ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ (ΙΙΙ) ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΖΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΦΙΛΜ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΜΟΝΤΕΡΝΑ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Διπλωματική Εργασία

Αντωνοπούλου Χριστίνα

Επιβλέπων Καθηγητής: Αστέριος Μπακόλας, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 2015

Στον παππού μου,

Πρόλογος- Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία σχετίζεται με τη συγκριτική μελέτη κάποιων εκ των μεθόδων καθαρισμού ζωγραφικών φιλμ που δημιουργήθηκαν με μοντέρνα και σύγχρονα συνδετικά υλικά. Η βάση των ζωγραφικών φιλμ ήταν το οξικό πολυβινύλιο (PVA_C).

Η διπλωματική εργασία αυτή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Erasmus, έτσι ολόκληρο το πειραματικό της σκέλος πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο «Università Ca' Foscari di Venezia» και συγκεκριμένα στο τμήμα «Scienze Ambientali, Informatica e Statistica» στο Εργαστήριο «Chimica del Restauro» σε συνεργασία βέβαια με τον τομέα «Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών» της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγητή Αστέριου Μπακόλα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Αστέριο Μπακόλα για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και ταυτοχρόνως να βιώσω την τόσο εξαιρετικά ενδιαφέρουσα εμπειρία των σπουδών στο εξωτερικό. Επιπλέον ευχαριστώ θερμά την καθηγήτρια Elisabetta Zendri για την πολύτιμη αρωγή του κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα τη μεταδιδακτορική ερευνήτρια Francesca Caterina Izzo για την τεράστια βοήθεια και την συνεχή καθοδήγηση. Τέλος θα ήθελα να αποδώσω ευχαριστίες και στη διδάκτορα Eleonora Balliana για την αμέριστη βοήθειά και την συνεχή στήριξη.

Αθήνα, 2015

Περίληψη

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η συντήρηση πινάκων ζωγραφικής αποτελεί ένα από τα βασικότερα κεφάλαια της σύγχρονης επιστήμης της συντήρησης και αποκατάστασης έργων τέχνης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την συγκριτική μελέτη αποτίμησης διαφορετικών μεθόδων καθαρισμού σε ζωγραφικά φιλμ που δημιουργήθηκαν με μοντέρνα και σύγχρονα συνδετικά υλικά. Πιο συγκεκριμένα τα προς εξέταση δείγματα ήταν τρεις ζωγραφικές επιφάνειες, όπου ο καμβάς από βιομηχανικό βαμβάκι καλύφθηκε με ακρυλικό στρώμα και στη συνέχεια με ζωγραφικό φιλμ με βάση το οξικό πολυβινύλιο (PVAc). Οι χρωστικές που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των τριών πινάκων ήταν η κίτρινη αζω-χρωστική (PY74), το πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17) και το λευκό του τιτανίου (PW6). Κατόπιν ακολουθήθηκε διαδικασία τεχνητού λερώματος των επιφανειών αυτών. Επιλεγμένες περιοχές των επικαθίσεων εξετάστηκαν με κάμερα UV και μικροκάμερας για τη μελέτη της μορφολογίας των επικαθίσεων, καθώς και με φασματοσκοπία υπερύθρου (μ-FT-IR) για την ταυτοποίηση των επικαθίσεων-ρύπων. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν διαφορετικές μέθοδοι καθαρισμού για την απομάκρυνση των επικαθίσεων. Η πρώτη μέθοδος καθαρισμού έγινε μέσω της χρήσης μιγμάτων διαλυτών από λιγροΐνη, ακετόνη και αιθανόλη. Η δεύτερη μέθοδος καθαρισμού πραγματοποιήθηκε διαμέσου άγαρ, πεκτινάσης και κόμμι ξανθάνης, με διαφορετικούς χρόνους εφαρμογής και η τρίτη μέθοδος έγινε διαμέσου ξηρού καθαρισμού. Σε κάθε μία από τις προαναφερθείσες ζωγραφικές επιφάνειες έγινε επιλογή περίπου 24 περιοχών με διαφορετικό βαθμό εναπόθεσης επικαθίσεων-ρύπων. Στις περιοχές αυτές έγινε προσδιορισμός της αγωγιμότητας, του pH, των χρωματομετρικών παραμέτρων L, a και b, αλλά και της στατικής γωνίας επαφής πριν όσο και μετά την εφαρμογή των διαφορετικών μεθόδων καθαρισμού. Επίσης προσδιορίστηκε η συνολική μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) για κάθε περιοχή ξεχωριστά και η μεταβολή της μορφολογίας της ζωγραφικής επιφάνειας, πριν και μετά τον καθαρισμό, διαμέσου μικροκάμερας. Από την αποτίμηση των διαφορετικών μεθόδων καθαρισμού που εφαρμόστηκαν τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα έδωσε ο καθαρισμός με πεκτινάση και το άγαρ, για μικρούς όμως χρόνους εφαρμογής. Από τα μίγματα διαλυτών αρκετά αποτελεσματικά κρίθηκαν όσα περιείχαν μεγάλο ποσοστό είτε λιγροΐνης, είτε αιθανόλης.

Abstract

It is widely accepted that the field of the conservation of the art paintings is one of the most significant aspects of the contemporary science of the conservation and restoration of art crafts.

The presented diploma thesis concerns the comparative evaluation study of cleaning methods on painting films that are made by modern and contemporary binding materials. To be more specific, the examined samples were three painting surfaces where the canvas of the industrial cotton had been covered by acrylic layer and after that by painting film based on PVAc. The pigments that are used for the preparation of the three samples are the yellow azo-dyestuff (PY74), the titanium white (PW6) and last but not least the chromium oxide green (PG17). The next step was the procedure of the artificial contamination of the surfaces. Selected areas of deposits had been examined by UV-camera και micro-camera in order to study their morphology, and also by infrared spectroscopy for the identification of the deposits-pollutants. After that, different cleaning methods have been applied for the removal of the deposits. The first method was through the use of mixtures of solvents (lingroine, acetone, ethanol). The second one through agar, pectinase and xanthan gum and the third one was the dry cleaning of the surfaces. To each and every one of the afore-mentioned painting surfaces approximately 24 points, characterized by different level of pollutant deposition, have been selected. At those areas the conductivity, the pH, the parameters of colorimetry L, a and b and also the static contact angle have been measured not only before but also after the application of the cleaning method. Moreover, the total color change (ΔE) for every single area has been determined, and the differences of the morphology –before and after and cleaning method- have been examined through micro-camera. From the evaluation of the different cleaning methods that were applied, is observed that the cleaning with pectinase and agar for short application time had the better results. The most efficient solvent mixtures were those with high concentration of either lingroine or of ethanol.

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος-Ευχαριστίες 5
Περίληψη 6
Abstract 7
I. Θεωρητικό Μέρος.....9
Α. Γενικό Θεωρητικό Μέρος 9
- Α.1 Καθαρισμός Έργων Τέχνης 9
- Α.2 Η Τέχνη και η Επιστήμη του Καθαρισμού Έργων Τέχνης.....18

Β. Ειδικό Θεωρητικό Μέρος..... 29
- Β.1 Επιφανειακά Χαρακτηριστικά των Χρωμάτων και Επιπτώσεις στην Αποκατάσταση..... 29
- Β.2 Polyvinyl Acetate-Οξικό Πολυβινύλιο.....31
- Β.3 Τεχνικές για την Αξιολόγηση Διαδικασιών Καθαρισμού για Ακρυλικά χρώματα και χρώματα Οξικού Πολυβινυλίου.....42

II. Πειραματικό Μέρος..... 51
Α. Μέθοδοι Καθαρισμού και Τεχνικές για την αποτίμηση τους 51
- Α.1 Μέθοδοι Καθαρισμού..... 51
  - Διαλύτες..... 51
  - Γέλες, Ένζυμα, Άγαρ.....59
  - Στεγνό Καθάρισμα-Dry Cleaning.....68
- Α.2 Αποτίμηση Παραμέτρων πριν και μετά την διαδικασία Καθαρισμού..74
  - Χρωματομετρία..... 74
  - pH.....79
  - Αγωγιμότητα.....81
  - Στατική γωνία επαφής.....83
  - Φασματοφωτομετρία Υπερύθρου- (FT-IR) 84
  - UV-light, UV-camera, dino-capture.....85

Β. Πειραματική Διαδικασία 87
- Β.1 Προετοιμασία Ζωγραφικών Φιλμ και Φωτογραφική Τεκμηρίωση των Ζωγραφικών Επιφανειών.....87
- Β.2 Εξέταση των Επιφανειών με χρήση κάμερας UV και μικροκάμερας.....91
- Β.3 Εξέταση των Πινάκων με Φασματοσκοπία Υπερύθρου (FT-IR) πριν τον καθαρισμό.....97
- Β.4 Αποτίμηση των Ζωγραφικών Πινάκων πριν τον καθαρισμό 101
- Β.5 Καθαρισμός με χρήση διαλυτών.....126
- Β.6 Καθαρισμός με χρήση άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης.....149
- Β.7 Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα.....167

III. Συμπεράσματα.....185
IV. Βιβλιογραφία.....187

I. *Θεωρητικό Μέρος*

Α. Γενικό Θεωρητικό Μέρος

- Α.1. Καθαρισμός Έργων Τέχνης

Ο καθαρισμός είναι ίσως η πιο σημαντική, λεπτή και την ίδια στιγμή αμφιλεγόμενη επεξεργασία που αποτελεί μέρος της διαδικασίας συντήρησης των έργων τέχνης.

Παρόλο που ο αυστηρός ορισμός του καθαρισμού θα ήταν η αφαίρεση ρύπων και ακαθαρσιών ή άλλων συσσωρεύσεων (*επιφανειακός καθαρισμός*), στον κλάδο της συντήρησης, ο καθαρισμός χρησιμοποιείται με την ευρύτερη έννοια ώστε να περιλαμβάνει τη μείωση του πάχους/αφαίρεση αλλοιωμένων ή ανεπιθύμητων στρωμάτων υλικών χωρίς την καταστροφή ή την αλλοίωση των χημικών-φυσικών ιδιοτήτων των προς συντήρηση επιφανειών. Παραδείγματος χάρη, τα προς απομάκρυνση υλικά μπορεί να είναι αποθέσεις (ρύποι και ακαθαρσίες), προσθήκες (επιχρωματισμοί και αισθητικές αποκαταστάσεις (ρετούς), αλλοιωμένες πατίνες, αποχρωματισμοί ή κατεστραμμένα βερνίκια και επιστρώσεις, επιχρυσώσεις σε πολυχρωματικά έργα τέχνης και κηλίδες, άλατα και άλλες συσσωρεύσεις από επιφάνειες ή υποστρώματα αντικειμένων. Επιπλέον, ο καθαρισμός είναι μία από τις λίγες εγγενώς μη αναστρέψιμες διαδικασίες συντήρησης οι οποίες, αν εκτελεσθούν εσφαλμένα, μπορεί να είναι «επιθετικές» και πιθανόν να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

Κατά τη διάρκεια του σχεδίου συντήρησης, το έργο του καθαρισμού είναι σχεδόν πάντα απαραίτητο, θα πρέπει να εκτελείται περιοδικώς και οι άλλες επεξεργασίες να ακολουθούν μετά από αυτό. Διαφέρει από τις διαδικασίες ενίσχυσης ή προστασίας, οι οποίες είναι απαραίτητες μόνο όταν τα έργα τέχνης παρουσιάζουν σοβαρά φαινόμενα φθοράς και αλλοιώσεων.
Είναι προφανές ότι δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη μεθοδολογία καθαρισμού η οποία να μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα αντικείμενα, έτσι ο συντηρητής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πολλές διαφορετικές μεθοδολογίες.

Πράγματι, μια ιδανική μεθοδολογία καθαρισμού θα πρέπει να σχεδιάζεται ειδικά για κάθε συγκεκριμένο αντικείμενο δίνοντας στον συντηρητή/αποκαταστάτη τον μεγαλύτερο δυνατό έλεγχο πάνω στη διαδικασία καθαρισμού. Δεν θα πρέπει επίσης να θέτει οποιονδήποτε πιθανό κίνδυνο υγείας στον χειριστή ή πιθανής βλάβης στο περιβάλλον.
Ο καθαρισμός, πρώτα από όλα σε σχέση με τους πίνακες ζωγραφικής, έχει τόσο σοβαρές συνέπειες όσον αφορά τόσο τις αισθητικές όσο και τις

φυσικές αλλαγές στο αντικείμενο που καθαρίζεται, που έχει προκαλέσει διαμάχες και διαφορετικές σχολές σκέψης. Επιπλέον, διαθέτει ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που οφείλεται στην ευαισθησία και την ικανότητα του συντηρητή/αποκαταστάτη.

Συνοψίζοντας, ο καθαρισμός είναι ένα πολύ περίπλοκο ζήτημα το οποίο παρουσιάζει θεωρητικές (όσον αφορά την εικόνα), επιστημονικές (όσον αφορά τα υλικά) και πρακτικές συνέπειες (όσον αφορά τον χειριστή).
Στην Ιταλία, η διαμόρφωση της θεωρίας της αποκατάστασης, συμπεριλαμβανομένου του καθαρισμού, χρονολογείται από τη δεκαετία του 1960 και παραμένει η κύρια πηγή αναφοράς. Το 1963, ο ιστορικός τέχνης Cesare Brandi στο *Theory of Restoration* [1] (*Θεωρία της Αποκατάστασης)* όρισε τον καθαρισμό ως μία ζωτική λειτουργία που στοχεύει στην ανάκτηση της ευαναγνωσιμότητας του έργου τέχνης. Σύμφωνα μ' αυτόν, κάθε σχέδιο συντήρησης ορίζεται από μία αισθητική περίσταση και μία ιστορική περίσταση και περιγράφει το υλικό με έναν δευτερεύοντα τρόπο από ότι την εικόνα: «...που έχει να κάνει με την αποκάλυψη της εικόνας». Το 2002, ο Marco Ciatti [2] υπογράμμισε την ανάγκη προγραμματισμού της διαδικασίας του καθαρισμού κατά τη διάρκεια του έργου της συντήρησης. Στην ίδια περίσταση, ο Giorgio Bonsanti [3] υποστήριξε ότι το έργο του καθαρισμού δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης στην επιφάνεια των έργων τέχνης, η οποία δεν είναι μόνο σημαντική για τη μελέτη του έργου τέχνης, αλλά είναι επίσης χρήσιμη για το σύνολο του έργου της συντήρησης.
Παρόλο που παίζει έναν σημαντικό ρόλο στο έργο του καθαρισμού, κανένας δεν ορίζει μία περίσταση που να αφορά το υλικό: πράγματι, ο σκοπός του καθαρισμού είναι η αφαίρεση αλλοιωμένων υλικών τα οποία αν παραμείνουν πάνω στο έργο τέχνης μπορεί να εκθέσουν σε κίνδυνο τη δομική του ακεραιότητα.

Το 2004 [4], ήρθε η επικύρωση ότι η πράξη του καθαρισμού θα πρέπει να διενεργείται μέσα στο έργο της συντήρησης, ακολουθώντας την προσέγγιση της ελάχιστης δυνατής παρέμβασης. Από τις αρχές (1974) της περίφημης «cleaning controversy» («διαμάχης του καθαρισμού») [5], η οποία επικεντρωνόταν στο πρόβλημα της αφαίρεσης ή όχι της πατίνας ενός έργου ζωγραφικής, προσδιορίστηκαν δύο σχολές σκέψης: ο «επιστημονικός καθαρισμός» της αγγλικής παράδοσης, πιο αντικειμενικός και εντονότερος και από την άλλη πλευρά ο «διαφοροποιημένος καθαρισμός» της ιταλικής παράδοσης, πιο υποκειμενικός και λιγότερο έντονος.

Για την αγγλική σχολή, όπως ο James Beck [6] προσφάτως είπε, ο καθαρισμός εκτελείται προκειμένου να απλοποιηθεί η αναγνωσιμότητα των έργων τέχνης, για τον απλό κόσμο. Αυτή η άποψη δεν λαμβάνει υπόψη ούτε την περίσταση που αφορά τα υλικά ούτε την ιστορική περίσταση του

Brandi. Με βάση αυτή, η ιδανική προσέγγιση καθαρισμού θα πρέπει να συνδυάζει τη διπλή φύση του έργου τέχνης: ως μίας εικόνας και ως ενός υλικού (ή καλύτερα, ενός περίπλοκού μείγματος διαφορετικών υλικών).

Αυτά τα μέρη αναπόφευκτα σχετίζονται μεταξύ τους. Παραδείγματος χάρη, τρεις παράγοντες που προέρχονται από τα υλικά μεταβάλλουν την εικόνα ενός αντικειμένου τέχνη: τα συστατικά υλικά, που αλλοιώνονται από φαινόμενα φθοράς όπως υδρολυτικές ή οξειδωτικές διαδικασίες, τα υλικά που σκοπίμως προστέθηκαν με το πέρασμα των αιώνων προκειμένου να μεταβληθεί η εικόνα του αντικειμένου τέχνης για σκοπούς συντήρησης, τα υλικά που συμπτωματικά αποτέθηκαν πάνω στην επιφάνεια με το πέρασμα του χρόνου (σκόνη, ατμοσφαιρικοί ρύποι), βιολογική πατίνα.
Από χημικής άποψης, ο ιδανικός καθαρισμός θα πρέπει να ενεργεί πάνω σε ένα προς αφαίρεση υλικό –ή να επεξεργάζεται πολλά ως ένα- (π.χ. διαλύοντας ή διογκώνοντας), αφήνοντας αναλλοίωτα τα υπόλοιπα υλικά που πρέπει να συντηρηθούν (τα συστατικά υλικά). Ως επιλεκτική λειτουργία, η διαδικασία του καθαρισμού ξεκινά με τη χημική ανάλυση των υλικών του έργου τέχνης και τη γνώση της κατανομής τους. Ο καθαρισμός είναι μια ασφαλής πράξη όταν τα προς αφαίρεση υλικά διαθέτουν αρκετά διαφορετικές ιδιότητες (χημική σύσταση, πολικότητα, pH) από τα προς διατήρηση υλικά. Σε αντίθετη περίπτωση, ο καθαρισμός δεν είναι εγγενώς επιλεκτικός και μπορεί να επιτευχθεί μόνο χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες μεθόδους. Τέλος, σε ορισμένες περιπτώσεις, ο καθαρισμός δεν θα πρέπει να εκτελείται.

Το έργο τέχνης, ειδικά ο πίνακας ζωγραφικής, είναι ένα περίπλοκο μείγμα υλικών (χρωστικές, συνδετικά μέσα, επιστρώσεις, υλικά πύκνωσης κ.λπ.) τα οποία αλληλεπιδρούν το ένα με το άλλο. Επιπλέον, τα υλικά υπόκεινται σε γήρανση και μεταβάλλονται επίσης με την προσθήκη υλικών συντήρησης. Όπως αλληλεπιδρούν στερεά/αέρια, οι επιφάνειες είναι οι πιο επιρρεπείς στη γήρανση και τη φθορά. Είναι δύσκολο, ή ακόμα και αδύνατο, να διακρίνουμε τα αρχικά υλικά και τα υλικά συντήρησης που προστέθηκαν αργότερα. Κατά συνέπεια, τα υλικά που υπάρχουν σε ένα έργο τέχνης πρέπει να θεωρούνται όλα μαζί συστατικά υλικά. Τα συστατικά υλικά είναι διαφορετικά, αλλά την ίδια στιγμή μη-διακριτά γιατί ανήκουν στο ίδιο στρώμα, κατά κύριο λόγο στο ανώτερο. Σήμερα, τα υλικά που ήταν διαφορετικά αρχικά είναι παρόμοια λόγω ορισμένων ιδιοτήτων όπως πολικότητα, τιμή pH, διαλυτότητα. Παραδείγματος χάρη, είναι γνωστό ότι η φθορά των βερνικιών και των συνδετικών μέσων οδηγεί σε χημικές αλλαγές όπως διασταυρούμενες συνδέσεις μεταξύ αλυσίδων πολυμερών, διάτμηση αλυσίδων, οξείδωση των κύριων αλυσίδων ή δευτερευόντων ομάδων και διάσπαση μορίων, που συχνά συνοδεύονται από τον σχηματισμό έντονα οξειδωμένων παραγώγων. Αυτές οι δομικές αλλαγές οδηγούν σε αύξηση

της αδιαλυτότητας και της πολικότητας του υλικού, μείωση της αντοχής και αλλαγή στο χρώμα, μεταξύ άλλων [7].

Ο σχηματισμός νέων σύνθετων ουσιών συνήθως συμβαίνει από τη χημική αλληλεπίδραση διαφορετικών υλικών. Παραδείγματος χάρη, η αλληλεπίδραση χρωστικών και λιπαρών συνδετικών μέσων (όπως τέμπερα λαδιού και κρόκου αυγού) μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή μεταλλικών σαπώνων στην επιφάνεια της ζωγραφικής που τροποποιούν την ορατή εμφάνισή της και την κατάσταση συντήρησης. Πράγματι, με την εξέλιξη της σαπωνοποίησης οι πίνακες ζωγραφικής εμφανίζονται πιο σκουρόχρωμοι λόγω της σταδιακής απώλειας της καλυπτικής ικανότητας της χρωστικής [8]. Στην πράξη, ο ιδανικός καθαρισμός είναι μια ιδιαίτερα περίπλοκη και λεπτή προσπάθεια και δεν είναι πάντα εφικτός και με τη σειρά του, μεταβάλλει τα συστατικά υλικά.

Εκείνος που εκτελεί τον καθαρισμό είναι ο συντηρητής/αποκαταστάτης. Αυτός μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε ένα ευρύ φάσμα καθαριστικών παραγόντων που έχουν αναπτυχθεί για συγκεκριμένες εργασίες και πρέπει να εφαρμόσει την καλύτερη διαθέσιμη διαδικασία, κάποιες από τις οποίες μπορεί να παρουσιάζουν συμβιβασμούς σε σχέση με τις ιδανικές παραμέτρους σχεδιασμού ή στην χειρότερη περίπτωση μπορεί να μην είναι δυνατή η εκτέλεση του επιφανειακού καθαρισμού. Βασιζόμενοι στις γνώσεις και την εμπειρία τους, οι συντηρητές/αποκαταστάτες αναπτύσσουν μια στρατηγική καθαρισμού για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος το οποίο, ελπίζουν, ότι θα πληροί και ευρύτερες παραμέτρους των διαδικασιών συντήρησης (όπως χρονοδιαγράμματα, περιορισμοί πόρων κλπ) και, επιπλέον, θα είναι αντίστοιχο με τα αναγνωρισμένα πρότυπα συντήρησης.

Πάρα τη μεγάλη εξέλιξη που έχει παρατηρηθεί στο πεδίο της συντήρησης, σήμερα εξακολουθεί να υπάρχει μια απόσταση μεταξύ συντηρητή/αποκαταστάτη και των επιστημόνων της συντήρησης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι καθαρισμού που διαθέτει ο συντηρητής περιλαμβάνουν μηχανική, εξ αποστάσεως (π.χ. λέιζερ) και χημική απομάκρυνση (υδατικές και μη-υδατικές συνθέσεις) [9].
Τα κύρια μηχανικά μέσα για την απομάκρυνση είναι η χρήση εργαλείων όπως το νυστέρι με τη βοήθεια μίας μεγεθυντικής λούπας ή ενός μικροσκοπίου. Έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί λειαντικές μέθοδοι οι οποίες έκαναν χρήση τουβλόσκονης, στάχτης και κονιορτοποιημένων ρητινών και, σε μερικές περιπτώσεις, αέρα. Για τη μηχανική αφαίρεση της σκόνης, κυρίως από οργανικά αντικείμενα, χρησιμοποιούνται ευρέως υφάσματα και «σβηστήρες» χαρτιού χρωστικών για τη μεταφορά των κηλίδων σε λεπτοδιαμερισμένα στερεά. Την τελευταία δεκαετία, έχει γίνει μελέτη για τα

λέιζερ και χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση απέναντι στην περισσότερο επιθετική λειαντική μέθοδο της αμμοβολής, τόσο για μικρού μεγέθους καθαρισμό αντικειμένων όσο και για μεγάλης κλίμακας καθαρισμό αρχιτεκτονικών επιφανειών. Συνήθως χρησιμοποιούνται υπέρυθρα ορατά λέιζερ (Nd:YAG) για την αφαίρεση επιφανειακών αποθέσεων ρύπων, ενώ υπεριώδη excimer λέιζερ χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση οργανικών επιστρώσεων. Τα λέιζερ έχουν δοκιμαστεί για τον καθαρισμό έργων ζωγραφικής από ρύπους και βερνίκια. Ωστόσο, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή σε επιφάνειες με χρώματα μέχρι η έρευνα να μας παρέχει μια καλύτερη κατανόηση της επίδρασής τους πάνω στις χρωστικές και τα υποστρώματα [10].

