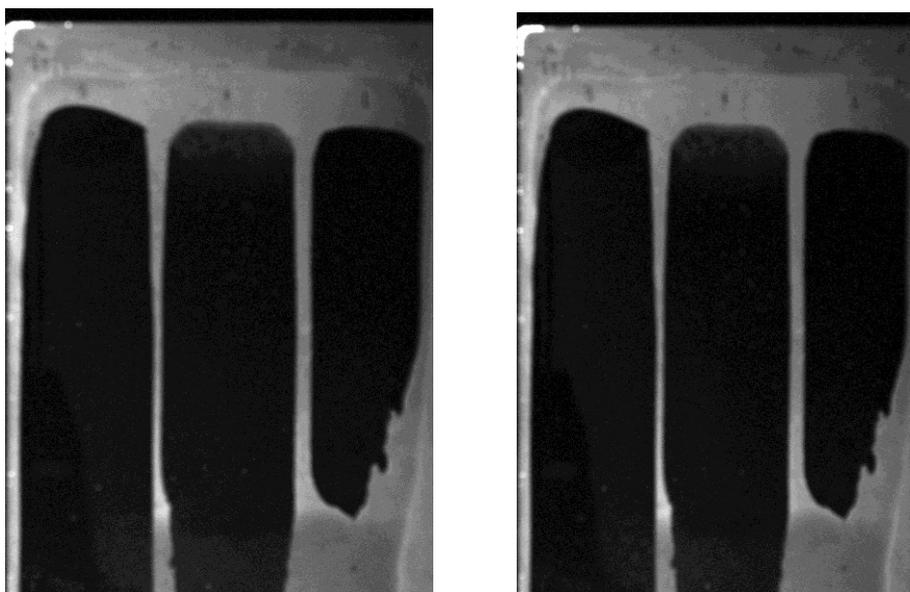
*Φθορισμός (MUSES) πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση
Μαστίχη*



Εικόνα 55

Εικ. 55 Δείγμα 1^ο Φθορισμός MUSES – Mastic - Mas1-FL6
Πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τη γήρανση

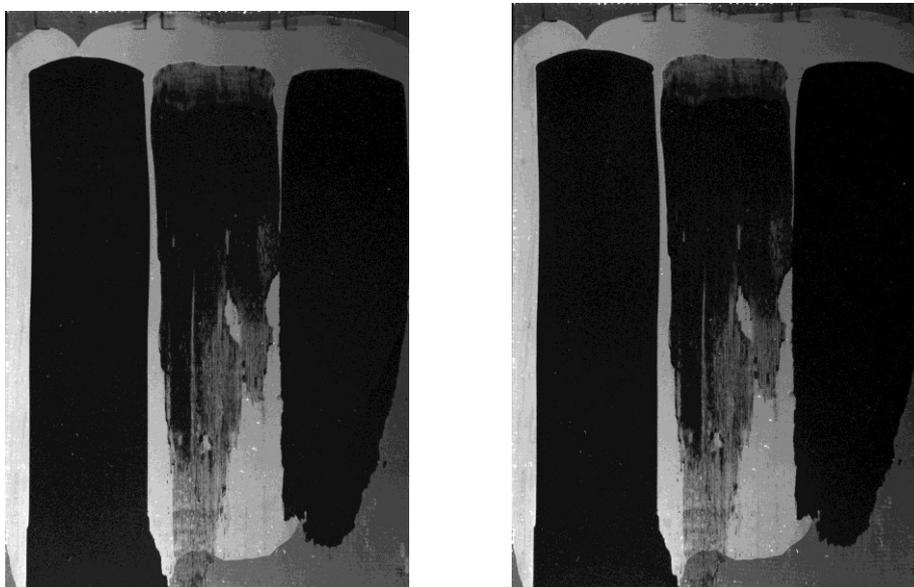
Δάμαρη πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση



Εικόνα 56

Εικ. 56 Δείγμα 1^ο Φθορισμός MUSES - Δάμαρη DAM1-FL6
Πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τη γήρανση

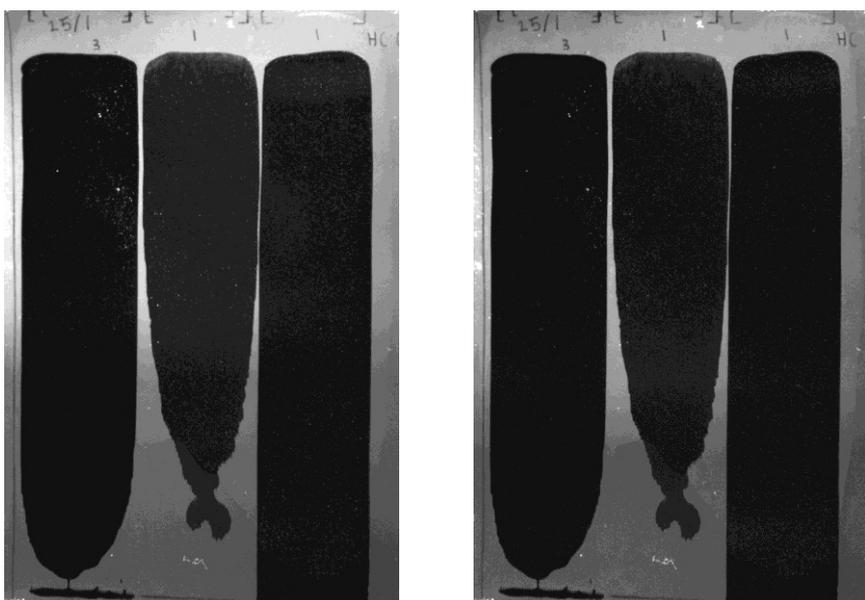
Σανδαράχη πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση



Εικόνα 57

Εικ. 57 Δείγμα 1^ο Φθορισμός MUSES – Sandarac – San1-FL6 Πριν
(αριστερά) και μετά (δεξιά) την γήρανση

Paraloid B72 πριν από τη γήρανση και μετά τη γήρανση



Εικόνα 58

Εικ. 58 Δείγμα 1^ο Φθορισμός MUSES – Paraloid B72- ParB72- FL6 Πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την γήρανση

Ορατό Φως

Σανδαράχη πριν από τη γήρανση



Εικόνα 59

Εικ. 59 Δείγμα 1^ο Ορατό Φως Σανδαράχη SAN1-VIS1 Πριν τη γήρανση

Μαστίχα πριν από τη γήρανση



Εικόνα 60

Εικ. 60 Δείγμα 1^ο Ορατό Φως Μαστίχα SAN2-VIS1 Πριν την γήρανση

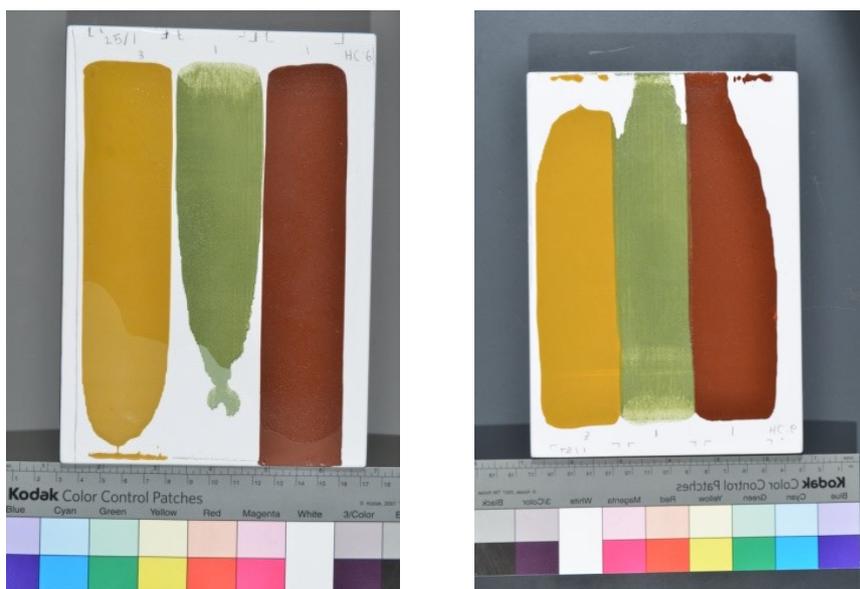
Δάμαρη πριν από τη γήρανση



Εικόνα 61

Εικ. 61 Δείγμα 1^ο Ορατό Φως - Δάμαρη DAM1-VIS1 Πριν την γήρανση

Paraloid B72 πριν από τη γήρανση

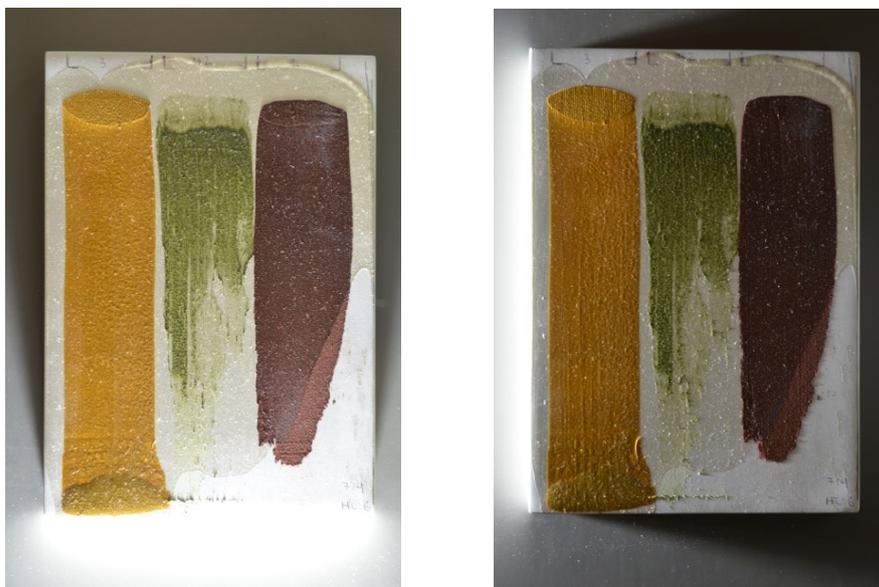


Εικόνα 62

Εικ. 62 Δείγμα 1^ο Ορατό Φως - Paraloid B72-VIS3 Πριν την γήρανση

Εφαπτόμενος φωτισμός

Σανδαράχη πριν από τη γήρανση



Εικόνα 63

Εικ. 63 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος - Σανδαράχη SAN1-RAK1



Εικόνα 64

Εικ. 64 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Σανδαράχη SAN1-RAK1

Σανδαράχη μετά τη γήρανση



Εικόνα 65

Εικ. 65 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Σανδαράχη SAN1-RAK1



Εικόνα 66

Εικ. 66 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος-Σανδαράχη SAN1-RAK1

Μαστίχα πριν από τη γήρανση



Εικόνα 67

Εικ. 67 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Μαστίχα MAS1-RAK1



Εικόνα 68

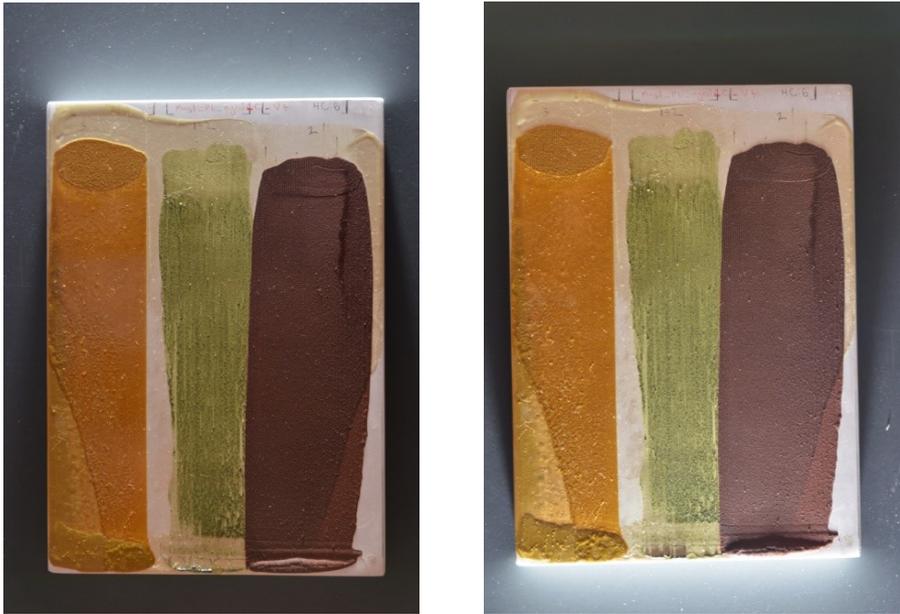
Εικ. 68 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Μαστίχα MAS1-RAK1

Μαστίχα μετά τη γήρανση



Εικόνα 69

Εικ. 69 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Μαστίχα MAS2-RAK1



Εικόνα 70

Εικ. 70 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Μαστίχα MAS1-RAK1

Δάμαρη πριν από τη γήρανση



Εικόνα 71

Εικ. 71 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Δάμαρη DAM1-RAK1



Εικόνα 72

Εικ. 72 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Δάμαρη DAM1-RAK1

Δάμαρη μετά τη γήρανση



Εικόνα 73

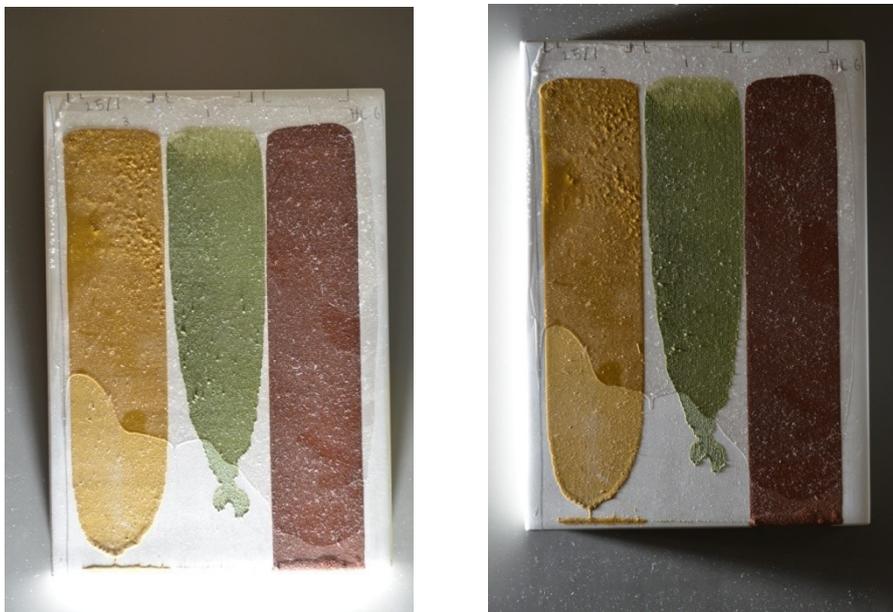
Εικ. 73 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Δάμαρη DAM1-RAK20



Εικόνα 74

Εικ. 74 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Δάμαρη DAM1-RAK20

Paraloid B72 πριν από τη γήρανση



Εικόνα 75

Εικ. 75 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Paraloid B72 ParaB72(1)



Εικόνα 76

Εικ. 76 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Paraloid B72 Para B72(1)

Paraloid B72 μετά τη γήρανση



Εικόνα 77

Εικ. 77 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος – Paraloid B72 Para B72(1)



Εικόνα 78

Εικ. 78 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος –Paraloid B72 Para B72(1)

Χωρίς βερνίκι (Reference)



Εικόνα 79

Εικ. 79 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος -REF-RAK1 και REF-RAK10



Εικόνα 80

Εικ. 80 Δείγμα 1^ο Εφαπτόμενος REF-RAK20 και REF-RAK26

4.2 Στιλπνομέτρηση

Όσον αφορά την στιλπνομέτρηση την υψηλότερη μέτρηση πήραμε από το βερνίκι της δάμαρης στο σημείο που προστάτευε την κίτρινη χρωστική (*D1_PL_aged_C_V+y*) με την συγκεκριμένη να μην παραμένει η υψηλότερη μετά την θερμική γήρανση καθώς η το βερνίκι της μαστίχας, ιδιαίτερα στο σημείο που προστάτευε την κίτρινη χρωστική (*Mas1_PL_aged_C_V+y*) και έδωσε υψηλή μέτρηση και πριν την γήρανση, έδειξε να μην επηρεάζεται ιδιαίτερα από την διαδικασία δίνοντας τις υψηλότερες μετρήσεις μετά το πέρας αυτής. Στον αντίποδα η χαμηλότερη μέτρηση στιλπνότητας, πριν την γήρανση, παρατηρήθηκε να είναι στο βερνίκι της μαστίχας που προστάτευε την χρωστική του αιματίτη (*Mas1_PL_aged_C_V+r*), χωρίς όμως αυτό να παραμείνει σταθερό μετά το πέρας της γήρανσης καθώς η αύξηση της μετά την διαδικασία ήταν εντυπωσιακή. Η χαμηλότερη μέτρηση στιλπνότητας μετά την θερμική γήρανση αποδόθηκε στο βερνίκι του Paraloid B72 στο σημείο που προστάτευε τον αιματίτη (*ParaB72_PL_aged_C_V+r*).

Μετρήσεις φωτεινότητας της επιφάνειας έγιναν σε όλα τα δείγματα με βάση το ISO 2813 (1994). Γενικά μιλώντας η 20° γωνία χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την σπιλπνότητα μιας επιφάνειας ματ υποστρώματος, η γωνία 60° χρησιμοποιείται για υποστρώματα είτε ματ είτε γυαλιστερά και τέλος η γωνία των 85° χρησιμοποιείται για επιφάνειες πολύ γυαλιστερές (Sonmez 1989, όπως αναφέρεται στο Dermici et al. 2013).