Από την αρχαιότητα, συνήθως χρησιμοποιούνται οι υδατικές μέθοδοι καθαρισμού για την απομάκρυνση χώματος από επιφάνειες (*επιφανειακός καθαρισμός)* [11] και επίσης για τη διόγκωση/διάλυση υδρόφιλων παραγόντων σχηματισμού μεμβράνης (film-formers). Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν μόνο νερό ή σκευάσματα οξέων και αλκαλίων με βάση το νερό, διαλυτά ιόντα, σάπωνες, απορρυπαντικά/επιφανειοδραστικά και χηλικούς παράγοντες. Το ίδιο το νερό, ως έντονα πολικός διαλύτης, είναι αποτελεσματικό στη διάλυση των υδρόφιλων υλικών καθώς και ιοντικών/ιονιζόμενων υλικών, λόγω της υψηλής διηλεκτρικής σταθεράς του. Στην πρώτη περίπτωση, το νερό απλώς λειτουργεί ως φυσικός διαλύτης διασπώντας τους ενδομοριακούς δεσμούς και δημιουργώντας δεσμούς υδρογόνου και διπολική αλληλεπίδραση. Στη δεύτερη, το νερό αντιδρά χημικά (με ιονισμό/διαχωρισμό όξινων/βασικών ουσιών ή ακόμα και αντίδραση υδρόλυσης) μέσω της διάσπασης των ενδομοριακών (ιοντικών) δεσμών και τη δημιουργία νέων δεσμών με το νερό. Όταν το νερό μόνο του δεν αρκεί για τους σκοπούς του καθαρισμού, η διαλυτική του ισχύς μπορεί να ενισχυθεί προσθέτοντας μερικά «ενεργά» στοιχεία όπως ορισμένους ρυθμιστές, χηλικούς παράγοντες και επιφανειοδραστικά.

Ρυθμιστικά διαλύματα οξέων/βάσεων μπορούν να ιονίσουν, αντίστοιχα, όξινες/βασικές ουσίες, ειδικά όταν είναι παλιά, έχουν οξειδωθεί και/ή διασταυρωθεί. Ένα άλλο ιοντικό αποτέλεσμα που έχουν συγκεκριμένα ιόντα (Na+, K+, κ.λπ.) μπορεί να είναι χρήσιμο και απαιτείται σε αυτού του είδους τις μεμβράνες [11].Τα υδατικά διαλύματα χηλικών παραγόντων (όπως κιτρικά ή αιθυλενοδιαμινοτετραοξικά άλατα) μπορούν να διαλύσουν αδιάλυτα άλατα. Τέλος, μπορεί να λάβει χώρα γαλακτωματοποίηση/αποκάθαρση των υδροφοβικών υλικών με το νερό χρησιμοποιώντας επιφανειακά ενεργούς παράγοντες (επιφανειοδραστικά).
Μεταξύ των πιο κοινών ομάδων υδατικών διαλυμάτων καθαρισμού χρησιμοποιούνται ακόμα απλά αμμωνιούχα διαλύματα και σίελα τα οποία παρέχουν ιοντικά, επιφανειοδραστικά, ρυθμιστικά, χηλικά και ενζυματικά

αποτελέσματα. Άλλα, κατά κύριο λόγο, υδατικά υλικά, τα οποία σήμερα είναι τελείως ξεπερασμένα περιελάμβαναν ποικίλα σκευάσματα σαπώνων, ούρων, κρασιού, αίματος, γάλακτος, μπύρας, διαλύματα ποτάσας και αλισίβας και τεμαχισμένα τρόφιμα όπως πατάτες και σκόρδο.
Επιπλέον, για τον έλεγχο της δράσης των παραδοσιακών υδατικών καθαριστικών παραγόντων χρησιμοποιούνταν για πολλά χρόνια πυκνωμένα ή παχύρρευστα υλικά όπως μείγμα σαπώνων και, στη δεκαετία του 1990, καταπλάσματα βασισμένα σε υλικά κυτταρίνης. Τα πλεονεκτήματα του υδατικού περιβάλλοντος είναι προφανώς η απουσία του προβλήματος της τοξικότητας και η δυνατότητα του ιδανικού σχεδιασμού ενός συστήματος καθαρισμού για οποιαδήποτε περίπτωση συντήρησης. Επομένως, η επιλεξιμότητα του υδατικών συστημάτων είναι γενικώς μεγαλύτερη από εκείνη των μη-υδατικών.

Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, οι οργανικοί διαλύτες αποτέλεσαν την ευρέως διαδεδομένη τεχνική για τον καθαρισμό ζωγραφισμένων επιφανειών με σκοπό τη διάλυση των προς αφαίρεση στρωμάτων [π.χ. βερνίκι, αισθητικές αποκαταστάσεις (ρετούς), πατίνες). Οι αλκαλικοί (ή όξινοι) οργανικοί διαλύτες αντιδρούν χημικά διασπώντας τους ενδομοριακούς χημικούς δεσμούς, ενώ οι ουδέτεροι οργανικοί διαλύτες έχουν μία φυσική δράση στους ενδομοριακούς δεσμούς. Οι διπολικοί απρωτικοί οργανικοί διαλύτες παρουσιάζουν και χημική και φυσική δράση. Οι πιο κοινοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό έργων ζωγραφικής είναι αιθανόλη, μεθανόλη, ακετόνη, βενζυλική αλκοόλη, ξυλένιο, τολουόλιο, white spirit, τερεβινθέλαιο και μείγμα ενός ή περισσοτέρων από αυτά.

Οι συντηρητές που ασχολήθηκαν με τον πρωτοπόρο σχεδιασμό των μεθοδολογιών καθαρισμού ανέπτυξαν εμπειρικά, αλλά αποτελεσματικά μείγματα διαλυτών σε διάφορες χρονικές στιγμές. Τα μείγματα συνήθως διέφεραν σε πολικότητα προκειμένου να προσεγγίζουν τις παραμέτρους διαλυτότητας που απαιτούνταν για τη διάλυση ενός συγκεκριμένου υλικού και κωδικοποιήθηκαν [12]. Μία παρόμοια προσέγγιση είναι η τριγωνική μέθοδος Teas [13]. Αν αναγνωριστούν τα προς αφαίρεση υλικά, η επιλογή του μείγματος διαλυτών που μεγιστοποιεί την επιλεκτικότητα της καθαριστικής δράσης μπορεί να γίνει μέσω σχεδιαγραμμάτων Teas. Αυτά τα διαγράμματα παρουσιάζουν τις βασικές ιδιότητες των διαλυτών ως συνάρτηση της έντασης των ενδομοριακών, μη-ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων (δεσμοί υδρογόνου, δυνάμεις διασποράς και διπολικές αλληλεπιδράσεις). Χρησιμοποιώντας το αυτό (ή σχετικά εργαλεία), ο συντηρητής μπορεί να επιλέξει αυτό που δυνητικά είναι το κατάλληλο σύστημα διαλυτών για τη διάλυση της προς αφαίρεση ουσίας, ξεκινώντας με τον διαλύτη με τη μικρότερη πολικότητα [14].

Διαλύτες, που συχνά εφαρμόζονται με μάκτρα από βαμβάκι ή μικρά πινέλα, δεν παρέχουν έλεγχο της τριχοειδούς ροής πάνω στην επιφάνεια και μέσα στη δομή του αντικειμένου. Οι μέθοδοι ελέγχου και χειρισμού της δράσης των διαλυτών περιλαμβάνουν «αναστολείς διαλυτών» και «αραιώσεις» και πάστες διαλυτών κεριού. Αυτές οι επεξεργασίες καθαρισμού έχουν περιορισμούς όπως το πρόβλημα των υπολειμμάτων πάστας και η ανάγκη εκκαθάρισης των υπολειμμάτων με οργανικούς διαλύτες. Πλέον της έλλειψης ελέγχου, οι περιορισμοί του καθαρισμού με διαλύτες είναι συχνά η τοξικότητα, το πρόβλημα της αφαίρεσης σκληρών μη-διαλυτών στρωμάτων επιχρωματισμών και η μακροχρόνια επίδραση διήθησης και διόγκωσης των προς διατήρηση στρωμάτων χρώματος (κυρίως βερνικιών και συνδετικών μέσων) [15]. Μία από τις κύριες αρνητικές παρενέργειες της διόγκωσης και διήθησης είναι η δραστική μείωση τόσο της μηχανικής αντοχής όσο και της συνολικής σταθερότητας του έργου ζωγραφικής. Μερικοί παραδοσιακοί διαλύτες χρησιμοποιούνται σπανίως γιατί νεότερες μεθοδολογίες καθαρισμού παρέχουν λιγότερο τοξικές και πιο αποτελεσματικές εναλλακτικές λύσεις.

Η αλληλεπίδραση διαλυτών και αντιδρώντων και οι επιδράσεις τους σε διάφορα έργα τέχνης έχουν οδηγήσει στην αναζήτηση της επιλεκτικότητας και ακρίβειας των υλικών επεξεργασίας σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των υλικών στα οποία εφαρμόζονται. Σήμερα, είναι διαθέσιμος ένας αριθμός πρόσθετων μεθοδολογιών καθαρισμού, βασισμένων μεταξύ άλλων σε (υδατικές και μη-υδατικές) γέλες διαλυτών, ένζυμα, σκληρές γέλες, σάπωνες ρητίνης. Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους αναπτύχθηκε ακολουθώντας την αρχή της επιλεκτικότητας και έχει «ρυθμιστεί» για ένα συγκεκριμένο έργο καθαρισμού. Ωστόσο, αυτές οι νέες μεθοδολογίες θα πρέπει να θεωρούνται ως προσθήκη στους οργανικούς διαλύτες και τις άλλες παραδοσιακές μεθόδους και όχι ως αντικατάστασή τους.

Τα υδατικά συστήματα καθαρισμού που βασίζονται σε γέλες, συμπεριλαμβανομένων των οργανικών γελών διαλύτη, παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1980 από τον Richard Wolbers απαντώντας στην ανάγκη για αυξημένο έλεγχο, ως εναλλακτική λύση στον καθαρισμό με ελεύθερους διαλύτες [16]. Η εφαρμογή ενός υγρού (νερού ή διαλυτών) σε μία επιφάνεια (ειδικά όταν είναι πορώδης) είναι μία επικίνδυνη πράξη λόγω της υψηλής επιφανειακής της τάσης, της ανεπαρκούς ικανότητας διαβροχής και της υψηλής διασποράς και τριχοειδούς ικανότητας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες επιδράσεις σε υλικά ευαίσθητα σε νερό/διαλύτες εντός των εσωτερικών στρωμάτων ενός αντικειμένου, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα περιορισμένη επιφανειακή δράση. Αντιθέτως, η παγίδευση των υγρών καθαριστικών παραγόντων σε θύλακες γέλης οδηγεί σε μείωση της επιφανειακής τάσης, της γωνίας επαφής και αύξηση της δύναμης

κατακράτησης και του ιξώδους του συστήματος. Σύμφωνα με την εξίσωση Washburn equation, ο ρυθμός διάχυσης του υγρού που έχει ακινητοποιηθεί εντός του δικτύου πολυμερούς γέλης είναι σημαντικά μειωμένος, επιτρέποντας τον καλύτερο έλεγχο της δράσης του. Άλλο ένα πλεονέκτημα των γελών διαλύτη είναι ο έλεγχος του ρυθμού εξάτμισης του (οργανικού) διαλύτη και το γεγονός ότι συστατικά που αρχικά ήταν ανεπίδεκτα σύμμειξης (νερό, οργανικοί διαλύτες, πολυμερή και επιφανειοδραστικά) γίνονται αναμίξιμα σε μορφή γέλης και τα συστήματα γέλης που δημιουργούνται ελαχιστοποιούν την ανθρώπινη έκθεση σε τοξικούς οργανικούς διαλύτες [17]. Τα πολυμερή με μορφή γέλης που συνήθως χρησιμοποιούνται για αυτόν το σκοπό είναι τα υψηλού ιξώδους παράγωγα Πολυακριλικού Οξέως. Η γέλη διαλύτη εφαρμόζεται απευθείας πάνω στην επιφάνεια και μερικές φορές ακολουθεί μηχανική πράξη με πινέλο για την αύξηση της επιφάνειας επαφής της γέλης. Αυτές οι γέλες που αναπτύχθηκαν από τον Wolbers χρησιμοποιούνται κυρίως για την αφαίρεση επιχρωματισμών και βερνικιών από πίνακες ζωγραφικής και προφανώς για *επιφανειακό καθαρισμό* και, κατά το παρελθόν, έχουν επιλύσει γενικώς πολλά άλυτα προβλήματα καθαρισμού.

Ωστόσο, ένα μειονέκτημα του συστήματος Wolbers είναι η ανάγκη έκπλυσης μετά την εφαρμογή της γέλης, που συνήθως εκτελείται μέσω στεγνών μάκτρων βαμβακιού και μάκτρων διαβρεγμένων με ελεύθερο διαλύτη. Χρησιμοποιώντας ελεύθερους διαλύτες και μέσω της μηχανικής δράσης, ο καθαρισμός μπορεί να οδηγήσει σε διήθηση στη μεμβράνη του χρώματος. Επιπλέον, η πιθανότητα παρουσίας οποιουδήποτε υπολείμματος γέλης (ή των μη πτητικών συστατικών της) πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου παραμένει, ειδικά με τη χρήση οργανικών διαλυτών. Έτσι, ακολουθεί το ερώτημα αν το υπόλειμμα μπορεί να έχει επιζήμια επίδραση στην κατάσταση διατήρησης του καθαρισμένου αντικειμένου. Από το 1990 [18], για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, ειδικά του επονομαζόμενου «ζητήματος των υπολειμμάτων», έχουν ξεκινήσει αρκετές μελέτες και έδειξαν ότι το υπόλειμμα γέλης παραμένει πάνω στην καθαρισμένη επιφάνεια. Παραδείγματος χάρη, οι Burnstock και Kieslich [19] απέδειξαν ότι ακόμα και αν σχηματισμοί γέλης διαλύτη που περιέχουν Ethomeen αφαιρεθούν από τη ζωγραφισμένη επιφάνεια με διαλύτες, υπολείμματα γέλης με βάση το πολύ(ακρυλικό οξύ) παραμένουν και οι διαλύτες που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό επηρέασαν την εμφάνιση της επιφάνειας του έργου ζωγραφικής. Σε μία ανάλυση, ο Lang [20], επίσης ασχολήθηκε με το θέμα του καθαρισμού με γέλη και υπογράμμισε την έλλειψη πληροφοριών πάνω στο ζήτημα. Πιο πρόσφατα, το εις βάθος Ερευνητικό Σχέδιο περί Γελών Επιφανειακού Καθαρισμού (Surface Cleaning-Gels research Project) (1997-2004) έδωσε σημαντικές απαντήσεις σε σχέση με το ζήτημα των υπολειμμάτων [9]. Με ποσοτική

ανάλυση του υπολείμματος γέλης και με τη μελέτη των χημικών αλλαγών των επιφανειοδραστικών κατά τη γήρανση και την εμφάνιση των επιφανειών μετά τον καθαρισμό, αυτή η εκτεταμένη έρευνα παρείχε πληροφορίες για τον ρυθμό διατήρησης της γέλης, όσον αφορά διαφορετικές γέλες και βάσεις (που κυμαίνονται από ελαιογραφίες μέχρι πολύ πορώδη υλικά όπως ο γύψος) [21].

Οι σάπωνες ρητίνης είναι ένα άλλο συστατικό του συστήματος υδάτινου καθαρισμού που εισήγαγε ο Richard Wolbers [11]. Αποτελούνται από απορρυπαντικά που βασίζονται σε άλατα τριαιθανολαμίνης αβιετικού και δεοξυχολικών οξέων για την αφαίρεση οξειδωμένων βερνικιών ρητίνης από ελαιογραφίες. Παρουσιάζουν δομική ομοιότητα με τα συστατικά τριτερπενοειδών ρητινών, τα οποία βοηθούν στη μεγιστοποίηση των μη ομοιοπολικών ενδομοριακών αλληλεπιδράσεων μεταξύ σαπώνων και ρητίνης και παρέχουν επιλεκτικά εργαλεία αφαίρεσης.

Άλλες γέλες που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι οι μεσαίου ιξώδους Αιθέρες Κυτταρίνης και το ψευδοπλαστικό Ξανθανικό Κόμμι. Το 2003, ο Wolbers παρουσίασε τη χρήση υδατικών «σκληρών γελών» [22] και μία επιπλέον μελέτη [23] απέδειξε ότι τα πολυμερή που είναι βασισμένα στην Αγαρόζη, τα οποία μπορούν να σχηματίσουν υψηλού ιξώδους γέλες, είναι πολύ αποτελεσματικά και ασφαλή εργαλεία για τον καθαρισμό πορωδών βάσεων. Αυτή η «σκληρή γέλη» μπορεί να απελευθερώνει νερό (ή υδατικά διαλύματα) με πολύ περιορισμένο και ελεγχόμενο τρόπο, δεν απαιτείται έκπλυση μετά την επεξεργασία (λόγω της φυσικής μορφής της και της περιορισμένης δύναμης συγκόλλησης) και μπορεί να προσελκύσει στο μοριακό πλέγμα της σωματίδια που διαλύονται με την εφαρμογή της γέλης πάνω στην επιφάνεια του τεχνουργήματος και τη διάχυση του νερού μέσα σε αυτό. Λόγω της ιδιαιτερότητάς τους, οι μέθοδοι των υδατικών γελών έχουν χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία τόσο ζωγραφισμένων όσο και μη-ζωγραφισμένων έργων τέχνης και επιτρέπουν στους συντηρητές να επιλύσουν όχι μόνο την αφαίρεση των ρύπων αλλά επίσης και πιο προβληματικών υλικών (επιστρώσεις, βαφές, συγκολλητικές ουσίες, κ.λπ.) [24].

Η τεχνική καθαρισμού που βασίζεται στις γέλες επιτρέπει επίσης τη χρήση έντονα επιλεκτικών παραγόντων καθαρισμού όπως ένζυμα [25], χηλικούς παράγοντες [11], ρυθμιστές, απορρυπαντικά και επιφανειοδραστικά.
Από τα ένζυμα, τα υδρολυτικά (Τάξη III) είναι τα πιο διαδεδομένα στο πεδίο της συντήρησης. Δρουν ως καταλύτες επιλεκτικά στη διχοτόμηση συγκεκριμένων δεσμών εντός των ίδιων των υποστρωμάτων. Έτσι, Πρωτεάση, Αμυλάση και Εστεράση υδρολύουν, αντίστοιχα, πεπτιδικούς δεσμούς σε πρωτεΐνες (π.χ. ζωική κόλλα και ζελατίνες, Αλβουμίνη, Καζεΐνη),

α-1,4-γλυκοσιδικούς δεσμούς σε Άμυλο (π.χ. αλεύρια, «φυτικές κόλλες») και εστερικούς δεσμούς σε απλούς και σύνθετους εστέρες (π.χ. ξηραντικά έλαια, λίπη, μερικά κεριά, μερικές συνθετικές ρητίνες που περιέχουν εστέρες).

Με άλλη προσέγγιση, καινούργιες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη δημιουργία και χρήση υδατικών πολυμερικών διασπορών υψηλού ιξώδους βασισμένων σε θύλακες πολύ (βινυλικής αλκοόλης)-βόρακα ως καθαριστικών παραγόντων για την αφαίρεση οξειδωμένων επιστρώσεων από πίνακες ζωγραφικής. Τέτοια συστήματα μπορούν εύκολα να ξεφλουδιστούν από την επιφάνεια πάνω στην οποία εφαρμόζονται χωρίς να οδηγήσουν σε μετρήσιμες ποσότητες επιφανειακών υπολειμμάτων [26]. Ο ίδιος ερευνητής ανέπτυξε επίσης μία καινούργια κλάση οργανογελών (οργανογέλη βασισμένη σε PEICO2) ισοθερμικά ρεο-αναστρέψιμες ως εργαλεία καθαρισμού με απευθείας εφαρμογή πάνω στη ζωγραφισμένη επιφάνεια με αποτελεσματικότητα στην αφαίρεση διαφορετικών υλικών δημιουργίας μεμβράνης (π.χ. δάμαρη και ακρυλική πολυμερική ρητίνη). Οι ιδιότητες του αρχικού διαλύματος (που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αφαίρεση τη γέλης] επανέρχονται μετά την προσθήκη μιας μικρής ποσότητας ασθενούς οξέως [27]. Άλλοι ερευνητές βασίστηκαν στην ενσωμάτωση μαγνητικών νανοσωματιδίων επικαλυμμένων με φερρίτη σε γέλη πολυακρυλαμιδίου προσθέτοντας λειτουργικότητα σε ένα ευέλικτο σύστημα που αποτελείται από μικρογαλακτώματα ελαίου σε νερό, υδατικά διαλύματα μικκυλίων ή ξηρογελών που λειτουργούν ως σπόγγοι. Τα σωματίδια φερρίτη επιτρέπουν τη χρήση μαγνητών τόσο στην ακριβή τοποθέτηση των γελών πάνω στην επιφάνεια όσο και στην αφαίρεσή τους από αυτή μετά τον καθαρισμό [28].

• Α.2. Η Τέχνη και η Επιστήμη του Καθαρισμού Έργων Ζωγραφικής

Ο καθαρισμός ενός έργου ζωγραφικής σημαίνει την αφαίρεση οποιουδήποτε ανεπιθύμητου υλικού το οποίο έχει εναποτεθεί πάνω στην επιφάνειά του από τη στιγμή της δημιουργίας του, συμπεριλαμβανομένων οποιωνδήποτε επιστρώσεων είχαν εφαρμοστεί αρχικά για την προστασία της επιφάνειας οι οποίες στη συνέχεια παρουσίασαν αλλοιώσεις. Αυτό μπορεί να είναι κάποιο βερνίκι, ακόμα και κάποιο που εφαρμόστηκε από τον καλλιτέχνη, αν η γήρανσή του άλλαξε την εμφάνιση του αντικειμένου. Μπορεί επίσης να είναι οποιαδήποτε συσσώρευση πάνω στην επιφάνειά του είτε από ατμοσφαιρική εναπόθεση είτε από συσσωρεύσεις υλικών από συγκεκριμένες δραστηριότητες, ίσως ιστορικού ενδιαφέροντος. Οι αποφάσεις για το ποιο υλικό ή την ποσότητα που πρέπει να αφαιρεθεί θα πρέπει να λαμβάνονται στο πλαίσιο μιας άποψης για το τι εμφάνιση θα

πρέπει να παρουσιάζει το έργο ζωγραφικής. Ο μοναδικός ρόλος του συντηρητή είναι να συνεισφέρει τη γνώση του για το τι είναι τεχνικώς εφικτό σε σχέση με τις προσδοκίες των αποτελεσμάτων του καθαρισμού. Ωστόσο, σπανίως το πρόβλημα τίθεται με αυτόν τον τρόπο στην καθημερινή ζωή.

Στο παρελθόν υπήρξαν αρκετές περίοδοι έντονου ενδιαφέροντος και διαμάχης, ειδικά στο θέμα της αφαίρεσης βερνικιού, παραδείγματος χάρη, οι αντιπαραθέσεις που περιέβαλλαν το *Bacchus and Ariadne [Βάκχος και Αριάδνη] του Τιτσιάνο* στην Εθνική Πινακοθήκη του Λονδίνου στη δεκαετία του 1960 και επίσης ο καθαρισμός τοιχογραφιών ή οροφής, όπως στο παρεκκλήσι της Καπέλα Σιστίνα του Μιχαήλ Άγγελου. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, η υποκείμενη αντιπαράθεση δεν είναι τεχνική, αλλά βασίζεται σε απόψεις για το ποια θα πρέπει να είναι η εμφάνιση των έργων και κατά συνέπεια, είναι ανοικτή στις απόψεις ενός μεγάλου φάσματος συμμετεχόντων με σημαντικά διαφορετικές γνώσεις και αντιλήψεις.
Η τεχνική αντιπαράθεση είχε σχεδόν πλήρως περιοριστεί στο επάγγελμα του συντηρητή [29].