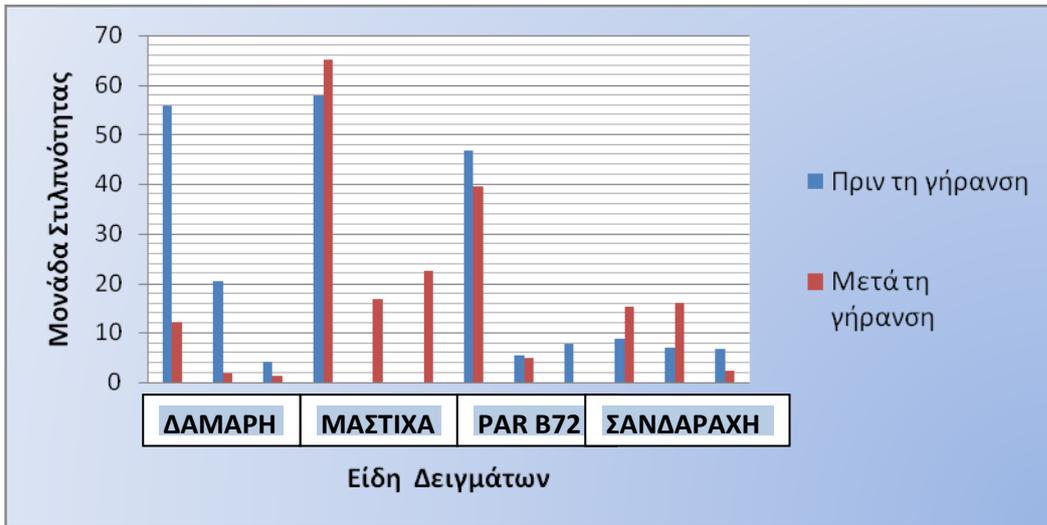
Παρατίθενται δώδεκα (12) μετρήσεις των τεσσάρων διαφορετικών βερνικιών που χρησιμοποιήθηκαν, πάνω στις τρεις διαφορετικές χρωστικές ανά δοκίμιο πριν και μετά τη γήρανση. Πρόκειται για δάμαρη σε ιταλική χρυσή ώχρα, πράσινη γη Κύπρου και αιματίτη (1-3), μαστίχα σε ιταλική χρυσή ώχρα, πράσινη γη Κύπρου και αιματίτη (4-6), Paraloid B72 σε ιταλική χρυσή ώχρα, πράσινη γη Κύπρου και αιματίτη (7-9), και τέλος, σανδαράχη σε ιταλική χρυσή ώχρα, πράσινη γη Κύπρου και αιματίτη (10-12).

1. *D1_PL_aged_C_V+y*
2. *D1_PL_aged_C_V+g*
3. *D1_PL_aged_C_V+r*
4. *Mas1_PL_aged_C_V+y*
5. *Mas1_PL_aged_C_V+g*
6. *Mas1_PL_aged_C_V+r*
7. *ParaB721_PL_aged_C_V+y*
8. *ParaB721_PL_aged_C_V+g*
9. *ParaB72_PL_aged_C_V+r*
10. *San1_PL_aged_C_V+y*
11. *San1_PL_aged_C_V+g*
12. *San1_PL_aged_C_V+r*

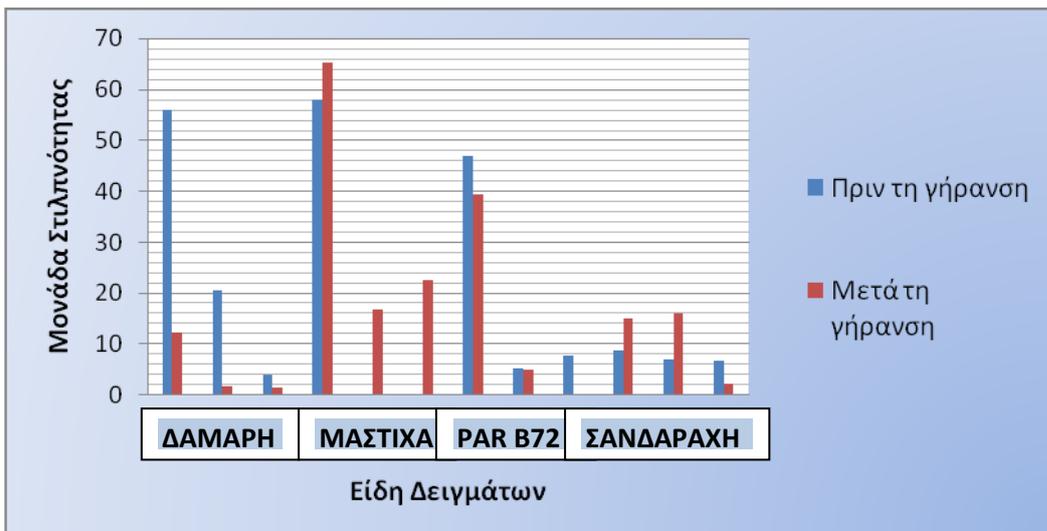
Παρακάτω παρουσιάζονται 3 πίνακες που αφορούν τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων πριν και μετά τη γήρανση. Πρόκειται για πίνακα με

τους μέσους όρους των μετρήσεων των 20°, των μέγιστων τιμών και των ελάχιστων τιμών.

Σύγκριση Μέσων Όρων 20°



Σύγκριση Μέγιστων Τιμών 20°

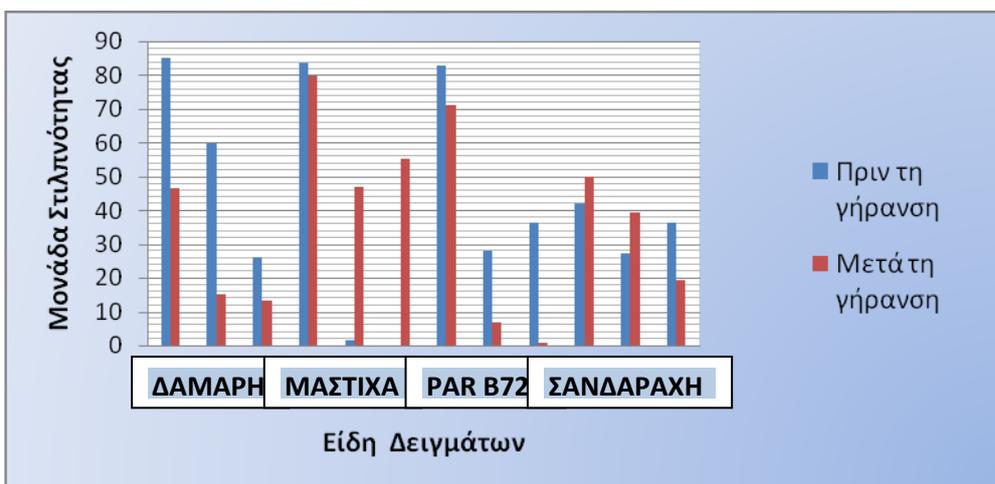


Σύγκριση Ελάχιστων Τιμών 20°

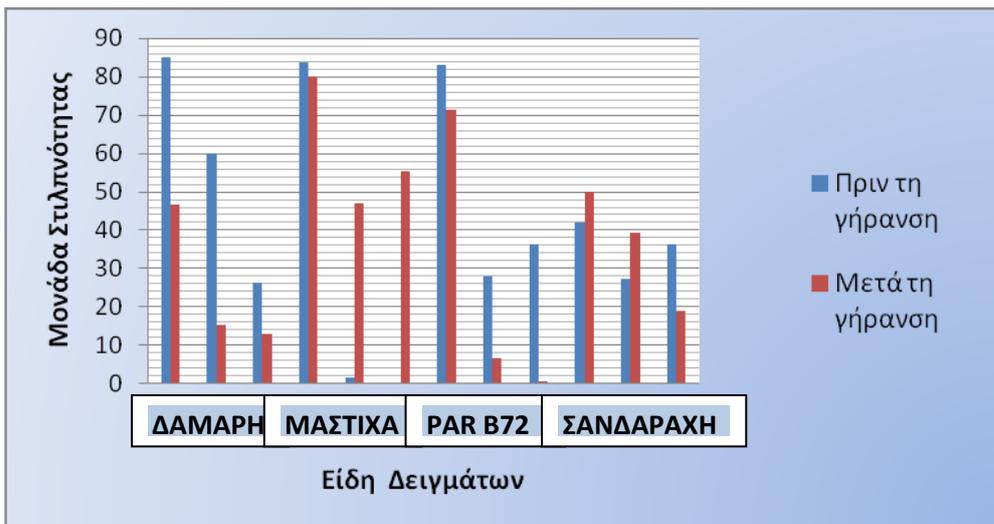


Παρακάτω παρουσιάζονται 3 πίνακες που αφορούν τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων πριν και μετά τη γήρανση. Πρόκειται για πίνακα με τους μέσους όρους των μετρήσεων των 60°, των μέγιστων τιμών και των ελάχιστων τιμών.

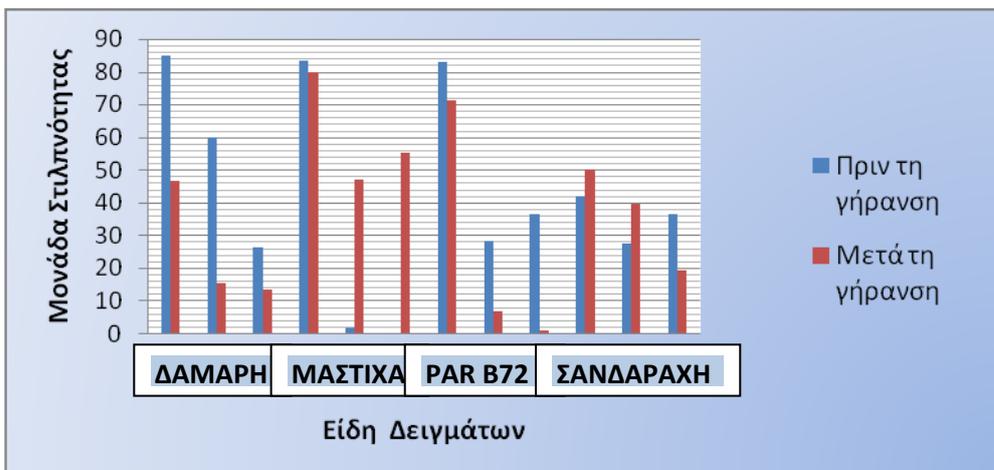
Σύγκριση Μέσων Όρων 60°



Σύγκριση Μέγιστων Τιμών 60°

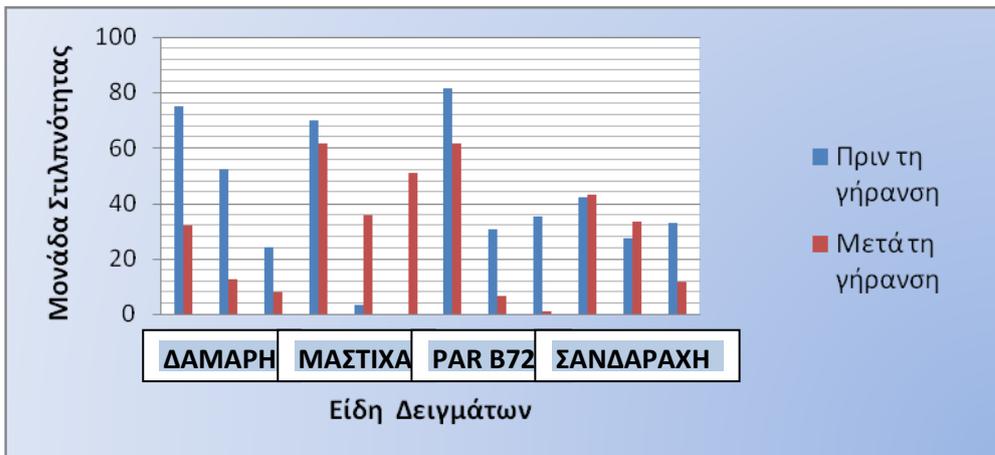


Σύγκριση Ελάχιστων Τιμών 60°

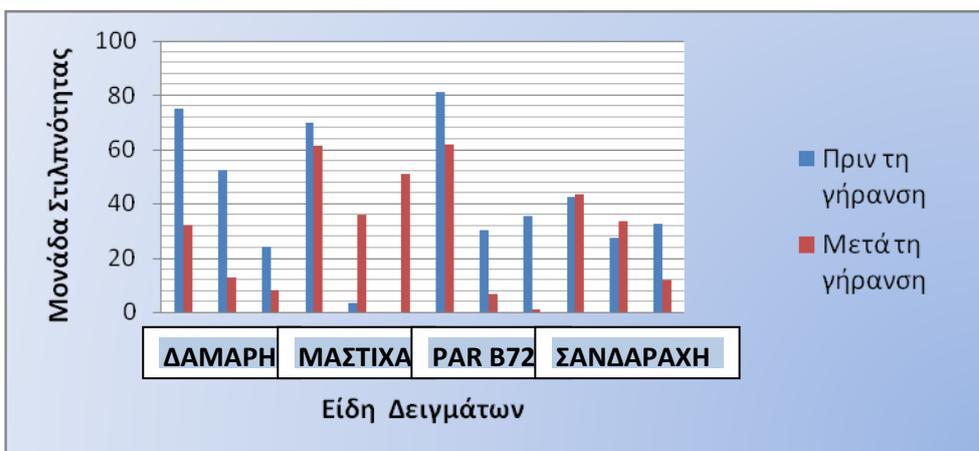


Παρακάτω παρουσιάζονται 3 πίνακες που αφορούν τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων πριν και μετά τη γήρανση. Πρόκειται για πίνακα με τους μέσους όρους των μετρήσεων των 85°, των μέγιστων τιμών και των ελάχιστων τιμών.

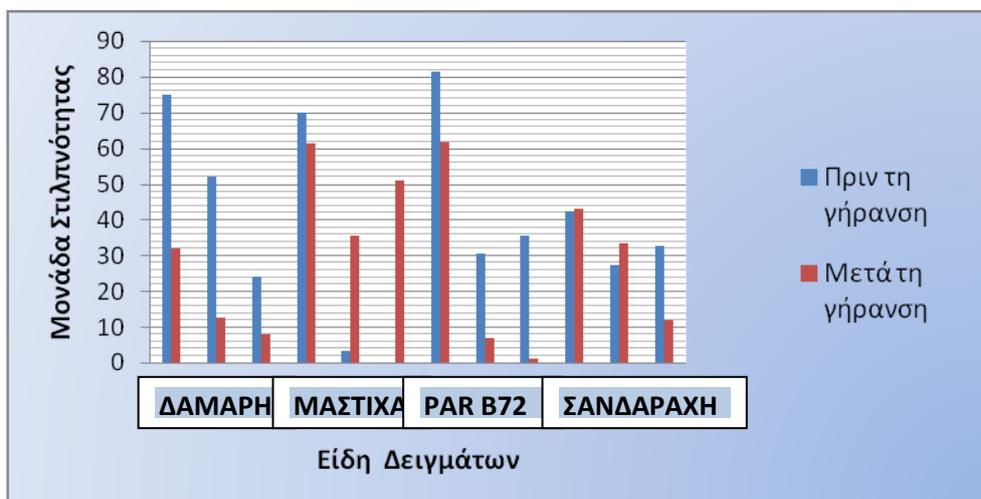
Σύγκριση Μέσων Όρων 85°



Σύγκριση Μέγιστων Τιμών 85°



Σύγκριση Ελάχιστων Τιμών 85°



Διαφορές Τιμών Στιλιπνομέτρησης Μέσου Όρου

Όνομασία Βερνικιών	Μέσοι Όροι Γωνιών		
	20°	60°	85°
D1_PL_aged_C_V+y	43,5	38,3	43,1
D1_PL_aged_C_V+g	18,4	44,7	39,4
D1_PL_aged_C_V+r	2,6	13,0	16,0
Mas1_PL_aged_C_V+y	-7,2	3,6	8,6
Mas1_PL_aged_C_V+g	-16,5	-45,3	-32,4
Mas1_PL_aged_C_V+r	-22,4	-54,6	-50,0
ParaB721_PL_aged_C_V+y	7,3	11,8	19,7
ParaB721_PL_aged_C_V+g	0,3	21,4	23,7
ParaB72_PL_aged_C_V+r	7,7	35,7	34,4
San1_PL_aged_C_V+y	-6,3	-8,1	-0,9
San1_PL_aged_C_V+g	-9,3	-12,3	-6,0
San1 PL_aged C_V+r	4,4	17,3	21,0

Πίνακας 4.1 Διαφορές τιμών στιλιπνομέτρησης μέσου όρου 20° – 60° – 85°

4.3 Χρωματομετρία

	Μη γερασμένα- Γερασμένα 288 ώρες			Μη γερασμένα- Γερασμένα 336 ώρες		
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
D1_PL_aged_C_V+y	-0,74	-1,62	-5,37	-0,26	1,77	-0,53
D1_PL_aged_C_V+g	-6,85	-7,98	-4,23	-1,44	1,80	4,01
D1_PL_aged_C_V+r	1,06	0,62	-1,05	-0,65	0,36	-0,12
Mas1_PL_aged_C_V+y	2,39	1,37	-5,15	-0,55	4,24	2,92
Mas1_PL_aged_C_V+g	-1,91	-4,87	-5,93	-1,88	-1,10	-1,14
Mas1_PL_aged_C_V+r	-25,78	-26,13	10,48	12,57	-12,14	-13,82
ParaB721_PL_aged_C_V+y	3,00	1,52	-5,15	-0,25	4,55	2,44
ParaB721_PL_aged_C_V+g	1,05	1,62	-5,81	-1,52	-3,56	-4,07
ParaB72_PL_aged_C_V+r	-0,51	-0,53	-0,90	-0,73	0,74	-0,05
San1_PL_aged_C_V+y	-0,02	-0,40	-7,04	0,26	-0,03	1,40
San1_PL_aged_C_V+g	-4,41	-6,04	-3,83	-0,21	1,49	-3,89
San1_PL_aged_C_V+r	-19,30	0,79	5,26	-0,55	3,01	0,16