Δεν είναι πολλοί οι ειδικοί αφαίρεσης βερνικιού οι οποίοι θα αισθάνονταν ότι έχουν μια πλήρη θεώρηση του πεδίου τους και αυτό εκτείνεται μέχρι το θέμα της αφαίρεσης σκόνης από πολύχρωμα γλυπτά ή σύγχρονους πίνακες ζωγραφικής. Έτσι το διεθνές συνέδριο Cleaning 2010 International Conference (Διεθνές Συνέδριο Καθαρισμού 2010) ήταν μια μεγάλη ευκαιρία όχι μόνο συγκέντρωσης των καλύτερων γνώσεων, αλλά επίσης για κάθε συμμετέχοντα να μάθει περισσότερα για μη γνώριμες πλευρές του καθαρισμού [30]. Το επάγγελμα του συντηρητή, επικεντρωμένο αποκλειστικά στην αδιαμφισβήτητη τεχνική πρόκληση, δεν πρόσφερε τις τεχνικές του γνώσεις σε μια ευρύτερη ηθική και αισθητική αντιπαράθεση όσο αποτελεσματικά θα μπορούσε να το κάνει [31].

Η οπτική αλλαγή σε ένα έργο ζωγραφικής μετά τον καθαρισμό εξαρτάται από πολλούς ανεξέλεγκτους παράγοντες. Η αφαίρεση ενός συνολικού στρώματος αποχρώσεων επηρεάζει ορισμένες χρωστικές περισσότερο από άλλες και οι σχέσεις μεταξύ των χρωμάτων μπορεί να αλλάξουν απροσδόκητα. Η φύση αισθητικών αποκαταστάσεων (ρετούς) που έχουν αφαιρεθεί και οποιεσδήποτε αντικαταστάσεις μπορεί να έχουν μία μεγαλύτερη εικαστική επίδραση πάνω στο υπό επεξεργασία έργο ζωγραφικής από ότι η αφαίρεση βερνικιού. Η κατανόηση της φύσης και της φθοράς των έργων ζωγραφικής χωρίς σύνδεση με τον καθαρισμό είναι απαραίτητη καθώς ο καθαρισμός συχνά αποκαλύπτει προβλήματα που δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά την αρχική απόφαση του καθαρισμού. Τα έργα ζωγραφικής αλλάζουν με πολλούς ανεπαίσθητους και αδιαμφισβήτητους

τρόπους, αναπτύσσοντας ρηγματώσεις, γίνονται πιο διαφανή ακόμα και αποκαλύπτοντας ζωγραφικές διορθώσεις (pentimenti) και ανακολουθίες αποχρώσεων. Οι χρωστικές ξεθωριάζουν και τα μέσα κιτρινίζουν ή σκουραίνουν και μια αύξηση στην αντίθεση μεταξύ φωτεινών και σκοτεινών σημείων η οποία αποκαλύπτεται από τον καθαρισμό μπορεί να αλλάξει την αντίληψη της προοπτικής.

➢ *ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ*

Ο καθαρισμός ξεκινά με την απόφαση για προστασία της επιφάνειας. Αν ένας καλλιτέχνης αγνοεί το θέμα της συσσώρευσης σκόνης και το έργο του παραμείνει απροστάτευτο, όπως συμβαίνει με πολλά σύγχρονα έργα ζωγραφικής, παραδείγματος χάρη, με τη ζωγραφική του χρωματικού πεδίου (color field paintings) ή ακρυλικών, τότε η σκόνη θα απορροφηθεί από την επιφάνεια του χρώματος. Η αφαίρεσή της μπορεί να αποτελέσει πρόκληση ή ακόμα και να καταστεί αδύνατη η εκτέλεσή της με ασφάλεια. Στην καλύτερη περίπτωση, θα είναι δύσκολο να προβλεφθεί η αντίδραση ενός άγνωστου χρώματος σε μία μέθοδο καθαρισμού και, αν το έργο τέχνης είναι μία επίπεδη χρωματικά μεμβράνη χρώματος που δεν συγχωρεί, μπορεί να μην αφήσει στον συντηρητή οποιονδήποτε χώρο για πειραματισμό ή σφάλμα. Ορισμένες ομάδες έχουν κάνει πρόοδο στη μελέτη του προβλήματος του καθαρισμού συνθετικών χρωμάτων. Το έργο καθαρισμού ακρυλικών αποτελεί ένα καλό παράδειγμα του πώς το επάγγελμα του συντηρητή προβλέπει και αποτρέπει ένα πρόβλημα όσο ακόμα υπάρχει χρόνος να αντιμετωπιστεί και υπάρχουν επιλογές για μια ποικιλία λύσεων, συμπεριλαμβανομένης της καλύτερης πρόληψης [32] .
Αποτελεί παράδειγμα της εφαρμογής της επιστημονικής μεθόδου σε ένα καινούργιο και σημαντικό πρόβλημα συντήρησης που απαιτεί ριζική καινοτομία.

Ιστορικά, οι καλλιτέχνες προστατεύουν τις επιφάνειες των ελαιογραφιών με βερνίκι, ένα σύστημα που επιτρέπει να καθαριστούν με πινέλο ή ακόμα και να πλένονται σχετικά συχνά για την αφαίρεση συσσωρευμένων επιφανειακών ρύπων χωρίς έκθεση του χρώματος σε κίνδυνο. Δυστυχώς, το βερνίκι μαστίχας ή άλλα παραδοσιακά βερνίκια μαλακής ρητίνης δεν διαρκούν για πάντα. Μετά από μερικές δεκαετίες το βερνίκι κιτρινίζει και γίνεται εύθρυπτο, χάνοντας τη διαφάνειά του και η διαδικασία καθαρισμού μετατρέπεται στο ακόμα πιο προκλητικό πρόβλημα της αφαίρεσης του φθαρμένου βερνικιού απευθείας από την επιφάνεια της εικόνας. Ακόμα και όταν είναι καινούργιο, ένα βερνίκι αλλάζει την εμφάνιση ενός έργου ζωγραφικής. Αυξάνει τη διαφάνεια οποιωνδήποτε μερικώς επιστρωμένων

χρωστικών ή μέσων χαμηλού δείκτη διάθλασης και αποκαλύπτει μια νέα επιφάνεια, η οποία συχνά είναι στιλπνή.

Κατά το πλείστο, οι καλλιτέχνες έχουν αποδεχθεί τέτοιες άμεσες αλλαγές στην εμφάνιση υπέρ των μελλοντικών ωφελειών της προστασίας από τους ρύπους και από τους κινδύνους αφαίρεσης των ρύπων. Αναπόφευκτα, εξαιτίας της αυτοθυσιαστικής του φύσης, έχει επιβιώσει ελάχιστο πρώιμο υλικό βερνικιού και υπάρχουν εκπληκτικά λίγες λεπτομερείς ιστορικές αναφορές στην εφαρμογή βερνικιού, αλλά η καλύτερη απόδειξη είναι ότι οι καλλιτέχνες σε ολόκληρη την ιστορία των ελαιογραφιών και της ζωγραφικής με τέμπερα εφάρμοζαν βερνίκι [33]. Σε μερικά είδη ζωγραφικής, όπως το *tuchlein (ζωγραφική πάνω σε λινό ύφασμα),* δεν χρησιμοποιούσαν βερνίκι, αλλά έχουν επιβιώσει ελάχιστα παραδείγματα. Οι ζωγράφοι της αυλής του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα χρησιμοποιούσαν εκτενώς βερνίκι, οδηγώντας στην καθιέρωση των πρώτων καταγεγραμμένων εκστρατειών αφαίρεσης βερνικιού[34].Από τον 18^{ο} και 19^{ο} αιώνα, όταν οι κρατικές σχολές έλεγχαν το μεγαλύτερο μέρος της επαγγελματικής άσκησης της ζωγραφικής, η ανάγκη για βερνίκι έγινε υποχρεωτική. Η έννοια του *φινιρίσματος* ενσάρκωνε πολλές αντιλήψεις και μετατράπηκε σε άγραφη σύμβαση ποιότητας και αξιοπιστίας μεταξύ ακαδημαϊκού και αγοραστή έργου τέχνης. Μοιάζει κατά συνέπεια πιθανό, οι επαγγελματίες καλλιτέχνες και οι πελάτες ή προστάτες τους να θεωρούσαν πάντα την εφαρμογή βερνικιού ως μία αναγκαιότητα μονιμότητας και ότι οι καλλιτέχνες επέλεγαν να εκμεταλλευτούν τις ιδιότητές του τόσο για εικαστικά όσο και για πρακτικά οφέλη.

Πολλοί καλλιτέχνες, μέσα από άγνοια ή ακατάστατη πρακτική, συνέχιζαν να ζωγραφίζουν μέχρι τις καταληκτικές ημερομηνίες των εκθέσεων και στην συνέχεια άπλωναν αμέσως βερνίκι πάνω στο υγρό χρώμα. Η προσθήκη μιας μαλακής φυσικής ρητίνης στη λαδομπογιά εξακολούθησε να είναι δημοφιλής μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα [35]. Προσφέρει μία στιλπνή επιφάνεια, αλλά σε μεγάλη ποσότητα αποτρέπει το έλαιο να διασταυρωθεί επαρκώς έτσι ώστε να αντισταθεί στον διαλύτη που χρησιμοποιείται για την αφαίρεση του βερνικιού. Ο καθαρισμός, κατά συνέπεια, έχει μεγάλη σχέση με τις πρακτικές ζωγραφικής του καλλιτέχνη και τη συνέπειά τους σε ολόκληρο το έργο.

Στη σύγχρονη περίοδο, η χρήση βερνικιού έχει αμφισβητηθεί, πρώτα ως αντίδραση στις ελέγχουσες σχολές και στη συνέχεια ως πρόκληση στην έννοια της μονιμότητας. Οι Ιμπρεσιονιστές συνειδητοποίησαν ότι ένα κίτρινο βερνίκι θα αλλοίωνε τις έντονες χρωματικές αποχρώσεις τους και θα σκότωνε τις μπλε ή πορφυρές σκιές. Με το επίκεντρο να απομακρύνεται από τις σχολές, ο ρόλος της εφαρμογής βερνικιού έμοιαζε να έχει μείνει στις

εμπορικές ανησυχίες. Οι έμποροι συνέχιζαν να εφαρμόζουν βερνίκι, ακόμα και σε πίνακες Ιμπρεσιονιστών και σε προσχέδια ή μισοτελειωμένα έργα τα οποία μπορούσαν να πωληθούν και στα οποία μπορούσε να αποδοθεί ένα στιλπνό φινίρισμα [36] .Όλο και περισσότερο, ωστόσο, οι πελάτες τους άρχισαν να εκτιμούν τη δημιουργική διαδικασία ως μέρος μιας αλλαγής στην αντίληψη και τη φιλοσοφία, ειδικά περικλείοντας τη διαρκώς μεταβαλλόμενη βιομηχανική φύση του κόσμου.

Μεγάλο μέρος της σύγχρονης τέχνης εξερευνά τη δημιουργικότητα και την αυθεντικότητα και αυτό δεν ταιριάζει ιδιαίτερα με την έννοια του φινιρίσματος ή πράγματι, της μακροβιότητας. Σε ότι μας αφορά περισσότερο, μπορεί να αναγνωρίσουμε το μουσείο να αντικαθιστά τη σχολή ως τον ύστατο κριτή καλαισθησίας και να αναλαμβάνει τον ρόλο του υπερασπιστή της μονιμότητας από τον προστάτη της τέχνης. Είναι ξεκάθαρο ότι δεν μπορούμε τώρα να τεκμαίρουμε μια ομοφωνία πάνω στις παλιές πεποιθήσεις για τους σκοπούς ενός έργου τέχνης, του πόσο πρέπει να διαρκεί και του πώς θα πρέπει να παρουσιάζεται. Αυτά είναι τεράστια φιλοσοφικά ζητήματα που δεν μπορεί κανένας να περιμένει ότι οι συντηρητές θα εξετάσουν μόνοι τους [37]. Ωστόσο, όλο και περισσότερο, το πλαίσιο της συζήτησης παραμένει αόριστο. Η υπόθεση είναι ότι ο συντηρητής ξεκινά την εργασία του και αφαιρεί αποτελεσματικά το υλικό που μας εμποδίζει να δούμε το έργο, αποκαλύπτοντας κατά συνέπεια τη μεγαλοφυΐα του καλλιτέχνη. Φυσικά, η αφαίρεση ενός φίλτρου πορτοκαλί χρώματος που έχει σκουρύνει από μία πολύχρωμη ζωγραφική μπορεί να έχει έντονα αποτελέσματα, ωστόσο είναι μία πράξη πίστης στο ότι πολλές από τις ανεπαίσθητες σχέσεις θα βελτιωθούν με τον καθαρισμό. Αυτές σπάνια μπορεί να κριθούν μέσα από βερνίκι που έχει σκουρύνει. Ο ετήσιος ανοιξιάτικος καθαρισμός μπορεί να είναι απλώς βούρτσισμα ή αναρρόφηση σκόνης από το βερνίκι. Το πλύσιμο με νερό είναι πιο αποτελεσματικό και ίσως να πρέπει να εκτελείται κάθε μία ή δύο δεκαετίες. Αυτό συνήθως απαιτεί έναν παράγοντα διαβροχής για την εξασφάλιση της καλής επαφής με την επιφάνεια του βερνικιού και την αιχμαλώτιση των ρύπων εντός της επιφάνειας του υγρού.

Παραδοσιακές συνταγές που περιλαμβάνουν πατάτες και κρεμμύδια είναι ιδιαίτερα γνωστές [38]. Τα σίελα εξακολουθούν να θεωρούνται αποτελεσματικά και έχουν υποδειχθεί πολλά άλλα υλικά, συμπεριλαμβανομένου του βόρακα και των ούρων. Τα ανώτερα 10 μm ενός βερνικιού είναι πιο ευπαθή στην ακτινοβολία UV, την ατμοσφαιρική ρύπανση και την υγρασία και με το πέρασμα του χρόνου το βερνίκι γίνεται πιο πολικό και εύθρυπτο και πιο διαλυτό σε υδατικά μείγματα. Η επιφάνεια του βερνικιού και, κατά συνέπεια, το σώμα του βερνικιού αποσυντίθενται υπό τη δράση του επαναλαμβανόμενου καθαρισμού. Μπορούν να

εφαρμοστούν επιστρώσεις κεριού ή παπαρουνέλαιου για να «θρέψουν» την επιφάνεια του βερνικιού ώστε να επιμηκύνουν τη ζωή του, αλλά η αδιαφάνεια και το κιτρίνισμα καταστρέφουν τις οπτικές ιδιότητές του. Ίσως να έχουν περάσει μέχρι και δύο γενιές από τότε που κάποιος είδε το έργο μέσα από ένα καθαρό φρέσκο βερνίκι. Η αφαίρεση ενός καλά οξειδωμένου βερνικιού μαστίχας από μία πλήρως ξηραμένη μεμβράνη ελαίου [39] χρησιμοποιώντας, παραδείγματος χάρη, αποστάγματα οίνου εκτελείται εδώ και αιώνες [40].

Η εναλλακτική λύση της χρήσης τριβής για τη διάλυση της εύθρυπτης μεμβράνης μαστίχας υπήρξε, επίσης, επί μακρόν στυλοβάτης του καθαρισμού έργων ζωγραφικής. Τον 18^{ο} αιώνα, οι καλλιτέχνες άρχισαν να μεταβάλλουν τα μέσα που χρησιμοποιούσαν με την προσθήκη βερνικιών και κεριών. Σε συνδυασμό με την εισαγωγή βερνικιών λαδιού και την αισθητική αποκατάσταση (ρετούς) των ζημιών χρησιμοποιώντας λαδομπογιές, η δουλειά του αποκαταστάτη έγινε ακόμα πιο δύσκολη [41]. Το ανεπιθύμητο έλαιο έπρεπε να διαλυθεί χωρίς να καταστραφεί το αρχικό χρώμα χρησιμοποιώντας χημικά μέσα. Η διαθέσιμη μέθοδος ήταν η σαπωνοποίηση ή αλκαλική υδρόλυση, που συνήθως επιτυγχανόταν με τη χρήση σαπουνιού αλισίβας ή ποτάσας. Στη συνέχεια, όπως και τώρα, σημαντική πρόκληση αποτελούσε το πρόβλημα του ελέγχου της αντίδρασης πάνω στην επιφάνεια της ζωγραφικής. Το αλκαλικό υλικό πρέπει να περιορίζεται στην περιοχή που θέλουμε να διαλύσουμε και στη συνέχεια να αφαιρείται ή να εξουδετερώνεται για την αποφυγή περαιτέρω αντίδρασης, χωρίς διάδοσή του στο ευαίσθητο αρχικό χρώμα. Ευνοήθηκαν φόρμουλες εξάτμισης βασισμένες στο υδροξείδιο του αμμωνίου. Η αφαίρεση σκληρών παλαιών μεμβρανών ελαίου μπορεί επίσης να βοηθηθεί με την εφαρμογή μηχανικών μεθόδων απόξεσης ή απομάκρυνσης με νυστέρι, μερικές φορές συνδυάζοντας μεθόδους αντιδραστηρίου, διαλύτη και νυστεριού κατ' επανάληψη για τη μείωση του επιχρωματισμού. Η διαδικασία απαιτεί μεγάλη δεξιότητα, συγκέντρωση και προσπάθεια, αναγνωρίζοντας ότι ο χώρος για ελιγμούς είναι ελάχιστος και ότι οποιοδήποτε ολίσθημα είναι πιθανό να προκαλέσει ζημιά.

Οι διαλύτες υπήρξαν και συχνά παραμένουν, η πρώτη επιλογή των συντηρητών για την αφαίρεση ενός βερνικιού. Παραδοσιακά, αποστάγματα κρασιού και τερεβινθίνης είναι τα πιο άμεσα διαθέσιμα διαλυτικά από την εποχή που η απόσταξη ήρθε στην Ευρώπη. Αιθέρια έλαια όπως λεβάντα, δεντρολίβανο, γαρίφαλο και πολλά άλλα χρησιμοποιούνταν επίσης ως περιοριστές. Το 19ο αιώνα, έγιναν διαθέσιμα πιο ειδικά χημικά.
Ο Ruhemann [42] περιέγραψε τη δοκιμή περιθωρίου, που περιλαμβάνει τη χρήση πολύ μικρών μάκτρων για τον έλεγχο κάθε περιοχής και τον περιορισμό οποιασδήποτε δυνητικής ζημιάς στο επίπεδο της οπτικής

ευκρίνειας. Ο Stolow [43] μέτρησε τη διόγκωση των μεμβρανών χρώματος από οργανικούς διαλύτες, παρέχοντας το πρώτο πλαίσιο στο οποίο μπορούμε να συγκρίνουμε την επιλογή των διαλυτών [44]. Η ερμηνεία του Stolow αντιμετωπίστηκε με επικρίσεις από τους επαγγελματίες, οι οποίοι συνειδητοποίησαν ότι διαστρέβλωνε το μοντέλο της διαδικασίας καθαρισμού αγνοώντας τους ρυθμούς της εξάτμισης των διαλυτών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της έκθεσης κατά τη διάρκεια του καθαρισμού εξάτμισης με μάκτρο.

Πιο πρόσφατα, ο Phenix [45] εξέφρασε νέες ανησυχίες γι' αυτή την έρευνα. Για να έρθει πρόοδος από την επιστημονική έρευνα, θα πρέπει να υπάρχει καλή ενημέρωση των έργων από τους επαγγελματίες προκειμένου αυτά να αντιμετωπίζουν τα σωστά ερωτήματα και οι ερευνητές πρέπει να μεταφράζουν τα αποτελέσματά τους στην εργαστηριακή πρακτική του συντηρητή [46]. Το επόμενο βήμα είναι να γίνεται αναφορά της πρακτικής εμπειρίας οποιασδήποτε νέας μεθόδου και πάλι στον επιστήμονα προκειμένου να τελειοποιηθεί η ανάλυση και να επαναληφθεί ο κύκλος. Το διάγραμμα Teas (1968) ήταν ο πρώτος τρισδιάστατος χάρτης διαλυτότητας που παρείχε καλύτερο θεωρητικό πλαίσιο, αλλά όπως υπέδειξε ο Feller, ένας χάρτης δεν σου λέει που βρίσκεσαι, είναι χρήσιμος μόνο όταν έχεις βρει τη θέση σου. Υπάρχουν πολλά ακόμα που μπορούμε να μάθουμε για το στέγνωμα των λαδομπογιών και τη συμπεριφορά των στεγνωμένων μεμβρανών λυνοξύνης [47] την αλληλεπίδραση του λαδιού με χρωστικές [48] και τις φυσικές ρητίνες, τη συμπεριφορά αυτών των συστημάτων σε επακόλουθη οξείδωση και φθορά [49] και πώς όλα αυτά επηρεάζουν τη διόγκωση του χρώματος από τους διαλύτες και το νερό [50].

Ο Wolbers [51] υπερασπίστηκε εναλλακτικές λύσεις αντί των διαλυτών, προτείνοντας μία νέα προσέγγιση στον καθαρισμό επιφανειών χρωμάτων και δημιούργησε ένα θεωρητικό πλαίσιο ώστε να προσδώσει αξιοπιστία στις προτάσεις του. Η προσεκτική επιλογή των κατάλληλων επιφανειοδραστικών παραγόντων σε συστήματα βασισμένα στο νερό μπορεί να είναι αποτελεσματική στην αφαίρεση οξειδωμένων βερνικιών και βερνικιών λαδιού καθώς και ρύπων.

Η αρχική ανησυχία είχε επικεντρωθεί σε αμφιβολίες για την αποτελεσματική εκκαθάριση μη-εξατμιστικών υλικών υψηλού μοριακού βάρους, αλλά αυτές οι ανησυχίες έχουν αντιμετωπιστεί σε μεγάλο βαθμό [52].
Τα σκευάσματα του Wolbers παρείχαν νέα εργαλεία για την αφαίρεση επίμονου υλικού με μεγαλύτερο έλεγχο.

Τα έργα ζωγραφικής χωρίς εφαρμογή βερνικιού είναι μια σχετικά νέα πρόκληση για τους συντηρητές. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970

καθαρίστηκε στην Tate (Πινακοθήκη Τέιτ) μία ομάδα μισοτελειωμένων προσχεδίων με λάδι του Turner [53]. Ήταν μια ενδιαφέρουσα ομάδα έργων αφού είχαν συγκεντρώσει περισσότερα από 120 χρόνια συσσώρευσης ρύπων από τότε που έφυγαν από το εργαστήριο του καλλιτέχνη [54] μερικές περιπτώσεις τα δοκιμαστικά προσχέδια δεν φαίνονταν κάτω από τους ρύπους. Δοκιμάστηκαν διάφορες μέθοδοι με βάση το νερό, όπως σίελο, αραιωμένο υδροξείδιο του αμμωνίου και μη ιοντικά απορρυπαντικά.
Όλα αφαίρεσαν το μεγαλύτερο μέρος του στρώματος των ρύπων, αλλά άφησαν ένα ανομοιόμορφο γκρι πάνω στο κυρίαρχο λευκό απορροφητικό φόντο. Το πρόβλημα ήταν η αφαίρεση του υπολειπόμενου γκρι στρώματος.

Στην συγκεκριμένη περίσταση η λύση που επιλέχθηκε ήταν η χρήση πλαστικοποιημένου σβηστήρα πολυβινυλοχλωριδίου (Mars Staedtler) μέσω μιας διαβρεγμένης με νερό επιφάνειας. Οι ρύποι ενσωματώθηκαν στον σβηστήρα και αφαιρέθηκαν από την απορροφητική επιφάνεια [55]. Αργότερα, δοκιμάστηκε κιτρικό αμμώνιο σε παρόμοιο υλικό και βρέθηκε ότι παρήγαγε το ίδιο αποτέλεσμα. Ενεργούσε ως χηλικός παράγοντας που αγκιστρωνόταν πάνω στα συνδεδεμένα με τα σωματίδια των ρύπων μόρια [56]. Ο Wolbers (2000) εξηγεί γιατί ανιχνεύτηκε μόλυβδος στα μάκτρα καθαρισμού. Υφασμάτινα και χάρτινα στοιχεία συχνά εκτίθενται πάνω σε σύγχρονα έργα τέχνης. Πρόκειται για απορροφητικές επιφάνειες με ομάδες υδροξυλίου που αμέσως προσκολλούνται σε σωματίδια, προσελκύοντας ρύπους με τριχοειδείς δυνάμεις και αιχμαλωτίζοντας τους με μηχανικά μέσα στην ανοικτή ινώδη δομή τους.