Στο σύστημα CIELAB, οι χρωματικές διαφορές συνδέονται με την οπτική μας αντίληψη και συμπεραίνονται με βάση την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

• Τύποι:

$$\Delta L^* = L^*_2 - L^*_1$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta B^{*2})}$$

$$\text{Όπου: } \Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$$

$$\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$$

όπου ΔL^* , Δa^* και Δb^* είναι οι μεταβολές των αντίστοιχων χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* και b^* μεταξύ δύο μετρήσεων.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας των συντεταγμένων $L^*a^*b^*$, όπως προκύπτει απ' τα διαγράμματα των χρωστικών στις 3 διαφορετικές φάσεις επεξεργασίας τους, δηλαδή όταν αυτά δεν είναι γερασμένα, όταν είναι γερασμένα 288 ώρες και 336 ώρες.

Βερνίκια	Μη γερασμένα		
	L^*	a^*	b^*
D1_PL_aged_C_V+y	56,83	10,83	42,63
D1_PL_aged_C_V+g	51,32	-8,04	22,80
D1_PL_aged_C_V+r	33,90	14,76	11,69
Mas1_PL_aged_C_V+y	56,11	11,03	41,61
Mas1_PL_aged_C_V+g	54,96	-7,41	27,95
Mas1_PL_aged_C_V+r	34,20	14,86	11,74
ParaB721_PL_aged_C_V+y	59,68	15,75	47,80
ParaB721_PL_aged_C_V+g	66,34	-7,96	28,15
ParaB72_PL_aged_C_V+r	29,70	12,64	10,54
San1_PL_aged_C_V+y	61,40	14,86	48,64
San1_PL_aged_C_V+g	70,37	-6,29	19,84
San1_PL_aged_C_V+r	32,26	10,65	7,13

Πίνακας 4.2 Συντεταγμένες χρώματος $L^*a^*b^*$ χρωστικών μη γερασμένων

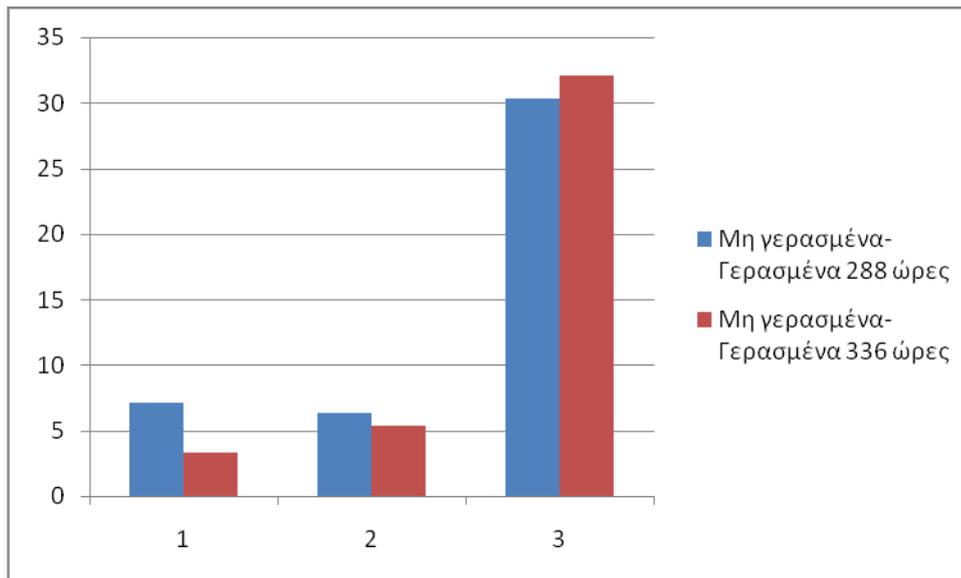
Βερνίκια	Γερασμένα 288 ώρες		
	L^*	a^*	b^*
D1_PL_aged_C_V+y	57,56	16,20	40,87
D1_PL_aged_C_V+g	58,18	-3,81	20,99
D1_PL_aged_C_V+r	32,84	15,82	11,33
Mas1_PL_aged_C_V+y	53,72	16,19	37,37
Mas1_PL_aged_C_V+g	56,86	-1,48	29,05
Mas1_PL_aged_C_V+r	59,98	4,38	23,88
ParaB721_PL_aged_C_V+y	56,68	20,90	43,26
ParaB721_PL_aged_C_V+g	65,29	-2,14	31,70

ParaB72_PL_aged_C_V+r	30,20	13,54	9,80
San1_PL_aged_C_V+y	61,42	21,90	48,66
San1_PL_aged_C_V+g	74,78	-2,46	18,35
San1_PL_aged_C_V+r	51,57	5,39	4,13

Πίνακας 4.3 Συντεταγμένες χρώματος L*a*b* χρωστικών γερασμένων για 288 ώρες

Βερνίκια	Γερασμένα 336 ώρες		
	L*	a*	b*
D1_PL_aged_C_V+y	58,45	11,09	43,17
D1_PL_aged_C_V+g	59,31	-6,60	18,79
D1_PL_aged_C_V+r	33,28	15,42	11,81
Mas1_PL_aged_C_V+y	54,74	11,58	38,69
Mas1_PL_aged_C_V+g	59,83	-5,53	29,09
Mas1_PL_aged_C_V+r	60,33	2,30	25,56
ParaB721_PL_aged_C_V+y	58,16	16,00	45,37
ParaB721_PL_aged_C_V+g	64,73	-6,44	32,22
ParaB72_PL_aged_C_V+r	30,22	13,36	10,60
San1_PL_aged_C_V+y	61,80	14,60	47,24
San1_PL_aged_C_V+g	76,41	-6,08	23,73
San1_PL_aged_C_V+r	31,47	11,19	6,97

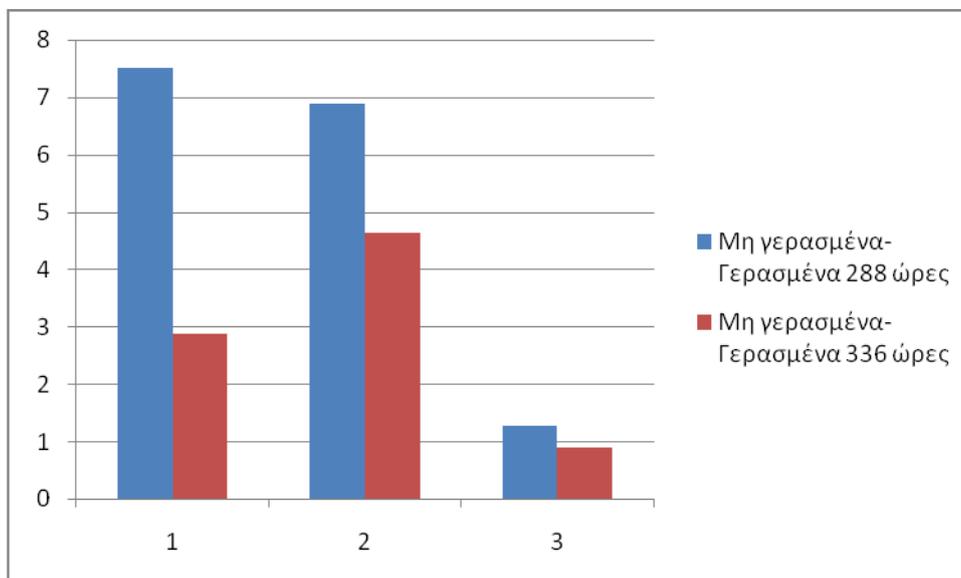
Πίνακας 4.4 Συντεταγμένες χρώματος L*a*b* χρωστικών γερασμένων για 336 ώρες



Διάγραμμα 4.1 1.D1_PL_aged_C_V+y

2. D1_PL_aD1_PL_aged_C_V+g

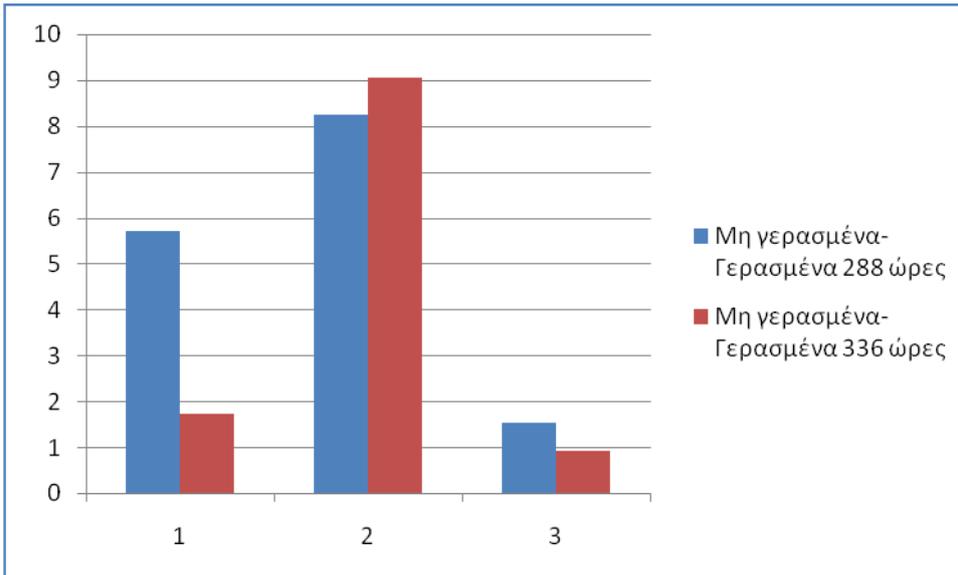
3. D1_PL_aged_C_V+r



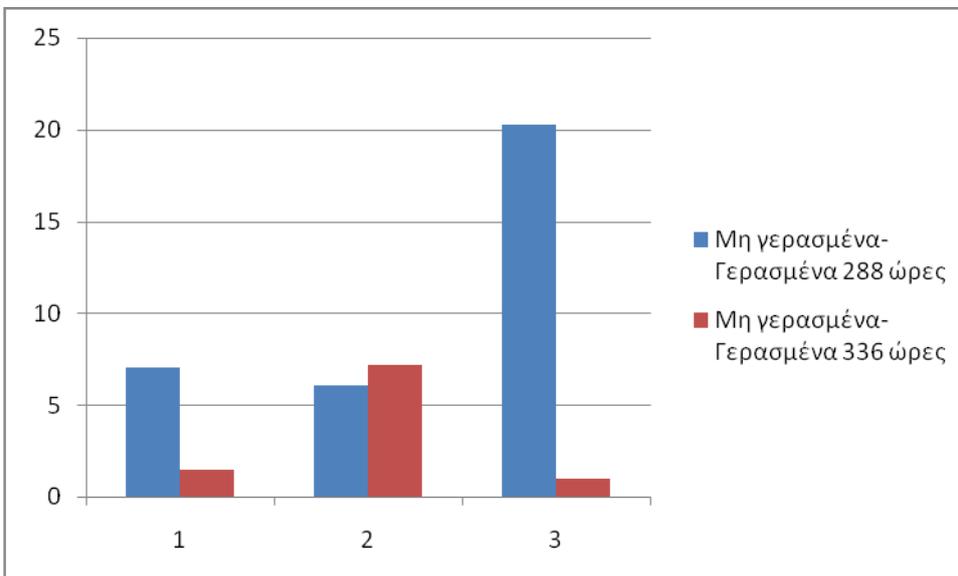
Διάγραμμα 4.2 1. Mas1_PL_aged_C_V+y

2. Mas1_PL_aged_C_V+g

3. Mas1_PL_aged_C_V+r



Διάγραμμα 4.3 1. Para B721_PL_aged_C_V+y
 2. Para B721_PL_aged_C_V+g
 3. Para B72_PL_aged_C_V+r



Διάγραμμα 4.4 1.San1_PL_aged_C_V+y
 2. San1_PL_aged_C_V+g
 3. San1_PL_aged_C_V+r

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί παρακάτω, τόσο στα διαγράμματα και τους πίνακες της σπιλπνομέτρησης όσο και σε αυτά της χρωματομετρίας, οι αρχικές χρωματικές παράμετροι όλων των εξεταζόμενων δειγμάτων παρουσίασαν μεταβολές των τιμών τους. Το δείγμα το οποίο προστατεύτηκε με βερνίκι Paraloid B72 και πιο συγκεκριμένα το σημείο με την κίτρινη χρωστική κάτω από το προστατευτικό φιλμ (*ParaB721_PL_aged_C_V+y*), συναρτήσε το υψηλότερο a^* ($a^*= 15.75, 20.90, 16$) από την αρχή μέχρι το τέλος του πειράματος, αποτέλεσε το πιο κόκκινο από όλα τα δείγματα. Αντίθετα το δοκίμιο που καλύφτηκε με βερνίκι δάμαρης και πιο συγκεκριμένα το κομμάτι με την πράσινη χρωστική (*D1_PL_aged_C_V+g*) είναι αυτό με το χαμηλότερο κόκκινο περιεχόμενο βάση της χαμηλότερης τιμής a^* ($a^*= -8.04, -3.81, -6.60$). Όσον αφορά το περιεχόμενο του κίτρινου, με βάση τις τιμές b^* , τόσο οι χαμηλότερες όσο και οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην χρωστική της σανδαράχης με το σημείο της κίτρινης χρωστικής (*San1_PL_aged_C_V+y*) να έχει την υψηλότερη τιμή ($b^*= 48.64, 48.66, 47.24$) και το σημείο της χρωστικής του αιματίτη (*San1_PL_aged_C_V+r*) να έχει την χαμηλότερη ($b^*= 7.13, 4, 13. 6.97$).

5^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα

Φωτογραφικές Απεικονίσεις

Τα βερνίκια της δάμαρης, της σανδαράχης και της μαστίχης τόσο με γυμνό οφθαλμό όσο και μέσω της διαδικασίας των φωτογραφίσεων, μετά τη γήρανση, δείχνουν σημάδια οξειδωσης. Η οξειδωση γίνεται αντιληπτή από το κιτρίνισμα περισσότερο της δάμαρης αλλά και της μαστίχας και της σανδαράχης, σε μικρότερο βαθμό. Το κιτρίνισμα του βερνικιού αποτελεί σχηματισμό ακόρεστων κετονών. Οι ακόρεστες καρβονυλικές ενώσεις ενισχύονται μετά τη γήρανση των βερνικιών, ιδιαίτερα μετά τη θερμική γήρανση.

Το Paraloid B72 δείχνει το λιγότερο επηρεασμένο από όλα τα βερνίκια, καθώς και με γυμνό μάτι αλλά και μέσω της διαδικασίας των φωτογραφίσεων η αλλαγή στην όψη του είναι πολύ μικρή, δίνοντας την εντύπωση ότι χωρίς τη διαδικασία των μετρήσεων θα μπορούσε να θεωρηθεί το βερνίκι με τη μεγαλύτερη αντοχή συγκριτικά με όλα τα βερνίκια που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα. Η τελική του εικόνα είναι αντιστρόφως ανάλογη με τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Στιλπνομέτρηση

Η μελέτη, κατά την ολοκλήρωσή της, αποκάλυψε μία ιδιαίτερη σχέση μεταξύ γερασμένων και μη γερασμένων βερνικιών κατά τη διαδικασία της στιλπνομέτρησης. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν μεγάλες διαφορές σε όλους τους μέσους όρους γωνιών αντανάκλασης (δηλαδή 20°, 60° και 85°) όσον αφορά το βερνίκι της δάμαρης πριν και μετά τη γήρανση. Ειδικότερα, η δάμαρη παρουσιάζει τις μεγαλύτερες διαφορές στις τιμές μέσου όρου στιλπνομέτρησης συγκριτικά με όλα τα υπόλοιπα βερνίκια του πειράματος, όπως αναλύεται και στον παρακάτω πίνακα. Πριν από τη γήρανσή της η δάμαρη έχει υψηλές τιμές στιλπνότητας, ενώ μετά τη γήρανσή παρουσιάζει μεγάλη μείωση σε αυτές. Έτσι, διακρίνονται υψηλές διαφορές τιμών ανάμεσα στις δύο φάσεις γήρανσης. Παρατηρώντας τις τιμές του πίνακα, βλέπουμε πως η μαστίχα και με τις 3 χρωστικές εμφανίζει τις μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές. Δηλαδή, μετά τη γήρανση της μαστίχας, οι τιμές μέσου όρου

της στιλπνότητας έχουν αυξηθεί πολύ, σε αντίθεση με τη συμπεριφορά των υπόλοιπων βερνικιών. Το Paraloid B72, αν και τόσο με γυμνό μάτι όσο και μέσω της διαδικασίας της φωτογράφισης δείχνει να είναι το λιγότερο επηρεασμένο από τη γήρανση, σύμφωνα με τη στιλπνομέτρηση είναι το δεύτερο περισσότερο επηρεασμένο μετά τη δάμαρη. Η σανδαράχη η οποία οπτικά δείχνει να έχει οξειδωθεί, στη μέθοδο της στιλπνομέτρησης έχει και αυτή αρκετές αρνητικές διαφορές, γεγονός που μας κάνει να συμπεράνουμε ότι, όπως και η μαστίχα, σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό, μέσω της γήρανσης (στο επίπεδο που φτάσαμε) γίνεται και αυτή πιο ανθεκτική.