Οι υγρές μέθοδοι καθαρισμού μπορεί να είναι αποτελεσματικές στην απομάκρυνση ρύπων, αλλά μπορεί να αλλάξουν δραματικά την υφή και την εμφάνιση της επιφάνειας. Ο στεγνός καθαρισμός με σκόνες είναι λιγότερο αποτελεσματικός, ακόμα και με ψωμί, όπου υπάρχει παρουσία κάποιας υγρασίας και σε μεγάλο βαθμό δεσμεύεται στο ψωμί. Ένας συνδυασμός ήπιας τριβής και περισυλλογής ρύπων αφήνει τη συνολική επιφάνεια πιο καθαρή και ανέπαφη, αλλά δεν επαρκεί για την αντιμετώπιση τοπικών κηλίδων. Μπορούν να εφαρμοστούν τοπικά διάφορα συστήματα αναρρόφησης που έχουν δημιουργηθεί για τη συντήρηση χαρτιού και υφασμάτων.

Είτε για την αφαίρεση των ρύπων είτε του βερνικιού, υπάρχουν πολλά παραδείγματα συντηρητών που χρησιμοποιούν εφευρετικότητα, δανειζόμενοι στοιχεία από άλλους τομείς, βγάζοντας συμπεράσματα από παραδοσιακές μεθόδους ή απλώς ευφυώς εφαρμόζοντας ένα ρεπερτόριο καθιερωμένων τεχνικών. Αλλά κατά την εργασία σε μεμονωμένα έργα ζωγραφικής, ο προσδιορισμός των αποτελεσμάτων μπορεί να είναι δύσκολος και σπάνια επιτρέπει πραγματική σύγκριση με εναλλακτικές

μεθόδους. Οι επιστημονικές μελέτες μπορούν να εκτελέσουν καλύτερα αυτό το έργο της εξήγησης των επιτυχιών που παρατηρούνται και της ανάλυσης των μηχανισμών. Πιο λεπτομερής εξέταση χρησιμοποιώντας διατομές ή όλο και πιο πολύ εξεζητημένη ανάλυση μπορεί να αποκαλύψει την κατασκευή των στρωμάτων του χρώματος και του βερνικιού [57]. Αυτό μπορεί να πει στον συντηρητή πόσοι ρύποι υπάρχουν πάνω στην επιφάνεια ή κάτω από το βερνίκι και που υπάρχουν αρχικές λαζούρες πάνω στο στρώμα του χρώματος και να αποκαλύψουν ενδείξεις αισθητικής αποκατάστασης (ρετούς). Μπορεί επίσης να αναγνωρίσει ένα πολύ λεπτό στρώμα βερνικιού ασπραδιού [58] ή εκείνο που προσδίδει στη μεμβράνη χρώματος μια πατίνα [59]. Ο υπεριώδης φθορισμός αναγνωρίζει την έκταση του βερνικιού και της προηγούμενης αισθητικής αποκατάστασης (ρετούς) και τοπικές δοκιμές καθαρισμού αποκαλύπτουν τη διαλυτότητα του βερνικιού και την τοπική αντίδραση του χρώματος στους διαλύτες.

Η γνώση των μεθόδων του καλλιτέχνη που προκύπτει από τη μελέτη άλλων έργων ζωγραφικής καθώς και μία ερμηνεία του έργου που καθαρίζεται αποτελεί σημαντική προϋπάρχουσα γνώση, ένα νοητικό μοντέλο του τι μπορεί να περιμένει κανείς, επιτρέποντας μια πιο λεπτομερή έρευνα της υπό εξέταση εργασίας. Η ανάλυση των υλικών μπορεί να αποκαλύψει τις χρωστικές και το κύριο μέσο και η ανίχνευση ελάσσονων συστατικών, όπως τα πολύ σημαντικά πρόσθετα στο μέσο, τα οποία μπορεί να αλλάξουν σημαντικά τις ιδιότητές του, είναι όλο και περισσότερο δυνατή.

➢ *ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ*

Τα τελευταία χρόνια υπήρξαν πολλές μελέτες των υλικών και των τεχνικών των καλλιτεχνών, κατά ένα μέρος προκειμένου να κατανοηθεί η πρόθεση του καλλιτέχνη, αλλά και επίσης για να υποστηριχθεί η διαδικασία της συντήρησης. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πόσο σταθερός είναι ένας καλλιτέχνης στη χρήση των υλικών, παραδείγματος χάρη, στην προσθήκη βερνικιού ή κεριού στα χρώματα για τη βελτίωση του χειρισμού ή των ιδιοτήτων στεγνώματος, την επανεπεξεργασία μίας περιοχής, την απόξεση χρώματος, τον επιχρωματισμό, τη ζωγραφική wet on wet (υγρό σε υγρό), την εγκατάλειψη του έργου για μεγάλο χρονικό διάστημα στη φάση της ζωγραφικής, τη χρήση πρωτότυπων μεθόδων εφαρμογής, όπως μαχαίρι-παλέτα, πιστόλι ψεκασμού, κολάζ ή τεχνικές φροτάζ (frottage), τη δημιουργία υφής με την προσθήκη αδρόκοκκων υλικών ή την αφαίρεση του ελαιώδους μέσου για τη δημιουργία μίας απορροφητικής επιφάνειας, τον συνδυασμό διαφορετικών μέσων είτε σε στρώματα πάνω στη ζωγραφική είτε προαναμεμειγμένα πάνω στην παλέτα, ή τη χρήση χαλαρά συνδεδεμένων χρωστικών. Οι δυνατότητες είναι ατελείωτες και η γνώση της ύπαρξης και της θέσης όλων αυτών των δυνητικών προβλημάτων είναι

σημαντική για τον συντηρητή, βοηθώντας στην αποφυγή λανθασμένης ανάγνωσης της πρόθεσης του καλλιτέχνη και τη διάκριση μεταξύ αρχικού και μεταγενέστερου υλικού.

Είναι καθήκον του συντηρητή να κατανοήσει το σύνηθες εύρος των πρακτικών του καλλιτέχνη και να εξετάσει τον πίνακα ζωγραφικής προκειμένου να αναπτύξει ένα μοντέλο του τι μπορεί να έκανε ο καλλιτέχνης. Αν υπάρχουν διαθέσιμες πηγές, όπως όλο και περισσότερο απαιτείται, μπορεί να πραγματοποιηθεί κάποια ανάλυση για την αντιμετώπιση των ερωτημάτων που τίθενται από την εξέταση του συντηρητή [60]. Ενημερωμένος με αυτή τη γνώση, ο συντηρητής κάνει προβλέψεις για το πώς θα αντιδράσουν το βερνίκι και το χρώμα στην επιλεγμένη μέθοδο καθαρισμού και μπορεί σταδιακά να εξερευνήσει την επιφάνεια της ζωγραφικής.

➢ *ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ*

Μία μόνο εργασία δεν είναι δυνατόν να καλύψει ολόκληρη τη συζήτηση για την ανάπτυξη των αισθητικών, ηθικών και επιστημονικών αντιλήψεων της αποκατάστασης. Πρέπει να ελπίζουμε ότι οι τρέχουσες μέθοδοι αποκατάστασης θα προσφέρουν μια καταλυτική επίδραση και κατεύθυνση που θα βοηθήσει στην καθοδήγηση των αποφάσεων επεξεργασίας. Φυσικά, η ανάλυση των συνδετικών υλικών, επιστρώσεων κ.λπ. τα οποία χρησιμοποιήθηκαν τους περασμένους αιώνες έχει γίνει πιο ακριβής και αυτό καθιστά τις εργασίες αποκατάστασης πολύ καλύτερες. Επίσης, γνωρίζουμε περισσότερα για τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα. Ωστόσο, αυτό δεν θα πρέπει να θεωρείται ως άδεια για τη χρήση αυτών των υλικών χωρίς σκέψη. Θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί και να μη βασιζόμαστε πλήρως στην επιστήμη, η οποία μπορεί να μας πείσει, με αδικαιολόγητη βεβαιότητα, ότι τα σημερινά διαθέσιμα υλικά και τεχνικές αποκατάστασης είναι πάντα πολύ καλύτερα από αυτά των προηγούμενων περιόδων.

Ειδικότερα, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μακροχρόνιες επιδράσεις χημικών και διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα δεν είναι ακόμα γνωστές. Προκειμένου να επιτευχθεί ένα βέλτιστο και αντικειμενικό αποτέλεσμα στην αποκατάσταση, ιστορικοί τέχνης, επιστήμονες και συντηρητές θα πρέπει να λαμβάνουν ισότιμα μέρος στη διατύπωση των στόχων και των μεθόδων για τον καθαρισμό των έργων ζωγραφικής, χρησιμοποιώντας τεχνικές, ιστορικές και αισθητικές απόψεις. Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι ο συνδυασμός έρευνας τέχνης, ιστορίας και επιστήμης είναι βέλτιστα

αποτελεσματικός για ένα έργο τέχνης όταν οι συμμετέχοντες σέβονται ο ένας τον κλάδο του άλλου στον ίδιο βαθμό.

Τα κρίσιμα προκαταρκτικά βήματα πριν την επεξεργασία είναι η ιστορική έρευνα και η αναφορά της κατάστασης του έργου. Διατριβές για έργα ζωγραφικής και τη σωστή τους ερμηνεία αποτελούν μια σημαντική πηγή πληροφοριών για την προετοιμασία μιας παρέμβασης. Η εμφάνιση που οι ζωγραφισμένες επιφάνειες παρουσιάζουν είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών που χρησιμοποιούνται από τους καλλιτέχνες και το ιστορικό γήρανσης και αποκατάστασης.
Οι επιφάνειες μπορεί να είναι διάφανες, ελαφρώς σκούρες, ματ ή γυαλιστερές και μπορεί να είχαν χρησιμοποιηθεί φυσικές ή τεχνητές ρητίνες και έλαια. Τα θέματα της λαζούρας, οι τεχνικές της, τα χρωματισμένα έλαια και οι επιστρώσεις ρητίνης και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν έπαιξαν έναν σημαντικό ρόλο. Αυτά αναπτύσσονται σε πολλές διατριβές για τη ζωγραφική και αποτελούν μία σημαντική πηγή πληροφοριών για την έκφραση κρίσεων όσον αφορά τον καθαρισμό [61].

Η υπερβολική χρήση παπαρουνέλαιου και ασφάλτου και επίσης η ξεχωριστή τεχνική ζωγραφικής του καλλιτέχνη αποτελούν συχνά τη βάση για την κακή κατάσταση πολλών έργων ζωγραφικής. Αυτές οι καταστάσεις συνέβησαν πολλές φορές από τον δέκατο ένατο αιώνα. Παραδείγματα περιλαμβάνουν έργα των Hans von Maree, Arnold Bocklin, και Joshua Reynolds. Ο Hans von Maree ζωγράφιζε ένα σχεδόν αναρίθμητο πλήθος στρωμάτων (μέχρι 70) λαδιού και τέμπερας, το ένα πάνω από το άλλο. Ο Bocklin περνούσε φάσεις που χρησιμοποιούσε τεχνικές κεριού, έκανε πειράματα με αρχαία εγκαυστικά, ζωγράφιζε με τέμπερα και χρησιμοποιούσε βερνίκι. Ήταν εξαιρετικά καινοτόμος σε βάρος των συντηρητών.

Το πιο σημαντικό είναι ότι μία προσεκτικά προετοιμασμένη αναφορά για την κατάσταση πρέπει να αποτελεί τη βάση για κάθε απόφαση που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια της επακόλουθης αποκατάστασης. Πρέπει να περιέχει όλες τις πληροφορίες για το έργο τέχνης, συμπεριλαμβανομένου ενός πλήρους καταλόγου όλων των ορατών φαινομένων χωρίς ερμηνεία ή κρίση. Είναι απαραίτητη η γνώση των τοπογραφικών χαρακτηριστικών, των ποικίλων ζωγραφικών παραδόσεων και των ατομικών τεχνικών και πειραματισμών. Ωστόσο, οι πηγές πληροφόρησης είναι συχνά δυσεύρετες. Αυτός είναι επίσης ένας από τους λόγους που τα μουσεία Munich Pinakothek προτιμούν σε πολλές περιπτώσεις να εκτελούν μια προσεκτική μείωση του βερνικιού παρά μια ολική αφαίρεση. Οι παρεμβάσεις καθαρισμού εξακολουθούν να εμπεριέχουν τον κίνδυνο καταστροφής του αρχικού στρώματος χρώματος και αποτελούν την αιτία των μεγαλύτερων αλλαγών στην αισθητική εμφάνιση των έργων ζωγραφικής. Προφανώς, ο

καθαρισμός βασίζεται πάντα σε υποκειμενικά κριτήρια. Ωστόσο, ο στόχος θα πρέπει να εξακολουθεί να είναι η πορεία πάνω σε μια ιστορική βάση και τηρώντας τεχνικές καθώς και αισθητικές απόψεις. Το σύνθημα θα πρέπει να είναι «πρώτα παρατήρησε, μετά ενήργησε». Προκειμένου να εκπληρωθεί το καθήκον της διατήρησης του πρωτοτύπου, πρακτικές και τεχνικές ικανότητες, ευρεία γνώση και ηθικές αρχές εξυπηρετούν εξίσου ως θεμελιώδη κριτήρια για όλες τις αποφάσεις αποκατάστασης. Μόνο αυτά τα κριτήρια και η χρήση τους μπορούν να αποτελέσουν την ηγετική αρχή για μια σχετικά αντικειμενική εργασία, απελευθερωμένη από τη μόδα της εποχής. Ιστορικοί τέχνης, επιστήμονες και συντηρητές μοιράζονται κάτι κοινό: το υπό συζήτηση έργο ζωγραφικής. Μια συζήτηση η οποία επικεντρώνεται σε μια ανάλυση του τι λέει ένα έργο τέχνης, τι επεδίωκε ο καλλιτέχνης και ποιες ήταν οι συνθήκες ζωής και εργασίας του καλλιτέχνη σε σχέση με την κοινωνία εκείνη την εποχή θα πρέπει να γοητεύει και να πλουτίζει τους ορίζοντες όλων των συμμετεχόντων [62].

Β. Ειδικό Θεωρητικό Μέρος

- ## Β.1.Επιφανειακά Χαρακτηριστικά των χρωμάτων και Επιπτώσεις στην Αποκατάσταση.

Σε πειραματικό επίπεδο έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες που αφορούν την μελέτη δειγμάτων χρώματος για τον προσδιορισμό των μορφολογικών και φυσικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας πριν και μετά τον καθαρισμό, με και χωρίς εσκεμμένη φθορά. Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μέσα ανάλυσης για τη μελέτη της μορφολογίας της επιφάνειας, όπως ψηφιακή φωτογραφία, σωματομετρικές μελέτες, μετρήσεις τραχύτητας (ομοεστιακή προφιλομετρία λευκού φωτός) και μικροσκοπική παρατήρηση, τόσο στερεοσκοπική όσο και ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM). Αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση χαρακτηριστικών που συνεισφέρουν στην αντίληψη που έχουμε για ένα έργο ζωγραφικής.

Η κατεστραμμένη επιφάνεια ενός χρώματος που με την πρώτη ματιά μπορεί να μοιάζει να είναι ανέπαφο διαφέρει οπτικά από ένα κατά τ' άλλα μη κατεστραμμένο χρώμα. Μπορεί η ανάλυση των επιφανειακών φαινομένων μιας μεμβράνης χρώματος να έχει άμεση επίδραση στον προσανατολισμό της αποκατάστασης ενός έργου ζωγραφικής; Όπως

συμβαίνει και με ένα σύνολο οπτικών εφέ, ακόμα και οι πιο ανεπαίσθητες διαταραχές στην επιφάνεια μπορούν και αλλάζουν τον χαρακτήρα της.
Η παρατήρηση του τι αποτελεί την επιφάνεια ενός έργου ζωγραφικής και σε τι βαθμό οι ανεπαίσθητες διαταραχές παίζουν ρόλο στην πραγματική εμφάνιση ενός έργου τέχνης μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του βαθμού στον οποίο οι ανεπαίσθητες βλάβες παίζουν ρόλο στην πραγματική εμφάνιση ενός έργου ζωγραφικής και επίσης προσθέτουν διορατικότητα στις επιλογές επεξεργασίας.

Φθορές μέσα από την επιφάνεια φυσικά παλαιωμένων αποχρωματισμένων χρωμάτων, όπως lead white (λευκό του μολύβδου), lead tin yellow (κίτρινο μόλυβδου- κασσίτερου), ή copper resinate green (πράσινο του (ρητινικού) χαλκού), μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν ως σημεία ή περιοχές φωτεινού χρώματος, που συνήθως βρίσκονται σε αιχμές του ιμπάστο (παχιάς επίστρωσης χρώματος). Η φωτεινή περιοχή περιβάλλεται από παλαιωμένο, λιγότερο ποικιλόχρωμο χρώμα, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

Εικόνα 1 : Πίνακας πριν τον Καθαρισμό [63]

Εικόνα 2 : Πίνακας μετά τον Καθαρισμό[63]

Ένας συντηρητής, όταν εξοικειωθεί με αυτού του είδους τις φθορές όπου η αντίθεση είναι υψηλή, μπορεί να αναγνωρίσει πιο ανεπαίσθητες μεταβολές στο χρώμα σε ευρύτερα επίπεδα φαινομενικά ανέπαφου χρώματος. Η αντίθεση, η οποία μπορεί να είναι έντονη, μπορεί να είναι διδακτική για την κατανόηση της αρχικής χρήσης του χρώματος από τον καλλιτέχνη. Ωστόσο, μπορεί επίσης να έχει μία διασπαστική επίδραση πάνω στη σύνθεση.

Η μικροανάλυση επιβεβαιώνει ότι η μεταβολή του χρώματος είναι πραγματικά αποτέλεσμα των διαφορών στη δομή της επιφάνειας μεταξύ μη-κατεστραμμένου και κατεστραμμένου χρώματος. Η προσεκτική αισθητική αποκατάσταση (ρετούς) μιας τέτοιας πραγματικής βλάβης στην επιφάνεια του χρώματος, με μόλις ελάχιστο χρώμα αισθητικής

αποκατάστασης για την εξάλειψη των οπτικών διαταραχών, μπορεί να έχει σημαντικό αποτέλεσμα στην ενοποίηση της συνολικής εμφάνισης της εικόνας. Ο προσδιορισμός, αναγνώριση και αποκατάσταση βλάβης σε φυσικά παλαιωμένο χρώμα μπορεί να ενσωματώσει εκ νέου και να εναρμονίσει οπτικώς φθαρμένα περάσματα χρώματος, οδηγώντας σε ανεπαίσθητο αλλά ωστόσο αναγνωρίσιμο αισθητικό αντίκτυπο στη συνολική σύνθεση που με κανέναν τρόπο δεν εκθέτει την αρχική πρόθεση του καλλιτέχνη, αλλά την επανεδραιώνει. [63-64].

- B.2. Polyvinyl Acetate- Οξικό πολυβινύλιο

➢ *ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΩΝ*

Το PVAc χρησιμοποιήθηκε από καλλιτέχνες τόσο ως διάλυμα όσο και ως γαλάκτωμα από την στιγμή που πρωτοεμφανίστηκε και έγινε διαθέσιμο στις παραπάνω μορφές, στις αρχές του 1930 και στα μέσα του 1940 αντίστοιχα. Τα πολυμερή διαλύματα διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες, ξηραίνονται μέσω εξάτμισης και παραμένουν διαλυτά στον φορέα διάλυσης. Αντιθέτως, τα πολυμερή γαλακτώματα είναι διεσπαρμένα στο νερό και ξηραίνονται – στεγνώνουν με την εξάτμιση του νερού που ακολουθείται από την συνένωση των σωματιδίων του πολυμερούς. Από την στιγμή που στεγνώσουν τα γαλακτώματα αυτά γίνονται αδιάλυτα στους διαλύτες, παρότι διογκώνονται από τους περισσότερους διαλύτες που περιέχουν νερό.

Διαλύτες από vinyl acetate-οξικό βινύλιο χρησιμοποιήθηκαν από τους Gutiérrez και Siqueiros από τις αρχές της δεκαετίας του ’30 ενώ οι Αμερικάνοι καλλιτέχνες Lue Osborne και Cordray Simmon αξιοποίησαν PVAc διαλύματα το 1938. Το πιθανότερο είναι ότι αυτά τα διαλύματα αναμείχθηκαν με μελάνι που είχε ως βάση το νερό για πρώτη φορά από τον Αμερικάνο γλύπτη David Smith σε κάποια από τα σχέδια του προς το τέλος της δεκαετίας του ’50 ή στις αρχές του ΄60.

Ο επίσης Αμερικάνος ζωγράφος Karl Zerbe ήταν ο πρώτος που το 1945 πειραματίστηκε με τα γαλακτώματα PVAc και συγκεκριμένα με το Polyco 953-7A της εταιρίας Borden . Την ίδια χρονιά ο Alfred Duca συνεργάστηκε με την προαναφερθείσα εταιρία με σκοπό να εξελίξει και να βελτιώσει τις βαφές τέμπερας βασισμένες στα PVAc γαλακτώματα. Δυστυχώς όμως τα αποτελέσματα τότε δεν ήταν τα αναμενόμενα λόγω του ότι εμφανίστηκαν

προβλήματα διασποράς των χρωστικών. Περίπου το 1957 ο Αυστραλός καλλιτέχνης Sidney Nolan άρχισε να χρησιμοποιεί αυτά τα γαλακτώματα αφού όμως πρώτα τα ανέμειξε με ξηρές χρωστικές, φτιάχνοντας έτσι μία μπογιά οικονομική που ταυτόχρονα στεγνώνει πολύ γρήγορα.

Στις μέρες μας, γαλακτώματα βασισμένα στις ρητίνες PVAc σπανίως συναντώνται σε έργα τέχνης. Παρόλα αυτά, το 1960 οι πίνακες ζωγραφικής του Βρετανού καλλιτέχνη Bridget Riley αποτελούν τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα χρήσης των παραπάνω γαλακτωμάτων. Ο Riley τα προτίμησε επειδή δημιουργούν μία χαρακτηριστικά επίπεδη επιφάνεια. Το PVAc ήταν και παραμένει σημαντικός παράγοντας του αποκλεισμού άλλων συνδετικών υλικών στην παρασκευή ζωγραφικών γαλακτωμάτων στην Αγγλία.. Ο Αμερικάνος καλλιτέχνης Robert Ryman για το διάσημο έργο του ''Varese Wall'' χρησιμοποίηση κατ' αποκλειστικότητα τέτοια χρώματα σε μορφή γαλακτώματος.

- *PVAc*

Η εξέλιξη των επικαλύψεων βασισμένων σε PVAc πραγματοποιήθηκε ατην Γερμανία. Αυτά τα πρώτα διαλύματα επικαλύψεων τέτοιας σύστασης, πρωτοεμφανιζόμενα στις αρχές του '30, δεν είχαν όμως κάποιον ουσιώδη αντίκτυπο στην βιομηχανία των χρωμάτων ζωγραφικής μέχρι το 1940 που έχουμε την εμφάνιση των γαλακτωμάτων αντίστοιχης σύστασης. Το PVAc παρουσιάζει πολλές σημαντικές ιδιότητες. Οι επιστρώσεις με αυτό χαρακτηρίζονται από μηχανική σταθερότητα, είναι εύκολες στην εφαρμογή, καθαρίζονται εύκολα, ενώ ταυτοχρόνως προσκολλώνται εξαιρετικά στο ξύλο, στο πλαστικό και στο τσιμέντο, ενώ επίσης είναι ανθεκτικές στην υπεριώδη ακτινοβολία και στην οξείδωση. Η αντίσταση που παρουσιάζουν τόσο στο νερό όσο και στα αλκάλια είναι σημαντική και σε συνδυασμό με την διαπερατότητα τους στην υγρασία θεωρούνται χρήσιμα για καλύψεις κενών – ακόμα και σε νωπούς σοβάδες-. Τα γαλακτώματα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί ως συνδετικά σε στεγνωτικά, και σε χρώματα κάλυψης εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας. Το PVAc συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα μονομερή. Οι μονομερείς ρητίνες του PVAc ήταν πιο διαδεδομένες στην Ευρώπη από ότι στην Αμερική, μέχρι που στα μέσα της δεκαετίας του '50 έγινε συνήθης ο συμπολυμερισμός του PVAc με ακρυλικά για χρήση σε τοιχοποιίες εσωτερικού διάκοσμου.