Εν κατακλείδι, οι μεγαλύτερες μεταβολές μετά την διαδικασία της γήρανσης παρατηρήθηκαν στην ρητίνη της δάμαρης και της μαστίχας. Η δάμαρη είναι η ρητίνη της οποίας η στιλπνότητα μειώνεται μέσω της θερμικής γήρανσης ενώ στον αντίποδα η μαστίχα είναι η ρητίνη της οποίας η στιλπνότητα δείχνει να αυξάνεται μετά το πέρας της διαδικασίας.

Χρωματομετρία

Το γεγονός ότι στους 60°C που πραγματοποιήθηκε το πείραμα παρατηρήθηκαν μεταβολές του δείκτη L σε όλες τις περιπτώσεις των δειγμάτων που μελετήθηκαν αποδεικνύει ότι χημικές αλλαγές μπορούν να πραγματοποιηθούν σε θερμοκρασίες κάτω των 100 °C. Οι δύο μεγαλύτερες μεταβολές, αυξητικής τάσης παρουσιάστηκαν στα βερνίκια της μαστίχας και της σανδαράχης στις περιοχές όπου κάτω από το προστατευτικό φιλμ βρίσκεται η χρωστική του αιματίτη. Παρατηρήθηκαν επίσης μεταβολές στο a^* και στο b^* είτε με τις τιμές να ανεβαίνουν είτε να μειώνονται. Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρήθηκε πτώση των τιμών στις 288 ώρες γήρανσης και εν συνεχεία άνοδος μετά τις 336 ώρες θερμικής γήρανσης ή και το αντίθετο. Γενικά στους δείκτες a^* και b^* παρατηρήθηκε μια ασυνέπεια με κάποιες από τις τιμές να μειώνονται στις 288 ώρες και να αυξάνονται στις 336 ώρες γήρανσης ή και το αντίθετο, αλλά και κάποιες άλλες που είτε αυξήθηκαν είτε μειώθηκαν μετά το πέρας της θερμικής γήρανσης των 288 ωρών και συνέχισαν το ίδιο μετά την ολοκλήρωση των 336 ωρών θερμικής γήρανσης.

Στο βερνίκι της δάμαρης το πείραμα της θερμικής γήρανσης έδειξε αξιοσημείωτη μεταβολή του χρώματος του πολυμερούς, το οποίο γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό τόσο με γυμνό μάτι αλλά και μέσω της φωτογράφησης με λάμπα φθορισμού, αλλά και μέσω της μεθόδου της χρωματομετρίας. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις τιμές b^* τόσο στο κομμάτι της χρυσής ώχρας (από 4,24 έως 3,95 που αντιστοιχεί σε αλλαγή χρώματος όπου $\Delta E = -3,82$), στο κομμάτι της πράσινης γης Κύπρου (από 1,1 έως 2,75 η οποία αντιστοιχεί σε αλλαγή χρώματος όπου $\Delta E = -0,98$) και στην περιοχή του αιματίτη (από 12,135 έως 14,87 η οποία αντιστοιχεί σε αλλαγή του χρώματος $\Delta E = 1,754$).

Όσον αφορά το βερνίκι της μαστίχας η μεταβολή του χρώματος είναι και σε αυτό ορατή τόσο με γυμνό οφθαλμό όσο και μέσω των μεταβολών που καταγράφηκαν στις τιμές b^* . Στο σημείο της χρυσής ώχρας (4,549 έως 3,67 που αντιστοιχεί σε μεταβολή του χρώματος $\Delta E = -4,617$), της πράσινης γης Κύπρου (3,556 έως 4,646 όπου συνεπάγεται με μεταβολή του χρώματος $\Delta E = -2,258$) και στο κομμάτι του αιματίτη (0, 738 έως 1,128 η οποία αντιστοιχεί σε αλλαγή του χρώματος $\Delta E = -0,374$).

Στην συνέχεια το Paraloid B72 το οποίο χαρακτηρίζεται για την χημική του σταθερότητα, ενισχύοντας την συγκεκριμένη άποψη, με την μεταβολή του χρώματός του να μην γίνεται αντιληπτή δια γυμνού οφθαλμού παρά μόνο μέσω της μεθόδου της χρωματομετρίας. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στην τιμή b^* στο κομμάτι της χρυσής ώχρας (από 1,765 έως 2,445 που αντιστοιχεί σε αλλαγή του χρώματος $\Delta E = -3,97$) αλλά και μικρότερες μεταβολές τόσο στο κομμάτι της πράσινης γης Κύπρου (από 1,803 έως 4,932 που αντιστοιχεί σε μεταβολή του χρώματος $\Delta E = 0,796$) όσο και του κομματιού της χρωστικής του αιματίτη (από 0,359 έως 1,2455 που αντιστοιχεί σε μεταβολή του χρώματος $\Delta E = -0,62$).

Όσον αφορά το βερνίκι της σανδαράχης είναι αυτό με τις μεγαλύτερες μεταβολές στις τιμές b^* χωρίς όμως αυτές να συνάδουν με την τελικό αποτέλεσμα της εικόνας που έδωσε το συγκεκριμένο βερνίκι μετά το τέλος της διαδικασίας της θερμικής γήρανσης. Στο κομμάτι της χρυσής ώχρας η μεταβολή της τιμής b^* ήταν (από 0,026 σε 2,998 που ισοδυναμεί με μεταβολή του χρώματος $\Delta E = -5,572$), στο κομμάτι της πράσινης γης Κύπρου (από 1,494 σε 4,597 που αντιστοιχεί σε μεταβολή του $\Delta E = 1,159$) και στην περιοχή του αιματίτη (από 3,005 σε 4,500 που

αντιστοιχεί σε μεταβολή του $\Delta E = -19,26$), μετρήσεις που αξιολογούνται ως μεγάλες μεταβολές στην περιοχή της κίτρινης χροιάς του χρώματος που γίνονται αντιληπτές με γυμνό οφθαλμό.

. Με βάση τις μεταβολές των μετρήσεων της χρωματομετρίας πριν και μετά την θερμική γήρανση που υποβλήθηκαν τα δείγματα , οι ρητίνες οι οποίες γίνεται αντιληπτό, και δια γυμνού οφθαλμού, ότι κιτρινίζουν είναι η δάμαρη και η μαστίχα. Η ρητίνη της σανδαράχης υπέστη μικρή μεταβολή που συνεπάγεται με ελαφρύ κιτρίνισμα ενώ η συνθετική ρητίνη που χρησιμοποιήσαμε, το Paraloid B72, δεν είχε καμία αλλαγή χρώματος.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- *Armenini, G.B. 1977 [first published 1586]. On the true precepts of the art of painting. E.J. Olszewski, transl. and ed. New York: Burt Franklin & Co., Inc.*
- *Carlyle, L.A. 1990. British nineteenth-century oil painting instruction books: A survey of their recommendations for vehicles, varnishes and methods of paint application. In Cleaning, retouching and coatings: Technology and practice for easel paintings and polychrome sculpture. Preprints of the contributions to the Brussels Congress, 3–7 September 1990. London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works: 76–80.*
- *Carlyle, L.A. 1991. A Critical analysis of artists' handbooks, manuals and treatises on oil painting published in Britain between 1800–1900: With reference to selected eighteenth century sources. Ph.D. dissertation, Courtauld Institute of Art, University of London. 2 vol.*
- *Carlyle, L.A. 1994. Reproducing traditional varnishes: Problems in representing authentic surfaces for oil paintings. Talk given at the colloquium Varnishes: authenticity and permanence. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 19–20 September 1994.*
- *Church, A.H. 1890. The Chemistry of paints and painting. London: Seeley and Co. Limited.*
- *Dermici Z. 2013. Thermal aging and varnishes, BioResources 8(2), 1852-1867, February 2013.*
- *Doerner, M. 1949 [originally published in German, 1922, first American translation, 1934]. The Materials of the artist and their use in painting with notes on the techniques of the old masters. Revised ed. E. Neuhaus, transl. New York: Harcourt, Brace and Company.*
- *Feller, R.L. 1966. First description of dammar picture varnish translated. Bulletin of the American Group: International Institute for the Conservation of Historic and Artistic Works 7(1):8, 20.*
- *Mayer, R. 1970. The Artist's handbook of materials and techniques. 3d ed. New York: Viking Press.*
- *Merrifield, M.P. 1967 [republication of 1849 ed.] Original treatises on the arts of painting. New York: Dover Publications.*