➢ *ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ PVAc*

Ο πολυμερισμός του PVAc γαλακτώματος περιλαμβάνει τον πολυμερισμό του οξικού βινυλίου σε περιεκτικότητα στερεού από 50 % έως 55%, παρουσία επιφανειοδραστικού 0,05-1.5%. Τα επιφανειοδραστικό μπορεί να είναι μη ιονικό, ανιονικό ή συνδυασμός και των δύο. Είναι υποχρεωτικό όμως να είναι σταθερό σε όξινες συνθήκες, αφού ο πολυμερισμός πραγματώνεται σε pH μεταξύ του 4 και του 6. Προστατευτικά κολλοειδή στην μορφή της πολυβινυλικής αλκοόλης – PVAl – ή παράγωγα κυτταρίνης συχνά εμπεριέχονται στον πολυμερισμό αυτό. Πιθανή είναι η παραγωγή γαλακτώματος PVAc μαζί με όλα τα επιφανειοδραστικά, όλα τα κολλοειδή ή και μείγμα αυτών των δύο. Η ποσότητα των επιφανειοδραστικών και των κολλοειδών που εμφανίζεται είναι συνήθως της τάξης του 3% και ένα ρυθμιστικό διάλυμα όπως για παράδειγμα το όξινο ανθρακικό νάτριο $NaHCO_3$ ενδέχεται να προστεθεί έτσι ώστε να ρυθμιστεί το pH. Η αντίδραση διαρκεί από 4 έως 6 ώρες και πραγματοποιείται σε θερμοκρασιακό εύρος 65-90 °C. Τα ελεύθερα μονομερή παρότι λειαίνουν την αποξηραμένη ρητίνη πρέπει να απομακρυνθούν. Τα μη τροποποιημένα φιλμ του PVAc είανι πολύ σκληρά και εύθραυστα για να σχηματίσουν μία συνεχόμενη στρωματική επικάλυψη. Έτσι με σκοπό την παραλαβή ενός μαλακότερο και πιο εύκαμπτου φιλμ , απαιτείται εσωτερική ή εξωτερική πλαστικοποίηση. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του ’50 ήταν διαθέσιμες ρητίνες μόνο εξωτερικά πλαστικοποιημένες. Το γαλάκτωμα τελικά τροποποιήθηκε με την προσθήκη 2-5% πλαστικοποιητή, όπως είναι ο φθαλικός διβουτυλεστέρας- $C_{16}H_{22}O_4$ και το φωσφορικό τρικρεσύλιο- $OP(OC_6H_4CH_3)_3$. Παρόλα αυτά όμως τα εξωτερικώς πλαστικοποιημένα φιλμ γινόντουσαν αδύναμα και εύθραυστα διότι ο πλαστικοποιητής είχε την τάση να εξαερώνεται και να εξατμίζεται από την επιφάνεια του φιλμ. Στην προσπάθεια αν ξεπεραστεί αυτή η αδυναμία ,περίπου το 1955 έκανα την εμφάνιση τους οι εσωτερικώς πλαστικοποιημένες ρητίνες. Κάτι που πραγματοποιήθηκε από τον συμπολυμερισμό οξικού βινυλίου με κάποιο μαλακό μονομερές. Ο συμπολυμερισμός ρητινών εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη αντίσταση σε όξινο, αλκαλικό και υδάτινο περιβάλλον, σε σχέση με τις εξωτερικές πλαστικοποιημένες ρητίνες. Οι δαλύτες συνένωσης όπως οι γλυκόλες και οι αιθέρες γλυκόλης προστέθηκαν επίσης ως πυκνωτικά, παράγοντες ύγρανσης, παράγοντες διασποράς πιγμέντα, αναστολείς μούχλας και αντιαφριστικοί παράγοντες. Μέχρι τα μέσα του ’50 τα φιλμ PVAc είχαν τροποποιηθεί και από την προσθήκη αλκυδικών ομάδων με σκοπό την

αύξηση της αντίστασης τριβής, της σταθερότητας κατάψυξης-απόψυξης και των ιδιοτήτων διαβροχής.

Για την δημιουργία ενός πίνακα ζωγραφικής από PVAc γαλάκτωμα, τα πηγμέντα πρέπει να εμβυθιστούν σε μία πάστα αποτελούμενη από κάποιον παράγοντα διαβροχής όπως είναι το εξαμεταφοσφωρικό νάτριο $Na_6P_6O_{18}$, και από κάποιο μη ιονικό προστατευτικό κολλοειδές όπως είναι η υδροξυμεθυλοκυτταρίνη, η μεθυλοκυτταρίνη ή η αιθυλουδροξυμεθυλοκυτταρίνη. Πολυηλεκτρολύτες όπως το συμπολυμερές μηλεϊνικού ανυδρίτη- διισοβουτυλενίου ή πολυακρυλικά ή πολυμεθυλακρυλικά άλατα μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξίσου. Αποαφριστικοί και αντιβακτηριακοί παράγοντες προστίθενται στο τελικό μίγμα προς σχηματισμό της ζωγραφικής μπογιάς.

Τα γαλακτώματα PVAc μετριάζουν την δύναμη μεταξύ χρωστικής ουσίας και συνδετικού μέσου, για αυτό πρέπει να αποφεύγεται η υψηλή αναλογία χρωστικής προς συνδετικό. Παρότι οι ρητίνες PVAc είναι συμβατές με τις περισσότερες χρωστικές ουσίες, το pH αυτών των γαλακτωμάτων είναι σχετικά όξινο. Για τον λόγο αυτό οι βασικότερες ουσίες όπως το ανθρακικό ασβέστιο $CaCO_3$ πρέπει να αποφεύγονται. Σε περίπτωση που τέτοιες βασικές χρωστικές χρησιμοποιηθούν το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ακόμα και έκρηξη, λόγω αντίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται με την όξινη ρητίνη. Η κύρια λευκή χρωστική είναι ρουτίλιο του διοξειδίου του τιτανίου TiO_2, το οποίο αποτελεί το 60-70% του συνολικού περιεχομένου της χρωστικής. (Συχνά εμπεριέχεται βολλαστονίτης, τάλκης, πηλός, βαρύτης και μαρμαρυγίας). Τα περισσότερα από τα πηγμέντα που χρησιμοποιήθηκαν σε συστήματα στυρενίου-βουταδιενίου αποδείχθηκαν κατάλληλα για βαφές ζωγραφικής. Όμως τα ''βαθειά'' χρώματα πρέπει να επιλέγονται πολύ προσεκτικά έτσι ώστε να αποφευχθούν, ''πλημμύρες'', ραβδώσεις και διακυμάνσεις χρωματικής σκιάς.

➢ *ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ*

Το οξικό βινύλιο πρωτοσχηματίστηκε το 1912 και πολυμερίστηκε πρώτη φορά το 1914. Στις αρχές του 1920 η παράγωγή μονομερών οξικού βινυλίου και βινυλικής αλκοόλης λάμβανε χώρα στην Γερμανία, στην Αγγλία και στην Αμερική. Το 1930 στην Γερμανία η εταιρία Hoechst AG εξέλιξε πολύ τις PVAc

επικαλύψεις και τις κόλλες, εμφανίζοντας στην αγορά τις ρητίνες Mowilith H και N. Οι διαλυτοφερόμενες ρητίνες PVAc χαρακτηρίζονται ως άχρωμες, ανθεκτικές στο φως και σκληρές.. Είναι επίσης διαλυτές σε φθηνούς διαλύτες και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν σε βερνίκια ως αντικαταστάτες της νιτροκυτταρίνης σε περιπτώσεις όπου απαιτούταν υψηλή ανθεκτικότητα στο φως.

Η γερμανική εταιρία ήταν υπεύθυνη και για την εξέλιξη των γαλακτωματοποιημένων ρητινών PVAc και έτσι στα μέσα της δεκαετίας του ’30 εμφάνισε στην αγορά τα προϊόντα Mowilith D και D32, τα οποία είναι ρητίνες οξικού πολυβινυλίου βασισμένες σε PVI, στις οποίες η βινυλική αλκοόλη έδρασε ως προστατευτικό κολλοειδές και συνέβαλε στο να πλαστικοποιηθεί η ρητίνη. Η διαδικασία παραγωγής αυτων αποτελείται από τον πολυμερισμό του προ-γαλακτωποιημένου μονομερούς με επιταχυντές υπεροξειδίου και ελαϊκά άλατα. Η Mowilith D32 είναι η πλαστικοποιημένη εκδοχή του Mowilith D που πραγματοποιήθηκε με 20% φθαλικό διβουτυλεστέρα και 13% φωσφορικό τριτολυλεστέρα.. Με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως ζωγραφικά χρώματα οι ρητίνες Mowilith D και D32 χρησιμοποιήθηκαν σε ίση αναλογία, με αποτέλεσμα το πολυμερές να πλαστικοποιηθεί σε ένα ποσοστό της τάξης του 10%. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πηγμέντα παρασκευάζονταν ξεχωριστά το καθένα και η ανάμειξη αυτών γινόταν ακριβώς πριν την χρήση. Στην πραγματικότητα στο τέλος του 1953 η Παρασκευή των χρωμάτων από PVAc ήταν ικανοποιητική και κατάλληλη για κάθε χρήση. Οι ρητίνες ήταν συμβατές με τις περισσότερες χρωστικές ουσίες που προορίζονταν για ζωγραφική τόσο εσωτερικού όσο και εξωτερικού χώρου. Παρόλα αυτά, τα γαλακτώματα δεν ήταν όσο στιλπνά έπρεπε. Ήταν δηλαδή κατάλληλα για απολύτως λείες επιφάνειες. Επίσης η παρουσία του PVI τα έκανε πολύ επιρρεπή στην υδρόλυση. Αυτά τα PVAc γαλακτώματα ανακαλύφθηκαν από ομάδες επιστημών που επισκέφθηκαν την Γερμανία στο τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου και τα πρώτα καλλιτεχνικά δημιουργήματα από αυτά εμφανίζονται στην Αγγλία και στην Αμερική το 1948. Τα βασικά μειονεκτήματα των PVI γαλακτωποιημένων ρητινών είναι η μειωμένη στιλπνότητα, το υψηλό ιξώδες και η έντονη τάση προς επαναγαλακτωποίηση. Η εφαρμογή τους όμως στην Γερμανία αυξήθηκε δραματικά κατά την διάρκεια του πολέμου , κυρίως εξαιτίας της μεγάλης έλλειψης φυτικών ελαίων που παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν στην ζωγραφική. Ρητίνες αυτού του τύπου

παρασκευάστηκαν και στην Αμερική και στον Καναδά, ενώ η Αγγλία έκανε άνοιγμα σε αυτήν την αγορά περίπου το 1940.

Στα μέσα της δεκαετίας του ’30 τα εργαστήρια Shawinigan στον Καναδά εξέλιξαν και βελτίωσαν αυτά τα γαλακτώματα. Εκεί αντικατέστησαν το PVAI με αραβικό κόμμι και υδροξυαιθυλοκυτταρίνη ως προστατευτικό κολλοειδές που περιέχει ανιονικά ή μη-ιονικά μέσα διαβροχής. Τελικά οι ρητίνες έγιναν πιο σταθερές με εμφανώς βελτιωμένες ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, παρουσίασαν χαμηλότερο ιξώδες, εντονότερη στιλπνότητα, περισσότερη αντοχή στο νερό, μεγαλύτερη αντίσταση στην σταδιακή λεύκανση και τέλος λιγότερο έντονη τάση στην επαναγαλακτωποίηση. Αυτές οι ρητίνες πλαστικοποιήθηκαν εξωτερικά και οι πλαστικοποιητές τους μπορούσαν εύκολα να αναδευθούν απευθείας με το γαλάκτωμα με προαιρετική χρήση θερμότητας.

Όπως όμως είναι γνωστό κάθε εξωτερικώς πλαστικοποιημένο σύστημα έχει το εγγενές πρόβλημα της απώλειας του πλαστικοποιητή. Με σκοπό να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο, τα μονομερή του οξικού βινυλίουπλαστικοποίησαν εσωτερικώς την ρητίνη και ταυτόχρονα αύξησαν την αντίστασή της. Τα συμπολυμερή του οξικού βινυλίου ως βάση των ζωγραφικών γαλακτωμάτων άρχισαν να γίνονται διάσημα το 1953-54.

Ο τύπος του συνμονομερούς επιλέχθηκε με βάση την διαθεσιμότητα, το κόστος, τις χημικές ιδιότητες, την ευκολία στον πολυμερισμό και στην πλαστικοποίηση. Τα πρώτα συμπολυμερή περιελάμβαναν βινυλεστέρες μηλεϊνικού και φουμαρικού και ακρυλικούς εστέρες. Στο τέλος του 1960 χρησιμοποιήθηκαν επίσης και παράγωγα του ιτακονικού οξέος $C_5H_6O_4$ και αιθυλενίου C_2H_4. Το συμπολυμερές αποτελούσε περίπου το 15% της συνολικής ρητίνης. Από τα μέσα του ’50 το οξικό βινύλιο συμπολυμερίστηκε επίσης και με ακρυλικούς εστέρες και έτσι δημιουργήθηκε ένα συνδετικό υλικό που βρήκε και συνεχίζει να βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε ζωγραφικές τοιχοποιίες στην Αμερική. Εν κατακλείδι όλα τα συμπολυμερή γαλακτώματα PVAc πρέπει να παρασκευάζονται με βάση την διαδικασία προσθήκης. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το μονομερές πρέπει να προστίθεται με ένα ρυθμό ανάλογο με την ταχύτητα της αντίδρασης, έτσι ώστε να μην προκύψει συσσώρευση οξικού βινυλίου που πολυμερίζεται αργά. Πολλοί παρασκευαστές δεν λάβανε σοβαρά υπόψη τους διαφορετικούς βαθμούς συμπολυμερισμού μεταξύ ακρυλικού εστέρα και οξικού βινυλίου με αποτέλεσμα να προκύψουν υλικά πού ήταν είτε τελείως ακρυλικά είτε

τελείως PVAc. Ένα έτοιμο και καθαρό φιλμ προκύπτει όταν αυτό στεγνώσει. Τότε οι φυσικές ιδιότητες της προκύπτουσας ρητίνης είναι τελείως διαφορετικές από αυτές των συμπολυμερών- κυρίως ως προς την ευλυγισία-. Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως όσο βελτιωμένες και αν ήταν αυτές οι ρητίνες δεν διαδόθηκαν ιδιαίτερα έως και το τέλος του '50. Από εκεί και πέρα όμως η εφαρμογές τους ήταν συχνές και παραμένουν σε ισχύ ακόμη και σήμερα.

➢ *ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ PVAc*

Οι PVAc ρητίνες είναι καθαρές, άχρωμες, άοσμες, μη τοξικές, χημικά αδρανείς στην υπεριώδη ακτινοβολία και στην οξείδωση και σθεναρές απέναντι σε γράσα και μύκητες. Το πολυμερές είναι διαλυτό σε οργανικές κετόνες, εστέρες, χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, αρωματικούς υδρογονάνθρακες και αλκοόλες, ενώ είναι αδιάλυτο στο νερό, σε αλειφατικούς υδρογονάνθρακες και λίπη. Τα γαλακτώματα αυτών των χρωμάτων παρουσιάζουν κάποιες εξαιρετικές ιδιότητες που τα κατέστησαν τόσο δημοφιλή όπως είναι η μηχανική τους σταθερότητα και η ευκολίες που τα διέπουν τόσο στην εφαρμογή όσο και στον καθαρισμό τους. Επίσης προσκολλώνται άψογα σε ξύλο, πλαστικό και τσιμέντο.

Οι ρητίνες PVAc είναι από την φύση τους κατάλληλες για σφραγιστικά και υποστρώματα για χρώματα ελαϊκής βάσης. Είναι μη διεισδυτικές, έχουν την ικανότητα να σφραγίζουν0γεφυρώνουν μικρά διάκενα και εμφανίζουν καλές ιδιότητες πρόσφυσης. Έχουν επίσης μεγαλύτερη αντοχή στα έλαια και στους ελαϊκούς διαλύτες από ότι εμφανίζουν τα χρώματα στυρενίου-βουταδιενίου και πολυστυρενίου. Αξιοσημείωτο είναι το πόσο γρήγορα στεγνώνουν δίνοντας την δυνατότητα στον καλλιτέχνη να ''απλώσει'' ακόμα και δύο στρώματα σε μία μέρα, κερδίζοντας έτσι πολύτιμο χρόνο. Οι ρητίνες PVAc απαιτούν κάποιες μέρες μέχρι να φτάσουν να έχουν την μέγιστη δυνατή σκληρότητα, κάποια άλλα χρώματα όμως χρειάζονται ακόμα και εβδομάδες.

Οι βασικές αδυναμίες αυτών των ρητινών είναι η σκληρή και εύθραυστη φύση τους- που καθιστά την πλαστικοποίηση απαραίτητη-, η ευαισθησία τους στο νερό, η ευπάθεια τους σε μία προσωρινή φθορά λόγω της ψύξης στο δοχείο αποθήκευσης τους. Η ανθεκτικότητα τους σε αλκαλικό

περιβάλλον ποικίλει και καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την σύνθεση του συστήματος γαλακτώματος τους. Πιο συγκεκριμένα, οι εσωτερικώς πλαστικοποιημένες ρητίνες παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε υδατικό, όξινο και αλκαλικό περιβάλλον από τις εξωτερικά πλαστικοποιημένες ρητίνες. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι PVAc ρητίνες που περιέχουν και PVAl δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστούν σε πολύ αλκαλικές επιφάνειες εξαιτίας της υδρόλυσης της ρητίνης και της μετέπειτα διαρροής του PVAl, όπως συμβαίνει στα περισσότερα συμπολυμερή. Παρόλο που οι περισσότερες ευδιάλυτες στο νερό βαφές εμπεριέχουν υλικά υδατοεκχυλίσιμα, οι ρητίνες PVAc είναι οι πρώτες που χαρακτηρίστηκαν από ικανοποιητική ποσότητα τέτοιου υλικού .

Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του υλικού προέρχεται από το βασικό γαλάκτωμα ρητίνης συνδετικού μέσου, ενώ κάποια συνδετικά αυτού του τύπου περιέχουν έως 5% εκχυλίσιμου υλικού. Αυτό ήταν ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα για τους παρασκευαστές, όμως περίπου το 1955 άρχισαν να εξελίσσονται τεχνικές μέσω των οποίων φτιάχτηκαν ρητίνες PVAc χωρίς γαλακτοποιητή.

Η αντοχή αυτών των ρητινών μπόρεσε να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο μέσω της προσθήκης ρητινών αλκυδίων ή μέσω του συμπολυμερισμού τους με άλλα μονομερή. Στα συνήθη συμπολυμερή εμπεριέχονται ακρυλικοί και βινυλικοί εστέρες διακλαδισμένης αλυσίδας λιπαρών οξέων. Η εντονότερη χημική αντίσταση και αντίσταση σε νερό επιτεύχθηκε μέσω συμπολυμερισμού οξικού βινυλίου με 20% βενζοϊκού βινυλεστέρα. Ενδέχεται τα γερμανικά χρώματα που χρονολογούνται το ’45 και είχαν περάσει διάφορα τεστ διάρκειας 7 ετών, να είναι αυτού ακριβώς του τύπου [65].

➢ *ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΟΞΙΚΟΥ ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΙΟΥ*

Οι επιδράσεις των διαδικασιών καθαρισμού στα έργα ζωγραφικής που έχουν γίνει με συνθετικά χρώματα αποτελούν σημαντικό προβληματισμό για τους συντηρητές της μοντέρνας και σύγχρονης τέχνης. Τα συνθετικά χρώματα συνήθως περιλαμβάνουν ένα περίπλοκο μείγμα πρόσθετων τα οποία είναι πιθανό να επηρεάσουν την αντίδραση του χρώματος σε διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας και η υψηλή ευαισθησία τους στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες περιορίζει την επιλογή των προϊόντων

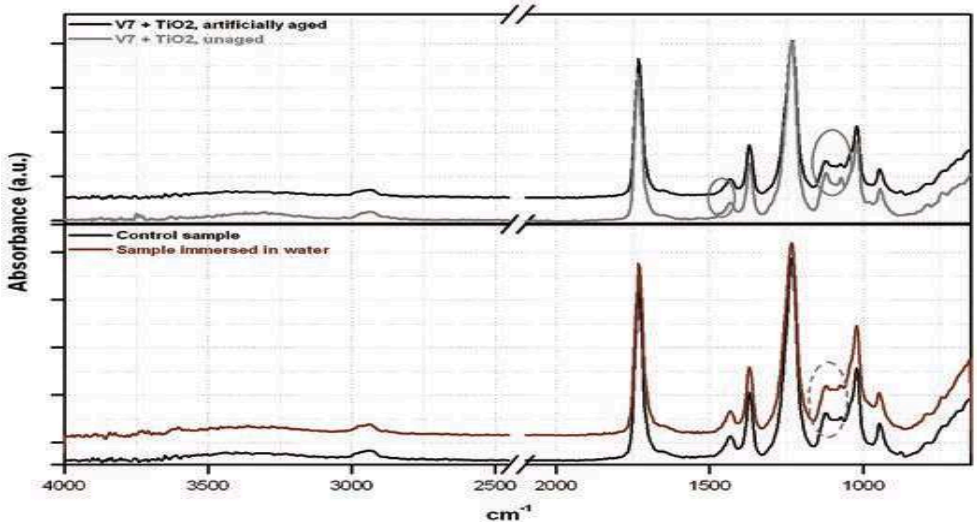
που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Γνώσεις που έχουν συγκεντρωθεί κατά τη διάρκεια καθαρισμού των παραδοσιακών ελαιογραφιών ή έργων ζωγραφικής με αυγοτέμπερα είναι προφανές ότι δεν μπορούν να συσχετιστούν άμεσα με τα σύγχρονα έργα ζωγραφικής. Κατά συνέπεια, ο κλάδος των συντηρητών αναγνωρίζει ευρέως ότι απαιτείται επειγόντως επιπλέον έρευνα για τη χημεία και τις ιδιότητες των συνθετικών χρωμάτων και την αντίδρασή τους στις πρακτικές της συντήρησης. Η μέχρι τώρα μελέτη των ερευνητών παρουσιάζει τα προκαταρκτικά αποτελέσματα για τις επιδράσεις που επιλεγμένες μέθοδοι καθαρισμού έχουν πάνω σε μεμβράνες δοκιμών χρωμάτων οξικού πολυβινυλίου (PVAc) και διαπραγματεύεται τις επιπτώσεις του καθαρισμού έργων ζωγραφικής του Juliao Sarmento. Πρόκειται για έναν από τους πιο διαπρεπείς σύγχρονους Πορτογάλους καλλιτέχνες που έκανε ευρεία χρήση χρωμάτων PVAc [66]. Στη δεκαετία του 1990 ξεκίνησε μια σειρά έργων ζωγραφικής, που κοινώς ονομάστηκαν White Paintings (Λευκά Έργα Ζωγραφικής), τα οποία ήδη απαιτούν επιφανειακό καθαρισμό λόγω του συνδυασμού του μονοχρωματικού λευκού τους φόντου και της επιρρέπειας για πρόσληψη ρύπων.