- Mills, J.S. and R. White. 1977. *Natural resins of art and archaeology. Their sources, chemistry, and identification. Studies in conservation* 22(1):12–31.
- Mills, J.S. and R. White. 1987. *The Organic chemistry of museum objects. Sevenoaks: Butterworths.*
- Sully, T. 1965 [originally published 1873]. *Hints to young painters. New York: Reinhold Publishing Corporation.*
- <https://wtd.up.poznan.pl/en/blog/the-impact-of-sanding-and-thermal-compression-of-wood-varnish-type-and-artificial-aging-in>
- <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/effect-of-thermal-ageing-on-the-gloss-and-the-adhesion-strength-of-the-wood-varnish-layers/>

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αλεξοπούλου- Αγορανού, Α., Θεοδωροπούλου, Ο., and Τσαίρης, Γ., (1997). *Μελέτη των υλικών και της τεχνικής κατασκευής της μεταβυζαντινής εικόνας «Δείπνος ο Μυστικός» του Μιχαήλ Δαμασκηνού. 1st ed. [ebook] Available at: <<http://www.deltionchae.org>> [Accessed 17 September 2021].*
- Δημητριάδης Σ. 2018. *Μελέτη των παραμέτρων χρώματος, χρωστικών έργων τέχνης, μέσω φασματοφωτομετρίας ορατού-υπεριώδους, Θεσσαλονίκη*
- Κελεγκούρη Α. 2015. *Study of the aging of various paint varnishes using nonlinear imaging microscopy techniques*
Μη γραμμικές απεικονιστικές τεχνικές για τη μελέτη γήρανσης ποικίλων προστατευτικών στρωμάτων έργων τέχνης, Θεσσαλονίκη
- Κουτσουρή Α. 2007, "Θεωρία και Τεχνική στην Επτανησιακή ζωγραφική του 18ου αιώνα", 3ο Συνέδριο Ιστορίας της Τέχνης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2-4 Νοεμβρίου 2007
- Ντούτση Ι. 2013. *Μη καταστρεπτικός προσδιορισμός και ταυτοποίηση των πιγμέντων σε ιστορικές τοιχογραφίες με την χρήση φασματοσκοπικών μεθόδων, Αθήνα*
- Τσίρου Ε., Κυριακή Σ. 2022 *Ανασκόπηση και επικαιροποίηση των μεθόδων φωτογράφισης έργων τέχνης και αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς, Αθήνα*
- Φαρμακαλίδου Ε. Β., 2016 *Φυσικοχημικές αλλοιώσεις ακρυλικών πολυμερών και προσθέτων κατά την χρήση τους ως στερεωτικών υλικών στην συντήρηση των ζωγραφικών έργων τέχνης, Αθήνα*

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

- <http://www.artgraphica.net/free-art-lessons/miscellaneous/make-your-own-damar-varnish.html>
- <https://civiconcepts.com/blog/what-is-varnish-types-of-varnish>
- https://www.conservationwiki.com/wiki/Varnishes_and_Surface_Coatings:_Traditional_Artists%27_Varnishes
- (<https://agiografies-athina.webnode.gr/techniki/the-egg-tempera/>).
- <https://realismtoday.com/art-studio-lighting-basics/>
- <https://chsopensource.org/raking-light-photography-rak/>
- https://www.researchgate.net/publication/271936298_Aquazol_as_a_consolidant_for_matte_paint_on_Vietnamese_paintings/figures?lo=1
- <https://chsopensource.org/raking-light-photography-rak/>
- https://www.ecclesia.gr/greek/news/byzantino/byz_stadia.html
- <http://www.cm2project.gr/index.php/diagnwstika/>
- <https://wtd.up.poznan.pl/en/blog/the-impact-of-sanding-and-thermal-compression-of-wood-varnish-type-and-artificial-aging-in>
- <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/effect-of-thermal-ageing-on-the-gloss-and-the-adhesion-strength-of-the-wood-varnish-layers/>

Παράρτημα

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των γωνιών ανάκλασης (20°, 60° και 85°) πριν από τη γήρανση των δώδεκα δειγμάτων των τεσσάρων βερνικιών.

Όνομασία Βερνικιών	Max-Min Τιμών Γωνιών Ανάκλασης 20°-60°- 85°					
	20° Max	20° Min	60° Max	60° Min	85° Max	85° Min
D1_PL_aged_C_V+y	55,9	55,7	84,9	84,9	75,2	75,1
D1_PL_aged_C_V+g	20,5	20,1	59,9	59,9	52,2	51,9
D1_PL_aged_C_V+r	4,1	4,1	26,3	26,2	24	24
Mas1_PL_aged_C_V+y	58	57,9	83,5	83,5	70	70
Mas1_PL_aged_C_V+g	0.4	0.4	1,6	1,5	3,3	3,3
Mas1_PL_aged_C_V+r	0.1	0.1	0.6	0.6	0.8	0.8
ParaB721_PL_aged_C_V+y	46,8	46,8	83,1	83	81,3	81,3
ParaB721_PL_aged_C_V+g	5,3	5,3	28,1	28,1	30,4	30,4
ParaB721_PL_aged_C_V+r	7,8	7,8	36,4	36,4	35,4	35,4
San1_PL_aged_C_V+y	8,9	8,9	41,9	41,9	42,3	42,3
San1_PL_aged_C_V+g	6,9	6,9	27,2	27,2	27,4	27,3
San1_PL_aged_C_V+r	6,8	6,8	36,4	36,4	32,7	32,7

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των γωνιών ανάκλασης (20°, 60° και 85°) μετά τη γήρανση των δώδεκα δειγμάτων των τεσσάρων βερνικιών.

Όνομασία Βερνικιών	Max-Min Τιμών Γωνιών Ανάκλασης 20°-60°- 85°					
	20° Max	20° Min	60° Max	60° Min	85° Max	85° Min
D1_PL_aged_C_V+y	12,4	12,3	46,6	46,5	32,0	32,0
D1_PL_aged_C_V+g	1,9	1,9	15,2	15,2	12,7	12,7
D1_PL_aged_C_V+r	1,5	1,5	13,2	13,1	8,0	8,0
Mas1_PL_aged_C_V+y	65,2	65,1	79,9	79,9	61,4	61,4
Mas1_PL_aged_C_V+g	16,9	16,9	46,9	46,9	35,7	35,7
Mas1_PL_aged_C_V+r	22,5	22,5	55,2	55,2	50,8	50,8
ParaB721_PL_aged_C_V+y	39,5	39,5	71,2	71,2	61,6	61,6
ParaB721_PL_aged_C_V+g	5,0	5,0	6,7	6,7	6,7	6,7

ParaB72_PL_aged_C_V+r	0,1	0,1	0,7	0,7	1,0	1,0
San1_PL_aged_C_V+y	15,2	15,2	50,0	50,0	43,2	43,2
San1_PL_aged_C_V+g	16,2	16,2	39,5	39,5	33,4	33,4
San1_PL_aged_C_V+r	2,4	2,4	19,2	19,1	11,7	11,7

στο τετράγωνο	PARA11	PARA12	PARA13	DAM11	DAM12	DAM13	MAS11	MAS12	MAS13	SAN11	SAN12	SAN13
ΔL μη γερασμενα-288	0,540225	46,96361	1,125721	5,692996	3,632836	665,0209	9,018009	1,108809	0,257049	0,0004	19,43928	372,6444
ΔL μη γερασμενα-336	2,630884	63,72829	0,388129	1,879641	23,75588	683,0382	2,3104	2,608225	0,275625	0,157609	36,49368	0,622521
Δα μη-288	28,82616	17,88444	1,108809	26,55341	35,10563	109,8933	26,5328	33,8026	0,813604	49,58976	14,65358	27,64656
Δα μη-336	0,065536	2,0736	0,425104	0,3025	3,5344	157,9044	0,063001	2,316484	0,525625	0,065536	0,043681	0,298116
Δβ μη-288	3,115225	3,250809	0,128881	17,99456	1,21	147,2582	20,6934	12,64514	0,544644	0,000676	2,232036	9,030025
Δβ μη-336	0,283024	16,0801	0,014161	8,514724	1,290496	190,8542	5,934096	16,58933	0,002916	1,946025	15,10877	0,024964
ΔΕ												
ΔΕ μη γερασμενα-288	5,699264	8,252203	1,537339	7,088086	6,320479	30,36729	7,499614	6,896125	1,270943	7,042076	6,027014	20,23168
ΔΕ μη γερασμενα-336	1,726107	9,048867	0,909612	3,270606	5,346099	32,12159	2,882273	4,638323	0,896753	1,47281	7,186524	0,97242
ΔΕ μη-288	5,651671	4,597309	1,112515	6,674427	6,026245	16,03594	6,872132	6,815257	1,165439	7,042048	4,109212	6,05612
Δα μη-336	0,59039	4,260716	0,662771	2,969381	2,196565	18,67508	2,448897	4,348082	0,727008	1,418295	3,892615	0,568401
Δβ μη-288	1,765	1,803	0,359	4,242	1,1	12,135	4,549	3,556	0,738	0,026	1,494	3,005
Δβ μη-336	2,445872	4,932778	1,245592	3,950039	2,7588	14,87352	3,665203	4,846179	1,128654	2,998016	4,597367	4,500739

Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των ΔL και ΔΕ