Η βιβλιογραφία δείχνει ότι δείγματα πλαστικού χρώματος PVAc που περιείχαν διοξείδιο του τιτανίου (σε μορφή ρουτίλιου) υποβλήθηκαν σε τεχνητές διαδικασίες γήρανσης χρησιμοποιώντας πηγή φωτισμού τόξου ξένου για 3250 ώρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της ακτινοβόλησης, τα δοκιμαστικά μοντέλα εκτέθηκαν σε μόρια ρύπων π.χ. ατμοσφαιρικά σωματίδια. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση δείχνει ότι δοκιμάστηκαν στη συνέχεια συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι καθαρισμού: νερό, νερό και ένα μη-ιοντικό επιφανειοδραστικό (Brij700S) και white spirit. Έχει επίσης εξεταστεί η χρήση ενός μαλακού σβηστήρα (Akapad White) για την αναπαραγωγή μιας πραγματικής περίπτωσης καθαρισμού ενός έργου του Sarmento. Συμπεριλήφθηκε το white spirit αφού τα αλειφατικά ορυκτά αποστάγματα είναι γνωστό ότι έχουν ελάχιστη επίδραση στα ακρυλικά χρώματα μια άλλη κύρια κλάση συνθετικών πλαστικών χρωμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν δύο δείγματα για κάθε δοκιμή, με εξαίρεση το white spirit. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η δυνατότητα αναπαραγωγής και η ακρίβεια στο έργο του καθαρισμού, τα δοκιμαστικά εμβαπτίζονταν σε διάλυμα καθαρισμού και οι δοκιμές φαίνεται ότι διενεργήθηκαν εις διπλούν. Κατά τα πειράματα αυτά αξιολογήθηκε η εμβάπτιση πέντε λεπτών [67].

Οι πηγές δείχνουν ότι οι επιδράσεις του καθαρισμού (τόσο η αποτελεσματικότητα της αφαίρεσης ρύπων όσο και οι αλλαγές στη μεμβράνη χρώματος) υπολογίστηκαν με βάση τα ακόλουθα: επίπεδο αφαίρεσης ρύπων, μεταβολή χρώματος, απώλεια αφαιρέσιμου υλικού, ανίχνευση υπολειμμάτων και διατάραξη της επιφάνειας του χρώματος.

Αλλαγές στη μορφολογία της επιφάνειας του χρώματος παρακολουθήθηκαν με μικροσκοπία ατομικής δύναμης (AFM) σε λειτουργία δόνησης σε περιοχές 50 × 50, 10 × 10 και 2 × 2 mm^2. Μεταβολές στη χημική σύνθεση των επιφανειών υπολογίστηκαν με υπέρυθρη φασματοσκοπία μετασχηματισμού Fourier με εξασθενημένη ολική ανάκλαση (ATR) και συλλέχθηκαν χρωματικές συντεταγμένες με φορητό φασματοφωτόμετρο, χρησιμοποιώντας το σύστημα CIE L*a*b*. Οι τιμές τραχύτητας *Ra* που ελήφθησαν με AFM υπολογίστηκαν σε περιοχές σάρωσης 10 × 10 mm^2, ως μέσος όρος πέντε επιλεγμένων περιοχών 2 × 2 mm^2. Η τιμή που παρουσιάζεται είναι ο μέσος όρος των δύο επαναληπτικών δειγμάτων.

Μελέτες τεχνητής γήρανσης υποδεικνύουν ότι η κύρια μεταβολή μεταξύ παλαιωμένων και μη παλαιωμένων δειγμάτων είναι η απώλεια του πλαστικοποιητή χρώματος, φθαλικό διισοβουτύλιο (DiBP). Τα φάσματα ATR από τεχνητώς παλαιωμένο δείγμα ελέγχου δεν φάνηκε να εμφανίζουν σημάδια επιφανειακού εμπλουτισμού με DiBP. Κατά συνέπεια, ήταν αναμενόμενο ότι η εμβάπτιση θα μπορούσε να αφαιρέσει μόνο αμελητέες ποσότητες πλαστικοποιητή που υπήρχαν ακόμα πάνω στις μεμβράνες δοκιμής [68]. Μόνο ελάσσονες αλλαγές παρουσιάζονται στα φάσματα ATR που μπορούν ίσως να συνδεθούν με την αφαίρεση αυτού του πρόσθετου όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3: Φάσματα ATR [62]

Επιπλέον, DiBP δεν ανιχνεύτηκε μεταξύ των υπολειμμάτων που παρέμειναν μετά την εμβάπτιση. Εξαιτίας της ανώμαλης επιφανειακής τοπογραφίας και της επιρρέπειας στους ρύπους που συγκρατούνται από την επιφάνεια του χρώματος, η εμβάπτιση των δειγμάτων δεν ήταν αποτελεσματική για την αφαίρεση των ρύπων. Αυτό επιβεβαιώνουν οι βιβλιογραφικές πηγές τόσο με οπτική μικροσκοπία όσο και με χρωματομετρία. Οι μικρότερες περιοχές

σάρωσης AFM έχουν αναδειχθεί ως οι πιο χρήσιμες εξαιτίας της ετερογενούς φύσης της επιφάνειας χρώματος και των τεχνικών δυσκολιών που συναντώνται κατά τη σάρωση μεγάλων χαρακτηριστικών που εναποτίθενται πάνω στα δείγματα. Επιπλέον, με τις περιοχές 10 × 10 and 2 × 2 mm^2 μπορεί κανείς να δει αλλαγές στην επιφάνεια λάτεξ με υψηλή λεπτομέρεια.

Το καθαρό νερό δεν προκαλεί σχετικές μεταβολές στη μορφολογία του λευκού χρώματος. Ωστόσο, με το υδατικό διάλυμα του Brij700S η λεία υφή των σωματιδίων λάτεξ έχει αποδειχθεί ότι χάνεται και η πολυμερική επιφάνεια παρουσιάζει μια πιο ανώμαλη υφή, η οποία μπορεί να είναι αποτέλεσμα επιφανειοδραστικών υπολειμμάτων που έχουν μείνει πάνω στο χρώμα. Μεγάλα και προεξέχοντα χαρακτηριστικά εμφανίζονται στην επιφάνεια του χρώματος μετά από εμβάπτιση σε white spirit. Ο καθαρισμός με σβηστήρα αφήνει τόσο σωματίδια όσο και/ή πρόσθετα σβηστήρα πάνω στην επιφάνεια. Αυτά τα υπολείμματα δεν ήταν δυνατόν να αναγνωριστούν με ATR, πιθανώς λόγω της μικρής τους ποσότητας, αλλά σχετίζονταν ξεκάθαρα με τον σβηστήρα λόγω του ότι το μοτίβο που έμεινε στην πολυμερική επιφάνεια είναι παρόμοιο με εκείνο που παρατηρείται κατά τη χρήση του απευθείας σε φύλλα μίκας. Επιπλέον, η φυσική εκτριβή που προκαλείται από τη μηχανική δράση μπορεί να εξηγήσει τη μείωση της τραχύτητας της επιφάνειας.

Αυτά τα βιβλιογραφικά συμπεράσματα προσφέρουν μια πρώτη ερευνητική ματιά στην αντίδραση των πλαστικών χρωμάτων PVAc στις διαδικασίες καθαρισμού. Η επιφανειακή τραχύτητα δεν επηρεάζεται σημαντικά με τη εμβάπτιση των δειγμάτων σε οποιονδήποτε από τους υπό δοκιμή διαλύτες. Ωστόσο, παρατηρούνται αλλαγές στη μορφολογία της επιφάνειας για το διάλυμα επιφανειοδραστικού και ακόμα περισσότερες για το white spirit. Η εμβάπτιση των δειγμάτων έχει αποδειχθεί ανεπαρκής για την επίτευξη της αφαίρεσης ρύπων. Επιπλέον τα υπολείμματα επιφανειοδραστικού δεν απομακρύνονται αποτελεσματικά. Οι πιο σημαντικές αλλαγές όπως φαίνονται βιβλιογραφικά πραγματοποιούνται με τον σβηστήρα. Θα πρέπει να εκφραστούν ανησυχίες για τη χρήση Akapad για την αφαίρεση ρύπων στους White Paintings του Sarmento καθώς αυτά τα χρώματα μπορεί να είναι επιρρεπή σε μηχανικές βλάβες. Η φυσική διατάραξη του χρώματος λάτεξ ανιχνεύεται μόνο σε νανοκλίμακα. Ωστόσο, θα μπορούσε να οδηγήσει σε εξομάλυνση της επιφάνειας χρώματος η οποία είναι αντίθετη με τα χαρακτηριστικά συσσωματώματα χρωστικής και την υφή πυκνωτικού που είναι χαρακτηριστικά αυτών των έργων ζωγραφικής.

- Β.3.Τεχνικές για την Αξιολόγηση Διαδικασιών Καθαρισμού για Ακρυλικά Χρώματα και Χρώματα Οξικού Πολυβινυλίου

Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, οι διαδικασίες συντήρησης είχαν στόχο την επίλυση των προβλημάτων που παρουσίαζαν έργα ζωγραφικής εκατοντάδων ετών. Αυτά εξαρτιόνταν από τον πολυμερισμό, τις διασταυρώσεις και/ή τις αντιδράσεις υδρόλυσης που μπορεί να παρουσίαζε το χρώμα, τους χρόνους στεγνώματος των μεμβρανών και τους εσωτερικούς χρωματικούς τονισμούς που μπορεί να είχαν αναπτυχθεί μέσα στη δομή του έργου ζωγραφικής ως αποτέλεσμα των πολλών εγγενών και εξωγενών μεταβλητών οι οποίες μπορεί να είχαν αλλάξει με το πέρασμα των χρόνων. Η βιομηχανική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα οδήγησε στην προοδευτική ανάπτυξη των συνθετικών μέσων και χρωμάτων. Λόγω της περιπλοκότητας αυτών των προϊόντων, των οποίων η σύνθεση και η σύσταση δεν είναι γνωστές, οι αλληλεπιδράσεις των χρωστικών, μέσων και όλων των ειδών των «ενισχυτικών» στη συμπεριφορά των μεμβρανών που προέκυπταν δεν έχουν χαρακτηριστεί ακόμα αφού θα επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά της γήρανσης και της σταθερότητάς τους με το πέρασμα του χρόνου.

Σήμερα, τα προβλήματα που παρουσιάζονται από τη συντήρηση των μοντέρνων και σύγχρονων έργων ζωγραφικής καθιστούν απαραίτητη τη γνώση αυτών των συνθετικών σχηματισμών. Η έλλειψη της προοπτικής του χρόνου καθιστά κρίσιμη την κατανόηση του πώς σχηματίζονται οι μεμβράνες των χρωμάτων οξικού πολυβινυλίου (PVAc) και των ακρυλικών, τι καθορίζει τη σταθερότητά τους και πώς αλληλεπιδρούν τόσο με το περιβάλλον όσο και με τα υλικά και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι συντηρητές για την ανάπτυξη των κατάλληλων διαδικασιών συντήρησης. Η μελέτη των επιδράσεων των διαδικασιών καθαρισμού πάνω στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των υλικών των καλλιτεχνών προσελκύει όλο και περισσότερο την προσοχή των ερευνητών στο πεδίο της επιστήμης της συντήρησης μετά το συνέδριο των Βρυξελλών IIC Brussels Congress "Cleaning, Retouching and Coatings" το 1990. Ειδικότερα, ένας σημαντικός αριθμός ανακοινώσεων επικεντρώνεται στις επιδράσεις του καθαρισμού των σύγχρονων υλικών όπως των ακρυλικών μέσων [69].

Εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού αντί της χρήσης μάκτρων (με νερό, καθαρούς διαλύτες ή μείγματά τους για την επίτευξη συγκεκριμένων πολικοτήτων) περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, τη χρήση γελών, γαλακτωμάτων, επιφανειοδραστικών και χηλικών παραγόντων, τα οποία πέρα από τη χαμηλή τοξικότητά τους, έχουν ως στόχο τη μείωση της δράσης διείσδυσης και κατακράτησης των διαλυτών καθώς και τον έλεγχο

της αποτελεσματικότητάς τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές στην περίπτωση γελών και γαλακτωμάτων. Η γέλη διευκολύνει ιδιαίτερα την αποφυγή της γρήγορης διείσδυσης νερού και διαλυτών στα στρώματα των χρωμάτων. Τα γαλακτώματα επιτρέπουν τη δημιουργία σταθερών μειγμάτων καθαρισμού από μη-αναμίξιμους διαλύτες με την προσθήκη ενός επιφανειοδραστικού ως γαλακτωματοποιητή. Ειδικότερα γαλακτώματα νερού σε έλαιο επιτρέπουν στο νερό να έρχεται σε επαφή με ευαίσθητες στο νερό επιφάνειες που δεν μπορούν να εκτεθούν απευθείας σε αυτό. Αυτό βοηθά στην περίπτωση των υδατοδιαλυτών ακρυλικών και χρωμάτων PVAc. Το μείγμα γαλακτώματος που προκύπτει μπορεί στη συνέχεια να εφαρμοστεί με πινέλο, φέρνοντας τα μικροσωματίδια του γαλακτωματοποιημένου νερού σε επαφή με την επιφάνεια της ακρυλικής μεμβράνης. Τέλος τα επιφανειοδραστικά και οι χηλικοί παράγοντες μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να ενεργούν επιλεκτικά σε συγκεκριμένα υλικά που πρέπει να αφαιρεθούν.

Ερευνητές έχουν εφαρμόσει μια προσέγγιση πολλαπλών τεχνικών για την αξιολόγηση των μεθοδολογιών καθαρισμού σε μια επιλογή τόσο ακρυλικών όσο και χρωμάτων PVAc σε μια προσπάθεια πρακτικής κατανόησης των επιδράσεων του καθαρισμού με νερό και διαλύτες και κατά συνέπεια των συνεπειών που μία επεξεργασία συντήρησης μπορεί να έχει σε ένα έργο τέχνης. Αναζητήθηκαν απαντήσεις, μεταξύ άλλων, στα επόμενα ερωτήματα:
1. Πώς επηρεάζονται αυτά τα χρώματα από το νερό και/ή τους διαλύτες;
2. Σε ποιο βαθμό η μεθοδολογία εφαρμογής επηρεάζει σημαντικά την προκύπτουσα δράση του νερού και/ή των διαλυτών (όσον αφορά τόσο την αποτελεσματικότητα όσο και τους πιθανούς κινδύνους βλαβών);
3. Αποτελούν οι γέλες και τα γαλακτώματα μία βάσιμη λύση όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και τον περιορισμό των κινδύνων που συνδέονται με ζητήματα κατακράτησης και υπολειμμάτων;

➢ *ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ*

Τα χρώματα PVAc που έχουν δοκιμαστεί εκτενώς από ερευνητές στο παρελθόν είναι χρώματα Flashe (τα οποία προμήθευσε η Lefranc & Bourgeois). Τα χρώματα της βιβλιογραφικής μελέτης περιελάμβαναν oriental red (κόκκινο της ανατολής), green armour (πράσινο armour), Senegal yellow (κίτρινο Σενεγάλης) και burnt umber (όμπρα ψημένη). Τα ακρυλικά χρώματα που δοκιμάστηκαν ήταν Liquitex (Heavy Body) phthalocyanine blue (μπλε φθαλοκυανίνης), red oxide (κόκκινο οξειδίου), Hansa yellow (κίτρινο hansa), cadmium yellow (κίτρινο του καδμίου), Mars yellow (κίτρινο Mars), burnt umber (όμπρα ψημένη), raw umber (όμπρα ωμή), titanium white (λευκό του τιτανίου), naphthol red (κόκκινο ναφθόλης) και Liquitex gloss medium and

varnish (μέσο λουστραρίσματος και βερνίκι). Έχουν επίσης δοκιμαστεί τα Talens Studio raw sienna (σιένα ωμή), Talens glossy medium (μέσο λουστραρίσματος) και Talens gel medium (μέσο γέλης). Τα πειράματα ερευνητών που μελετήθηκαν ως προς την εκπόνηση τους ακολούθησαν την εξής διαδικασία:

Προετοιμασία Δειγμάτων Δοκιμών

Έγινε προετοιμασία δειγμάτων μεμβρανών με τη ρίψη χρωμάτων σε φύλλα Mylar και αφήνοντάς τα να στεγνώσουν για 1 έως 2 χρόνια πριν τη δοκιμή. Οι μεμβράνες που προέκυψαν παρουσίαζαν μέσο πάχος 0,15 mm.

Δοκιμές Εμβάπτισης

Δείγματα που ζύγιζαν περίπου 0,4–0,5γρ. εμβαπτίστηκαν σε απιονισμένο νερό ή διαλύτη (αιθανόλη, ακετόνη, white spirit ή λιγροΐνη) για 10 λεπτά, 20 λεπτά και 12 ώρες. Στην περίπτωση καθαρού συνδετικού μέσου, όπως το Talens glossy medium και το Talens gel medium, εκτελέστηκε εμβάπτιση σε νερό για 90 λεπτά. Στη συνέχεια οι μεμβράνες αφαιρέθηκαν, στέγνωσε το εναπομείναν νερό ή διαλύτης, ζυγίστηκαν και αναλύθηκαν. Διατηρήθηκε ένα μέρος του υγρού εκχυλίσματος που προέκυψε και ένα άλλο μέρος στέγνωσε στους 50°C σε εργαστηριακό φούρνο και στη συνέχεια αναλύθηκε.

Μέθοδοι Καθαρισμού Γέλης και Γαλακτώματος

Έγινε προετοιμασία γέλης Vanzan (ένα ξανθανικό κόμμι με υψηλού μοριακού βάρους, υδατοδιαλυτό πολυσακχαρικό πυκνωτικό) αναμειγνύοντας 1 g Vanzan σε 50 mL απιονισμένου νερού. Έγινε προετοιμασία γέλης Klucel G (ένας μη-ιοντικός αιθέρας κυτταρίνης) με ανάμειξη 2g Klucel G σε 50 mL απιονισμένου νερού. Έγινε προετοιμασία γαλακτώματος λιγροΐνης σε νερό (νερό σε έλαιο, W/O) αναμειγνύοντας πρώτα 10 mL νερού με 4 mL Brij 30 (ένα μη ιοντικό πολυοξυαιθυλενιακό επιφανειοδραστικό) και στη συνέχεια προσθέτοντας 90 mL λιγροΐνης. Και οι δύο γέλες και τα γαλακτώματα εφαρμόστηκαν με πινέλο. Μετά από καθορισμένο χρόνο, αφαιρέθηκαν με στεγνά μάκτρα βαμβακιού και στη συνέχεια η επιφάνεια σκουπίστηκε με νερό.

Σύστημα οργάνων

Οι τεχνικές ανάλυσης που έχουν σε μελέτες εφαρμοστεί είναι οι ακόλουθες. Οι συνθήκες εργασίας για τα όργανα και τις διαδικασίες για την προετοιμασία των δειγμάτων ήταν παρόμοιες με εκείνες προηγούμενων μελετών: (1) μετρήσεις βάρους απορρόφησης-εκρόφησης νερού και δοκιμές απώλειας βάρους εκτελέστηκαν με μία ζυγαριά ακριβείας Precisa XT 120-A, (2) πυρόλυση-αεριοχρωματογραφία-φασματομετρία μάζας(Py-GC-MS), (3) υπέρυθρη φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier και

φασματοφωτομετρία UV-Vis (ορατού-υπέρυθρου),(4) μικροσκοπία ορατού φωτός, (5) ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) και μικροσκοπία ατομικής δύναμης (AFM)και (6) μηχανικές δοκιμές και δοκιμές μικροεφελκυσμού. Μηχανικές δοκιμές και δοκιμές μικροεφελκυσμού εκτελέστηκαν στις μεμβράνες αφού είχαν στεγνώσει για 1 μήνα σε εργαστηριακές συνθήκες (23°C και 55% RH) μετά την επεξεργασία [70-72].

➢ *ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ*

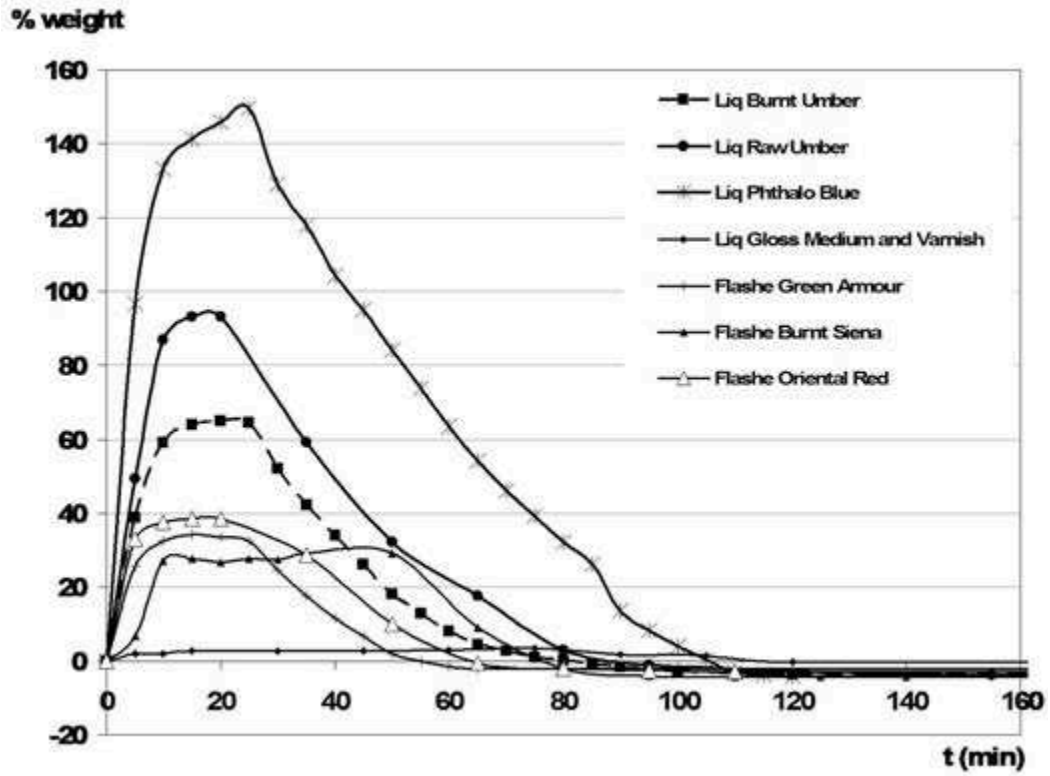
Υδατοφερόμενα ακρυλικά και βινυλικά χρώματα δεν είναι διαλυτά σε νερό, αλλά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε υγρό νερό. Η ευαισθησία αυτών των προϊόντων έχει προκαταρκτικά αποδοθεί στην παρουσία πρόσθετων που περιλαμβάνονται στη σύσταση των χρωμάτων [73]. Η Εικόνα 4 δείχνει τις καμπύλες απορρόφησης νερού που επιτυγχάνονται από εμβάπτιση 20 λεπτών των μεμβρανών ακρυλικού χρώματος Liquitex Heavy Body (HB) σε απιονισμένο νερό. Τα δείγματα στα οποία έγιναν δοκιμές (μέσο πάχος 0,15mm) αναγράφεται πως αυτή την φορά είχαν σχεδόν πλήρως διαποτιστεί, ενώ χρειάστηκαν περίπου 2 έως 4 ώρες για να στεγνώσουν, παρόλο που το πλήρες στέγνωμα μπορεί να απαιτεί μέρες. Όλα τα χρώματα παρουσίασαν απώλεια βάρους εξαιτίας της αφαίρεσης των υδατοδιαλυτών πρόσθετων που υπήρχαν στον όγκο της μεμβράνης.

Τα ακρυλικά χρώματα παρουσιάζουν μεταβλητή αναρρόφηση νερού, ανάλογα με το χρώμα, που κυμαινόταν μεταξύ 60% και 200% του βάρους τα πρώτα 20 λεπτά της εμβάπτισης. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι, συνθετικά χρώματα όπως τα naphthol red (κόκκινο ναφθόλης) και phthalocyanine blue (μπλε φθαλοκυανίνης) παρουσιάζουν υψηλότερη απορρόφηση νερού και ορατή διόγκωση σε σύγκριση με τα γήινα χρώματα και άλλες ανόργανες χρωστικές. Ομοίως, τα συνθετικά χρώματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη απώλεια βάρους. Αυτό το αποτέλεσμα υποδεικνύει ότι οι συστάσεις προσαρμόζονται από τον κατασκευαστή για λόγους σταθεροποίησης ως συνάρτηση των χρωστικών και πρόσθετων, γεγονός που ολοφάνερα θα επηρεάσει τη συνολική ευαισθησία της στεγνής μεμβράνης στο νερό. Αντιθέτως, οι μεμβράνες Liquitex acrylic medium and varnish έχει διαπιστωθεί πως παραμένουν ανεπηρέαστες από την έκθεση σε νερό κατά τις εμβαπτίσεις, παρουσιάζοντας χαμηλή αύξηση βάρους και ελάχιστη διόγκωση.

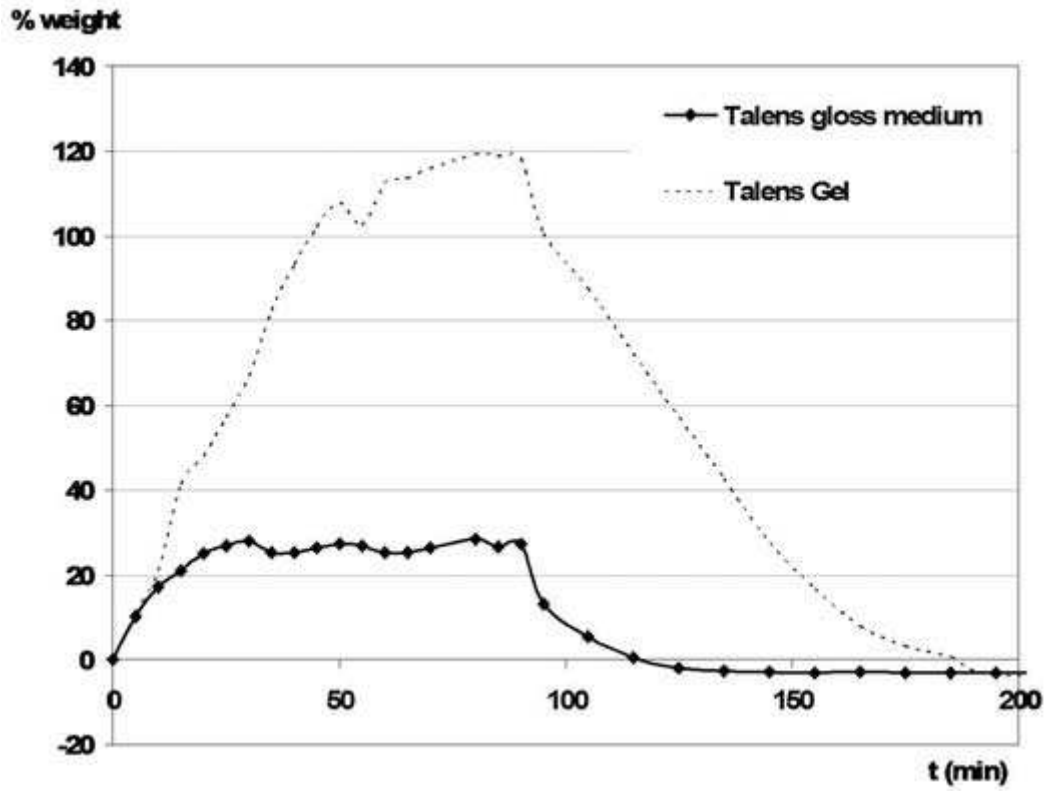
Οι ίδιες μελέτες δείχνουν πως μετά από εμβάπτιση 90 λεπτών, τα Talens acrylic glossy medium και Talens gel medium παρουσίασαν εκτεταμένη απορρόφηση νερού και διόγκωση και αυτή η συμπεριφορά διαφέρει σημαντικά από εκείνη του συνδετικού μέσου Liquitex. Η πηγή υποδεικνύει

πως η γέλη απορρόφησε πολύ περισσότερο νερό από ότι το glossy medium, υποδεικνύοντας την παρουσία πρόσθετων που επηρεάζουν την ευαισθησία στο νερό του τελικού προϊόντος. Η ανάλυση αυτών των προϊόντων με Py-GC- MS έχει κάνει σαφές ότι και τα δύο προϊόντα, το glossy και το gel medium, είναι πολυμερή ακρυλικού αιθυλεστέρα-μεθακρυλικού μεθυλίου-ακρυλικού βουτυλίου.

Τα χρώματα PVAc Flashe περιέχουν μία υψηλή συγκέντρωση όγκου χρωστικής και συμπεριφέρονται ως εύθρυπτα χρώματα σε σύγκριση με τα ακρυλικά χρώματα που περιγράφηκαν προηγουμένως. Οι δοκιμές εμβάπτισης που έχουν μέχρι σήμερα εκτελεστεί για αυτά τα χρώματα έδειξαν ότι τα περισσότερα χρώματα παρουσιάζουν παρόμοια προφίλ απορρόφησης νερού-στεγνώματος, με εξαίρεση τα γήινα χρώματα. Οι περισσότερες μεμβράνες γήινων χρωμάτων χάνουν τη συνοχή τους όταν υποβληθούν σε δοκιμές εμβάπτισης, γεγονός που πιθανώς συνδέεται με τη διαστολή των αργιλικών ορυκτών στη μεμβράνη. Το προφίλ απορρόφησης-στεγνώματος για τα burnt sienna και πράσινο green armour αποκάλυψε υψηλότερη κατακράτηση νερού μετά από τη δοκιμή εμβάπτισης, η οποία μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία των αργιλικών ορυκτών από τη χρωστική αργιλικών γαιών.



Εικόνα 4: Καμπλύλες απορρόφησης νερού και ξήρανσης χρώματος Liquitex Heavy Body Και PVAc Flashe χρώματος[62]

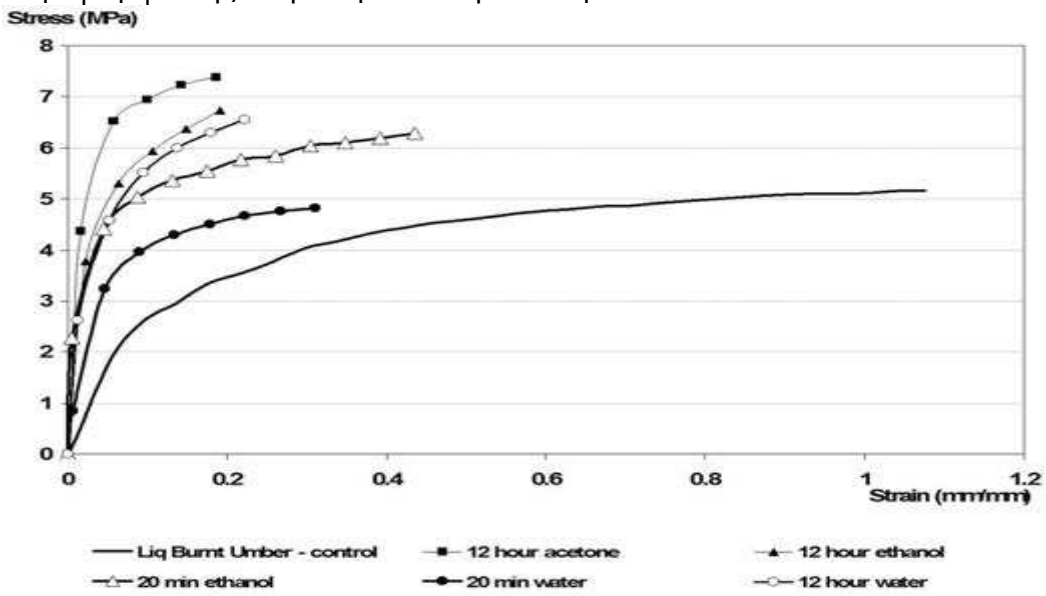


Εικόνα 5: Καμπλύλες απορρόφησης νερού και ξήρανσης για Talens gel και Talens gloss[62]

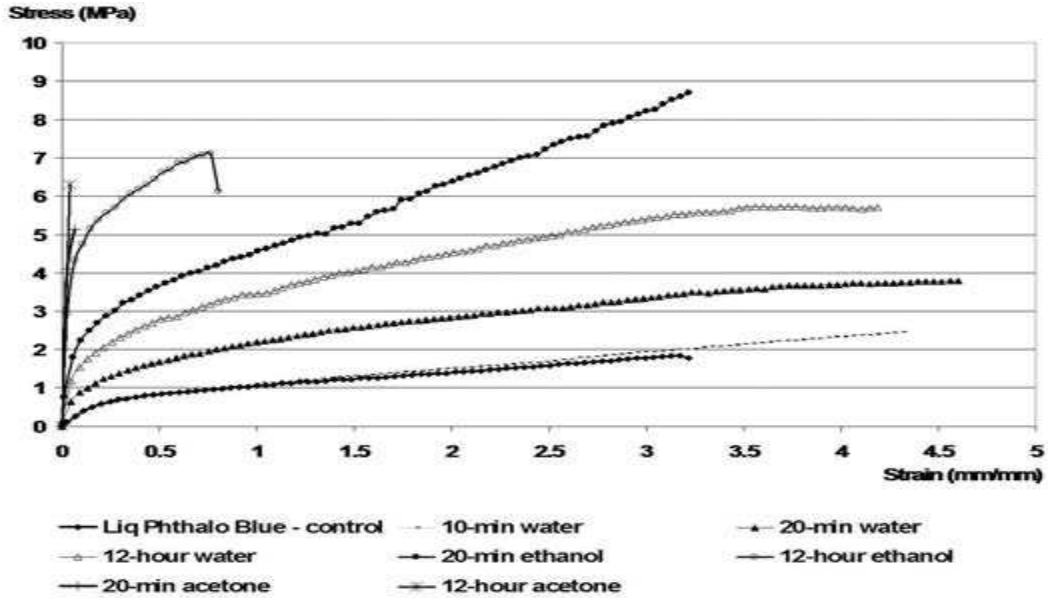
Επίδραση της Εμβάπτισης σε Νερό στις Μηχανικές Ιδιότητες των Μεμβρανών Δοκιμής

Οι εικόνες 6 και 7 παρουσιάζουν τα διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης των μεμβρανών ακρυλικού Liquitex HB burnt umber (όμπρα ψημένη) και blue phthalocyanine (μπλε φθαλοκυανίνης) μετά από μια σειρά εμβαπτίσεις σε νερό ή διαλύτη. Οι καμπύλες για το burnt umber είναι αντιπροσωπευτικές για όλες τις μεμβράνες ακρυλικών χρωμάτων και χρωμάτων PVAc Flashe. Από αυτές τις καμπύλες είναι προφανές ότι η επίδραση της εμβάπτισης στις μηχανικές ιδιότητες των ακρυλικών μεμβρανών απαιτεί εμβαπτίσεις 20 λεπτών για να είναι σημαντική. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με το γεγονός ότι το νερό χρειάζεται αυτόν τον χρόνο για να διεισδύσει πλήρως στη μεμβράνη, προωθώντας τη διήθηση των πρόσθετων και προκαλώντας αλλαγές στη δομή του πλέγματος. Κατά συνέπεια, μπορεί να θεωρηθεί ότι για μικρή έκθεση σε νερό αυτές οι μεμβράνες παραμένουν σχεδόν ανεπηρέαστες. Όλες οι μεμβράνες χρωμάτων που έχουν δοκιμαστεί εργαστηριακά στο παρελθόν π.χ. ακρυλικά και PVAc, εκτός από το blue phthalocyanine, παρουσίασαν αύξηση της σκληρότητας και μείωση των τιμών επιμήκυνσης θραύσεως μετά από χρόνους εμβάπτισης σε νερό, αιθανόλη ή ακετόνη 20 λεπτών ή μεγαλύτερους. Επίσης έχει διαπιστωθεί εργαστηριακά ότι η ακετόνη διαλύει τις πολυμερικές αλυσίδες πολύ πιο γρήγορα από ότι η αιθανόλη, καθιστώντας τη μεμβράνη χρώματος πολύ

πιο εύθρυπτη. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι οι μεμβράνες blue phthalocyanine εμφάνισαν μια αυξημένη ικανότητα πλαστικής παραμόρφωσης στην περίπτωση του νερού.



Εικόνα 6: Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης των μεμβρανών ακρυλικού Liquitex HB burnt umber [62]



Εικόνα 7: : Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης της μπλε φθαλοκυανίνης[62]

Η εξέταση τόσο των ακρυλικών όσο και των χρωμάτων PVAc με SEM (ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης) έχει αποδείξει ότι η εμβάπτιση σε νερό δημιουργεί μικροπόρους στη δομή της μεμβράνης. Αν συλλεχθούν συμπληρωματικά δεδομένα με συσκευή δοκιμής δύναμης μικροεφελκυσμού συνδεδεμένης με μικροσκόπια ορατού φωτός θα αποδειχθεί ότι αυτοί οι μικροπόροι αποτελούν τα σημεία εκκίνησης για τη ρηγμάτωση αυτών των

μεμβρανών όταν υποβάλλονταν σε τάση.

Ερευνητικά έχουν επίσης μελετηθεί και οι μηχανικές ιδιότητες ακρυλικών μεμβρανών μετά από εμβάπτιση σε νερό και έχουν γίνει δοκιμές καθαρισμού μέ μάκτρο (swab). Η βιβλιογραφία δείχνει ότι οι μηχανικές ιδιότητες των μεμβρανών ακρυλικού raw sienna (σιένα ωμή) Talens, αξιολογήθηκαν μετά από 5 και 20 λεπτά καθαρισμού με μάκτρο με νερό ή δοκιμές εμβάπτισης σε νερό. Τελικά οι πηγές υποδεικνύουν ότι παρατηρήθηκε αύξηση της σκληρότητας και των τιμών επιμήκυνσης θραύσης εντός 5 λεπτών τόσο για εμβάπτιση όσο και για καθαρισμό με μάκτρο (swabbing). Είναι προφανές ότι στα πρώτα λίγα λεπτά, οι εμβαπτίσεις επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες πιο έντονα. Ωστόσο, μετά από 20 λεπτά έκθεσης σε νερό, τόσο η εμβάπτιση όσο και ο καθαρισμός με μάκτρο παρουσιάζουν παρόμοιες καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης, υποδεικνύοντας ότι ο καθαρισμός με μάκτρο με νερό για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους μπορεί να έχει μηχανικές επιδράσεις στα χρώματα, παρόμοιες με εκείνες που επιτυγχάνονται με εμβάπτιση σε νερό [62,73].

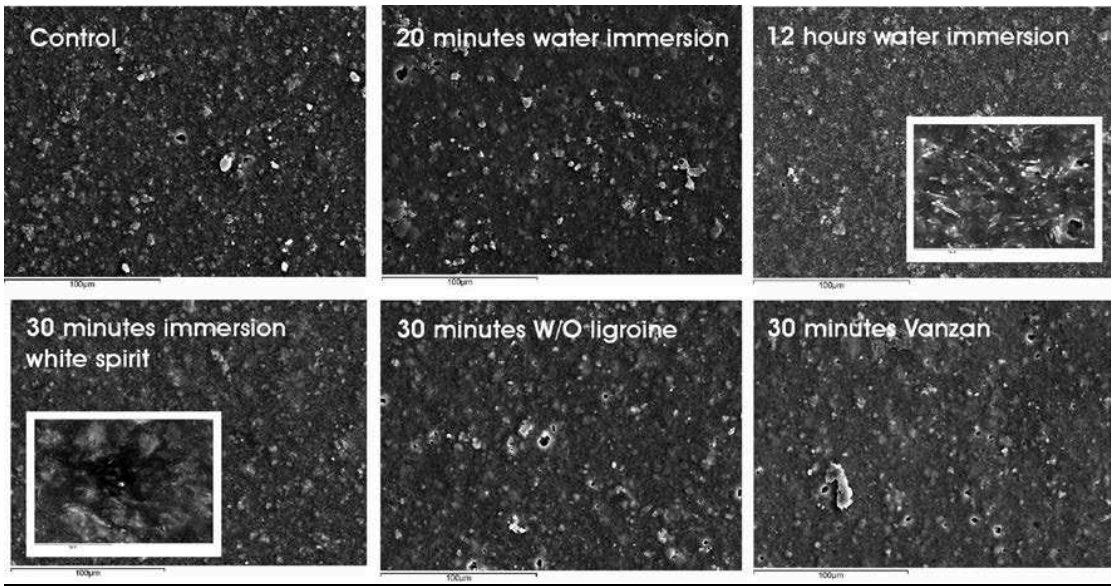
Επίδραση της Εμβάπτισης σε Διαλύτη σε Μεμβράνες Δοκιμών

Γενικώς, η έκθεση των ακρυλικών και χρωμάτων PVAc σε διαλύτες είχε ως αποτέλεσμα τη διάλυση των πολυμερικών αλυσίδων και την αφαίρεση των πρόσθετων. Τα αποτελέσματα της μικροσκοπίας ατομικής δύναμης έδειξαν μεμβράνες χρώματος PVAc Flashe Senegal yellow (κίτρινου Σενεγάλης) πριν και μετά από την εμβάπτιση σε ακετόνη. Η έκθεση αυτών των μεμβρανών σε διαλύτες με χαμηλότερη πολικότητα από το νερό, όπως η ακετόνη και η αιθανόλη, είχαν ως αποτέλεσμα μια αύξηση στην τραχύτητα της επιφάνειας σε μικρο- και νάνο-κλίμακες καθώς οι κόκκοι της χρωστικής γίνονταν όλο και πιο εμφανείς. Αυτό αποτελεί απόδειξη του ότι όχι μόνο ότι αφαιρούνται τα πρόσθετα, αλλά επίσης ότι εξάγονται μεγάλες ποσότητες πολυμερικών αλυσίδων, γεγονός το οποίο επηρεάζει άμεσα τις συνολικές ιδιότητες των μεμβρανών.

Η ακετόνη επηρεάζει τις μεμβράνες χρώματος διαλύοντας τις πολυμερικές αλυσίδες πολύ γρηγορότερα από την αιθανόλη. Η αιθανόλη, από την άλλη μεριά, επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες της μεμβράνης τα πρώτα 20 λεπτά μετά τη εμβάπτιση, αλλά χρειάζεται μεγαλύτερο χρόνο έκθεσης ώστε να καταστήσει εύθρυπτο το δείγμα. Τόσο τα ακρυλικά όσο και τα χρώματα PVAc εμφανίζουν μικρότερη ευπάθεια σε μη-πολικούς διαλύτες όπως η λιγροΐνη και το white spirit, όπως συζητήθηκε σε προηγούμενες μελέτες [74].

Οι αλειφατικοί διαλύτες δεν παρήγαγαν εμφανή επίδραση διόγκωσης σε οποιαδήποτε μεμβράνη χρώματος έχει δοκιμαστεί. Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τα δείγματα κατακρατούν αυτούς τους

διαλύτες για μεγάλο χρονικό διάστημα, οδηγώντας σε ένα αποτέλεσμα πλαστικοποίησης των μεμβρανών χρώματος. Εμφανίζεται μικρή αύξηση στη σκληρότητα των δειγμάτων raw sienna Talens μετά από εμβάπτιση 30 λεπτών, είτε σε λιγροΐνη, είτε σε white spirit. Επιπλέον τα μέχρι τώρα βιβλιογραφικά πειραματικά δεδομένα δείχνουν πως η εξέταση της επιφάνειας με SEM των ίδιων δειγμάτων δοκιμών, καθώς και εκείνων των οποίων η επεξεργασία έγινε με νερό, αποκαλύπτει μεταβολές στη μικρομορφολογία τους, συμπεριλαμβανομένης της εμφάνισης ορατών μικρορωγμών σε πολύ υψηλή μεγέθυνση όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.



Εικόνα 8: SEM μικροφωτογραφίες των raw sienna Talens μετά από εμβάπτιση 30 λεπτών[74]

Αναγνώριση Προσθέτων

Η φασματοφωτομετρία UV-Vis (ορατού-υπεριώδους) και η υπέρυθρη φασματοσκοπία μετασχηματισμού Fourier επιβεβαιώνουν την παρουσία μη-ιοντικών πολυαιθοξυλιωμένων επιφανειοδραστικών ως κύριο συστατικό των υδατικών εκχυλισμάτων τόσο από χρώματα PVAc όσο και ακρυλικά. Παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι στα υδατικά εκχυλίσματα PVAc επίσης υφίστανται εμφανείς ζώνες απορρόφησης IR (υπέρυθρης ακτινοβολίας) που αποδίδονταν σε κυτταρικό συστατικό τύπου αιθέρα το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό χρώματος. Περαιτέρω ανάλυση των ξηραμένων υδατικών εκχυλισμάτων χρωμάτων PVAc μέσω Py-GC-MS έχει αποδείξει την αναγνώριση άλλων ελάσσονων πρόσθετων, όπως συστατικά τύπου φωσφορικού άλατος (βραδυφλεγές), μεθεναμίνη (συντηρητικό) και στυρένιο και μεθακρυλικό οξύ. Η παρουσία αυτών των συστατικών αντικατοπτρίζει τη περίπλοκη σύνθεση αυτών των χρωμάτων.

Επιπλέον, στα εκχυλίσματα των διαλυτών με χαμηλότερη πολικότητα, όπως η ακετόνη ή ο οξικός αιθυλεστέρας, έχει αναγνωριστεί μια μικρή ποσότητα χρωστικής στα χρώματα όπου είχε χρησιμοποιηθεί συνθετική οργανική χρωστική [62].

II. Πειραματικό Μέρος

Σε αυτό το τμήμα της διπλωματικής εργασίας θα αναλυθεί διεξοδικά το σύνολο των πειραμάτων το οποίο έλαβε χώρα εργαστηριακά. Εφόσον παρατεθούν οι μέθοδοι που επιλέχτηκαν και εφαρμόστηκαν αλλά και οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτίμηση των μεθόδων καθαρισμού που πραγματοποιήθηκαν, θα παρουσιαστεί η εφαρμογή των μεθόδων καθώς και οι παράμετροι που μετρήθηκαν για την συγκριτική αξιολόγηση τους. Το τμήμα της ανάλυσης θα ακολουθήσει το τμήμα της πειραματικής διαδικασίας, στο οποίο θα περιγραφεί με κάθε λεπτομέρεια κάθε μία από τις πράξεις και τις ενέργειες που διεξήχθη στο εργαστήριο, μαζί με την παράθεση όλων των τιμών που προσδιορίστηκαν.

Α. Μέθοδοι Καθαρισμού και Τεχνικές για την αποτίμηση τους

- *Α.1. Μέθοδοι Καθαρισμού*

➢ *ΔΙΑΛΥΤΕΣ*

Γενικές πληροφορίες

Ο διαλύτης είναι ουσία που διαλύει διαλυόμενη ουσία (ένα χημικά διαφορετικό υγρό, στερεό ή αέριο), με αποτέλεσμα να παράγεται διάλυμα. Ένας διαλύτης είναι συνήθως ένα υγρό, αλλά μπορεί να είναι επίσης στερεό ή αέριο. Η μέγιστη ποσότητα διαλυμένης ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε συγκεκριμένο όγκο ενός διαλύτη ποικίλει με τη θερμοκρασία. Συνηθισμένες χρήσεις για οργανικούς διαλύτες είναι στον ξηρό καθαρισμό (π.χ., τετραχλωροαιθένιο),ως αραιωτικά χρωμάτων (π.χ., τολουόλιο, νέφτι), ως αφαιρετικά βερνικιών νυχιών και

διαλύτες κόλλας (προπανόνη, αιθανικός μεθυλεστέρας, αιθανικός αιθυλεστέρας), σε αφαίρεση λεκέδων (π.χ., εξάνιο, πετρελαϊκός αιθέρας), σε απορρυπαντικά (κιτρικά τερπένια) και σε αρώματα (αιθανόλης). Οι διαλύτες βρίσκουν ποικίλες εφαρμογές σε βιομηχανίες χημικών, φαρμακευτικών, ελαίων και αερίων, συμπεριλαμβανόμενων των διεργασιών χημικών συνθέσεων και καθαρισμού.

Οι διαλύτες μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο κατηγορίες τους πολικούς και τους μη πολικούς. Γενικά, η διηλεκτρική σταθερά του διαλύτη παρέχει ένα χοντρικό μέτρο της πολικότητας του διαλύτη. Η ισχυρή πολικότητα του νερού εμφανίζεται, στους 0 °C, με μια διηλεκτρική σταθερά 88. Οι διαλύτες με διηλεκτρική σταθερά μικρότερη από 15 θεωρούνται γενικά ως μη πολικοί. Τεχνικά, η διηλεκτρική σταθερά μετρά την ικανότητα του διαλύτη να μειώσει την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που περιβάλλει ένα φορτισμένο σωματίδιο που είναι μέσα του. Αυτή η μείωση συγκρίνεται έπειτα με την ένταση πεδίου του φορτισμένου σωματιδίου στο κενό.http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%8D%CF%84%CE%B7%CF%82 - cite_note-p177-5 Με όρους μη ειδικών, η διηλεκτρική σταθερά ενός διαλύτη μπορεί να θεωρηθεί ως η ικανότητά του να μειώσει την αποτελεσματικότητα της διαλυμένης ουσίας εσωτερικό φορτίο. Γενικά, η διηλεκτρική σταθερά ενός διαλύτη είναι μια αποδεκτή προσέγγιση της ικανότητας τού διαλύτη να διαλύσει κοινές ιοντικές ενώσεις, όπως τα άλατα.

Διαλύτες με σχετική στατική επιτρεπτότητα μεγαλύτερη από 15 μπορούν παραπέρα να διαιρεθούν σε πρωτικούς και απρωτικούς. Οι πρωτικοί διαλύτες διαλύουν ισχυρά ανιόντα(αρνητικά φορτισμένες διαλυμένες ουσίες) μέσα από δεσμούς υδρογόνου. Το νερό είναι ένας πρωτικός διαλύτης. Απρωτικοί διαλύτες όπως η προπανόνη ή το διχλωρομεθάνιο τείνουν να έχουν μεγάλες διπολικές ροπές (διαχωρισμό των μερικών θετικών και αρνητικών φορτίων μέσα στο ίδιο μόριο) και διαλύουν θετικά φορτισμένα είδη μέσα από τα αρνητικά τους δίπολα. Στις χημικές αντιδράσεις η χρήση πολικών πρωτικών διαλυτών ευνοεί τον μηχανισμό αντίδρασης S_N1, ενώ οι πολικοί απρωτικοί διαλύτες ευνοούν τον μηχανισμό αντίδρασης S_N2 [75].

Οι Επιδράσεις των Διαλυτών στις Φυσικές Ιδιότητες των Πολυμερικών Μεμβρανών

Οι διαλύτες χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς στον κλάδο της συντήρησης. Τα επαγγελματικά πρότυπα της συντήρησης συστήνουν τη χρήση διαλυτών της υψηλότερης καθαρότητας ώστε να επιτρέπεται η προβλεψιμότητα της αντίδρασης και η αποφυγή ενδεχόμενων επιβλαβών υπολειμμάτων [76]. Οι παράμετροι διαλυτότητας εξηγούν το γιατί τα διαλύματα παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες, ανάλογα με τη συγγένεια μεταξύ διαλύτη και πολυμερούς. Θεωρείται ότι κάθε διαλύτης αφήνει το πολυμερές σε μία ορισμένη μοριακή διάταξη, με μεγαλύτερη ή μικρότερη εσωτερική ισορροπία, οδηγώντας σε διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες που μπορεί να αντανακλούν φυσικές αντιδράσεις γήρανσης. Σε ένα «καλό διάλυμα» τα μόρια έχουν ξεδιπλωθεί πλήρως και κάθε λειτουργική ομάδα στην αλυσίδα πολυμερών καταλαμβάνεται από την αντίστοιχη λειτουργική ομάδα ενός διαλύτη. Σε ένα «φτωχό διάλυμα» μερικά μέρη του πολυμερούς μορίου παραμένουν μπλεγμένα. Αυτές οι μοριακές ταξινομήσεις συνεχίζουν να υπάρχουν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του στεγνώματος, ξεπερνώντας ακόμα και το σημείο χωρίς ροή. Γίνονται εγγενές μέρος της μεμβράνης [77].

Μία μεμβράνη από καλό διάλυμα η οποία έχει στεγνώσει φαίνεται λεία, με ομαλή αλληλεπίδραση μοριακής αλυσίδας των πολλών διαφορετικών μορίων, ενώ μία φτωχή μεμβράνη εμφανίζεται ανακόλουθη και πορώδης, με τραχιά (ματ) επιφάνεια. [78]. Συγκεκριμένα, ο χρόνος εξάτμισης ενός διαλύτη μοιάζει να επηρεάζει την ποιότητα της δημιουργηθείσας μεμβράνης. Όσο γρηγορότερα ο διαλύτης αφήνει τη φρεσκο-εφαρμοσμένη υγρή μεμβράνη, τόσο πιο σύντομα τα μόρια θα χάσουν την κινητικότητα της αλυσίδας τους [79]. Κατά συνέπεια, αυτό τα εμποδίζει να δημιουργήσουν εσωτερική ισορροπία φορτίων και ελεύθερου όγκου γεγονός που αφήνει μια εύθρυπτη μεμβράνη επιρρεπή σε φυσικές αντιδράσεις γήρανσης. Για την αξιολόγηση της επίδρασης των διαλυτών στην ποιότητα σχηματισμού μεμβράνης των πολυμερών έχουν διενεργηθεί μελέτες εργαστηριακής θερμικής ανάλυσης από ερευνητές, οι οποίες αναλύονται ακολούθως.

Υλικά και Μέθοδοι

Βιβλιογραφικά προέκυψε η επιλογή τεσσάρων υλικών, των Paraloid B72, Laropal A81, MS2A και Regalrez 1094 και κάθε ένα από αυτά διαλύθηκε σε έξι έως επτά διαλύματα σε 20% κατά βάρος σε διάφορους διαλύτες. Στην εκπόνηση μιας εργαστηριακής μελέτης, οι μεμβράνες εφαρμόστηκαν σε λείες γυάλινες επιφάνειες με πάχος μεμβράνης 60 mm. Μετά από οκτώ μήνες στεγνώματος, τα δείγματα αναλύθηκαν με θερμική ανάλυση. Αφού η μόνη διαφορετική παράμετρος μεταξύ των δειγμάτων ήταν ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε, οποιαδήποτε μεταβολή στα αποτελέσματα μπορούσε να αποδοθεί στην επίδραση του διαλύτη. Η θερμοβαρυτική ανάλυση (TGA)

μετρά τις αλλαγές μάζας των δειγμάτων ως συνάρτηση του χρόνου και της θερμοκρασίας. Κάθε δείγμα μετρήθηκε μία φορά με το ίδιο πρόγραμμα θέρμανσης (ρυθμός θέρμανσης σε 10°C/λεπτό), επιτρέποντάς να μετρηθεί η κατακράτηση του διαλύτη εντός του δείγματος. Η διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης (DSC) αποκαλύπτει θερμικές μεταβολές. Σύμφωνα με τα πρότυπα ASTM International (1998), τα προαναφερθέντα δείγματα εκτέθηκαν σε δύο περιόδους θέρμανσης (ρυθμοί θέρμανσης 10°C/λεπτό, ψύξης 10°C/λεπτό). Η πρώτη περίοδος αντικατοπτρίζει την επίδραση των φυσικών αντιδράσεων γήρανσης, ενώ η δεύτερη είναι ελεύθερη από οποιοδήποτε θερμικό ιστορικό και αποκαλύπτει πιο ανεπαίσθητους επηρεασμούς της μοριακής διάταξης

Τα αποτελέσματα από τα βιβλιογραφικά πειράματα αναλύονται παρακάτω.

Κατακράτηση Διαλύτη

Η συνολική κατακράτηση διαλύτη αποδεικνύεται πολύ υψηλή. Θεωρούνται τρεις οι λόγοι για την κατακράτηση διαλύτη: (1) αργός ρυθμός εξάτμισης, (2) πολύ καλή αλληλεπίδραση διαλύτη-πολυμερούς, ανεξάρτητα από τον υψηλό βαθμό εξάτμισης και (3) στην περίπτωση των μειγμάτων διαλυτών, ένας διαλύτης ενεργούσε ως μεσολαβητής μεταξύ του πολυμερούς και του φτωχού διαλύματος, προκαλώντας κατακράτηση και των δύο διαλυτών.

Θερμοκρασία Υαλώδους Μετάπτωσης

Η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης *T*g αποδεικνύεται χαμηλή. Αυτό μπορεί να συμβαίνει γιατί η DSC συνήθως εμφανίζει χαμηλότερη *T*g από άλλες μεθόδους (π.χ. διαφορική θερμική ανάλυση DTA). Εντός ενός υλικού, ωστόσο, οι μεμβράνες παρουσίασαν μαζικές αποκλίσεις της *T*g μέχρι και 20°C. Ο λόγος για αυτές τις διαφορές ερμηνεύεται ως εξής:

• Η κατακράτηση διαλύτη μειώνει την *T*g.

• Οι φυσικές ιδιότητες αυτών των μεμβρανών επηρεάζονται έντονα από εκείνες των διεπιφανειών, που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από εκείνες των βασικών υλικών.

• Η αργή εξάτμιση διαλύτη προκαλεί εκτεταμένη κινητικότητα αλυσίδας και οι προσαρμογές αυτών οδηγούν σε πιο πυκνή μεμβράνη ισορροπίας και, κατά συνέπεια, σε υψηλότερη *T*g.

• Η επίδραση του διαλύτη στη μοριακή διάταξη είναι τόσο υψηλή που δεν μπορεί να απαλειφθεί με θέρμανση πάνω από την *T*g, καθώς είναι ακόμα εμφανής στη δεύτερη περίοδο θέρμανσης του προγράμματος DSC.

• Όλα τα συστατικά σε ένα μείγμα εμφανίζονται να επηρεάζουν την εσωτερική ισορροπία και τη μοριακή διάταξη μίας μεμβράνης.

Το μέγεθος και το σχήμα των μορίων ενός διαλύτη, η πολικότητά του και ο ρυθμός εξάτμισής του, μεταξύ άλλων ιδιοτήτων, επηρεάζει τη μοριακή διάταξη εντός της μεμβράνης. Η ποιότητα του διαλύματος και ο ρυθμός με

τον οποίο στεγνώνει οδηγούν σε διαφορετικές εσωτερικές διαμορφώσεις των μορίων εντός της μεμβράνης. Αυτό εξηγεί τις διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες που παρατηρούνται και μπορεί να εξηγήσει τις αντιδράσεις φυσικής γήρανσης που εμφανίζονται πιο γρήγορα σε ορισμένες μεμβράνες. Η κατακράτηση διαλύτη μοιάζει να παρεμβαίνει έντονα και να εμποδίζει την ανάπτυξη θερμικού ιστορικού.

Η εμφάνιση του υλικού, η ευθρυπτότητα ή ελαστικότητα, οι συγκολλητικές και συνεκτικές δυνάμεις και η ανθεκτικότητα είναι πολύ πιθανό να επηρεάζονται από την επιλογή του διαλύτη. Η κατανόηση των εξαρτήσεων της συμπεριφοράς του πολυμερούς βασιζόμενη στους διαλύτες που είχαν χρησιμοποιηθεί θα μπορούσε να δημιουργήσει μια πιο κατάλληλη επιλογή και των δύο συστατικών για τους σκοπούς της συντήρησης. Για αυτόν το σκοπό, τα ακόλουθα ζητήματα πρέπει να ερευνηθούν περαιτέρω: (1) η επίδραση του διαλύτη πάνω στις μηχανικές ιδιότητες του υλικού, π.χ. ευκαμψία, (2) το χρονικό πλαίσιο των διαδικασιών φθοράς με σύγκριση μεμβρανών διαφορετικών ηλικιών, (3) η επίδραση του διαλύτη στη μοριακή διάταξη των στρωμάτων συνδετικού μέσου του χρώματος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καθαρισμού ή κατά την εφαρμογή βερνικιού, (4) η ανάλυση της προβλεψιμότητας των μειγμάτων διαλυτών, και (5) η σύγκριση της εγγενούς πτητικότητας του διαλύτη και των ρυθμών εξάτμισης από διαλύματα.

Παράμετροι Διαλυτότητας

Η επιλογή ενός διαλύτη για μια συγκεκριμένη κατάσταση περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του ρυθμού εξάτμισης, το ιξώδες του διαλύματος, ή ανησυχίες για το περιβάλλον και την υγεία, και συχνά η αποτελεσματικότητα ενός διαλύτη εξαρτάται από την ικανότητά του να διαλύει επαρκώς ένα υλικό, αφήνοντας άλλα υλικά ανεπηρέαστα όπως ήδη αναφέρθηκε. Η επιλογή των διαλυτών ή μειγμάτων διαλυτών για την ικανοποίηση αυτού του κριτηρίου είναι μια λεπτή τέχνη που πολλές φορές βασίζεται στην βιωματική συλλογιστική σε βάρος της επιστημονικής μεθόδου.

Εκτενής λόγος γίνεται ως προς την κλίμακα διαλυτότητας. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν διάφορα συστήματα, κυρίως γραφικής αναπαράστασης που παρουσιάζουν την σχέση των αλληλεπιδράσεων διαλύτη-πολυμερούς και επιτρέπουν την πρόβλεψη της συμπεριφοράς διαλυτότητας. Λόγω του ότι οι βασικές θεωρίες είναι συχνά εξαιρετικά πολύπλοκες η κατανόηση του «γιατί» ενός συγκεκριμένου συστήματος μπορεί να είναι πολύ δύσκολη. Πολλά από τα συστήματα αυτά όμως, είναι

στην πραγματικότητα αρκετά απλά, με χαρακτηριστικότερο όλων το διάγραμμα Teas το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω [80].

Teas graph

Η κατασκευή του γραφήματος αυτού βασίζεται στην υποθετική παραδοχή ότι όλα τα υλικά έχουν την ίδια τιμή Hildebrand. Αναλυτικότερα, πρέπει να επισημανθεί ότι το πιο διαδεδομένο σύστημα τριών συστατικών μέχρι σήμερα είναι το σύστημα των τριών παραμέτρων που αναπτύχθηκε από Charles M. Hansen το 1966. Ο Hansen λοιπόν διαίρεσε σε τρεις ξεχωριστές παραμέτρους τη συνολική τιμή Hildebrand. Οι παράμετροι αυτοί είναι η δύναμη διασποράς, ο δεσμός υδρογόνου και η πολική συνιστώσα. Έτσι διαμορφώθηκε η σχέση:

$\partial_t^{2=}\partial_d^{2+}\partial_p^{2+}\partial_h^{2}$

για την οποία ισχύει,

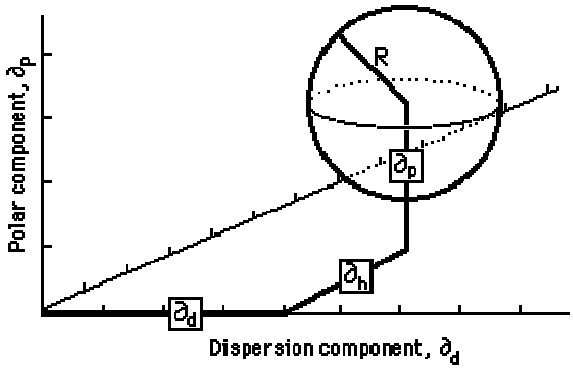
$\partial_t^{2=}$Συνολική παράμετρος Hildebrand ,

r$\partial_d^{2=}$Συνιστώσα της διασποράς,

$\partial_p^{2=}$Πολικό συστατικό

$\partial_h^{2=}$Συστατικό δεσμού υδρογόνου

Επίσης ο Hansen χρησιμοποίησε ένα τρισδιάστατο μοντέλο για να σχεδιάσει τις διαλυτότητες. Κατέληξε ότι με διπλασιασμό του άξονα διασποράς, θα σχηματιστεί για το καθένα πολυμερές ένας σφαιρικός όγκος. Ο όγκος αυτός, φαίνεται στην εικόνα 9.



Εικόνα 9:Η σφαίρα του Hansen για την διαλυτότητα πολυμερούς[81]

Οι συντεταγμένες στο κέντρο της σφαίρας είναι οι ∂d, ∂P, ∂h, και η ακτίνα (R) της σφαίρας ονομάζεται ακτίνα αλληλεπίδρασης και είναι μοναδική για κάθε πολυμερές.

Έτσι, η διαλυτότητα καθορίζεται από τις σχετικές ποσότητες των τριών συστατικών δυνάμεων που συμβάλλουν στη συνολική τιμή Hildebrand. Αυτό μας επιτρέπει να μιλήσουμε σε ποσοστά. Οι παράμετροι Teas που αλλιώς ονομάζονται και κλασματικές παράμετροι, μαθηματικώς προέρχονται από

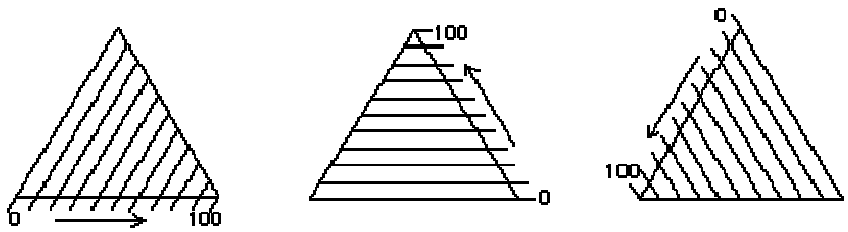
τις παραμέτρους Hansen, και στην ουσία αφορούν το ποσοστό συνεισφοράς της κάθε μίας εξ αυτών στην συνολική τιμή Hildebrand.
Έτσι προέκυψαν οι σχέσεις που ακολουθούν.

$$f_d = \frac{\partial_d}{\partial_d + \partial_p + \partial_h} \qquad f_p = \frac{\partial_p}{\partial_d + \partial_p + \partial_h} \qquad f_h = \frac{\partial_h}{\partial_d + \partial_p + \partial_h}$$

Αν προστίθενται μαζί οι τρεις κλασματικές παραμέτρους, το άθροισμα θα είναι πάντα ίδιο και ίσο με 100

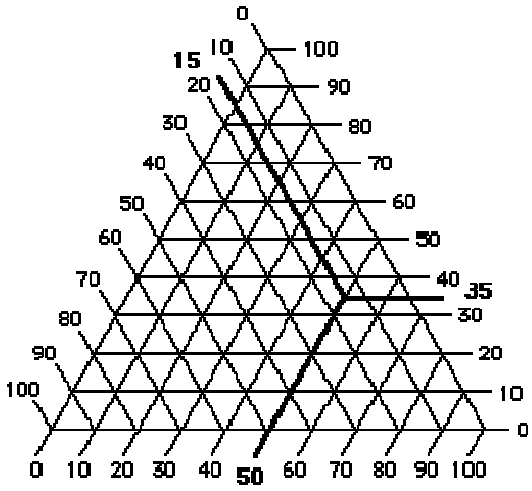
$$f_d + f_p + f_h = 100$$

Για παράδειγμα, τα αλκάνια, με διαμοριακές έλξεις που οφείλονται εξ ολοκλήρου σε δυνάμεις διασποράς, χαρακτηρίζονται από παράμετρο διασποράς 100. Μόρια που είναι περισσότερο πολικά έχουν παράμετρο διασπορά μικρότερη του 100. Επειδή οι τιμές Hildebrand δεν είναι ίδιες για όλα τα υγρά, το γράφημα Teas είναι ένα εμπειρικό σύστημα με ελάχιστη θεωρητική τεκμηρίωση. Αυτή η έλλειψη της θεωρητικής θεμελίωσης, ωστόσο, δεν εμποδίζει το γράφημα να είναι ένα ακριβές και χρήσιμο εργαλείο, ίσως η πιο βολική μέθοδος με την οποία η απεικονίζονται οι πληροφορίες διαλυτότητας. Έτσι προκύπτει η ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 10: Το γράφημα Teas ως επικάλυψη από τρεις κλίμακες διαλυτότητας[81]

Κάπως έτσι προκύπτει και το τριγωνικό γράφημα, η διάταξη του οποίου αρχικά μπορεί να φαίνεται κάπως δύσκολη. Το γράφημα αυτό αποτελείται από τρεις άξονες – παρόλα αυτά όμως είναι επίπεδο- προσανατολισμένους στις 60º. Σε αυτό το γράφημα το σημείο 0 της μιας κλίμακας είναι το ανώτατο όριο της άλλης. Η παρακάτω εικόνα κάνει σαφές ότι κάθε κλίμακα φτάνει μέχρι το 100 [80- 81].



Εικόνα 11: Το τριγωνικό γράφημα [81]

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως οι διαλύτες με βάση τους οποίους προέκυψαν τα μείγματα διαλυτών που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία είναι η λιγροΐνη, η ακετόνη και η αιθανόλη. Η λιγροΐνη που αλλιώς ονομάζεται νάφθα είναι ενδιάμεσο προϊόν διύλισης του πετρελαίου. Δηλαδή δεν αποτελεί τελικό εμπορεύσιμο καύσιμο, αλλά προϊόν της πρώτης απόσταξης του αργού, ή και προϊόν άλλων διεργασιών όπως η καταλυτική πυρόλυση και άλλες, το οποίο τυγχάνει κατόπιν περαιτέρω επεξεργασίας για να δώσει καύσιμα προϊόντα επιθυμητών προδιαγραφών όπως είναι η βενζίνηhttps://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%AC%CF%86%CE%B8%CE%B1 -cite_note-1. Ο όρος νάφθα είναι ένας αρκετά γενικός όρος και όχι αρκετά ακριβής όρος, διότι κάθε ένα διυλιστήριο δεν είναι ποτέ ακριβώς το ίδιο με κάποιο άλλο και η «νάφθα» που παράγει κάποια μονάδα δεν είναι η ίδια με τη «νάφθα» κάποιας άλλης. Ωστόσο γενικά μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για μείγμα υδρογονανθράκων που έχει αρχικό σημείο βρασμού περίπου 35 °C και τελικό σημείο βρασμού περίπου 200 °C και αποτελείται κυρίως από παραφίνες, ναφθένια και αρωματικούς υδρογονάνθρακες τεσσάρων ως και δέκα ή ακόμα και έντεκα ατόμων άνθρακα. Το σημείο ανάφλεξης της νάφθας είναι από -2 έως 37 βαθμούς Κελσίου περίπου και το σημείο αυτανάφλεξης στους 227 °C. Η νάφθα ως παράγωγο του πετρελαίου ανήκει στα πετροχημικά προϊόντα. Με το όνομα νάφθα χαρακτηρίζεται και το ακάθαρτο πετρέλαιο καθώς και διάφορα κλάσματα λιθανθρακόπισσας τα οποία περιέχουν κυρίως ξυλόλιο και άλλα ανώτερα ομόλογα [82].

Η ακετόνη ή αλλιώς προπανόνη είναι μια οργανική χημική ένωση με τύπο και σύντομο συντακτικό τύπο CH_3COCH_3 ή συντομογραφικά Me_2CO ή DMK (DiMethylKetone). Η καθαρή προπανόνη, στις συνηθισμένες συνθήκες,

δηλαδή σε θερμοκρασία 25 °C και πίεση 1 atm), είναι ένα άχρωμο, ευκίνητο, εύφλεκτο υγρό. Είναι η απλούστερη κετόνη. Η προπανόνη είναι ένας σημαντικός διαλύτης και τυπικό καθαριστικό σκευών σε χημικά εργαστήρια [83].

Η αιθανόλη τώρα είναι οργανική χημική ένωση, που περιέχει άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, με χημικό τύπο C_2H_6O, αν και παριστάνεται συχνά και με τους τύπους C_2H_5OH, CH_3CH_2OH και EtOH. Οι τύποι αυτοί δείχνουν ότι το μόριο της αιθανόλης αποτελείται από μια αιθυλομάδα (C_2H_5) και μια «υδροξυλομάδα» (OH). Η αιθανόλη ανήκει στην ομόλογη σειρά των «αλκανολών», δηλαδή των άκυκλων κορεσμένων μονοαλκοολών. Έχει ένα ισομερές θέσης, το διμεθυλαιθέρα (CH_3OCH_3). Η χημικά καθαρή («απόλυτη») αιθανόλη (|EtOH|), στις «συνηθισμένες συνθήκες», δηλαδή θερμοκρασία 25°C και υπό πίεση 1 atm, είναι πτητικό, εύφλεκτο και άχρωμο υγρό [84].

➢ *ΓΕΛΕΣ, ΕΝΖΥΜΑ, ΑΓΑΡ*

Το νερό, από μόνο του, μπορεί να είναι ένας φυσικός διαλύτης για υδρόφιλα υλικά που δημιουργούν μεμβράνη, αλλά διαθέτει επίσης το μοναδικό χαρακτηριστικό ότι είναι ένα καλό μέσο για τη συντέλεση χημικών αντιδράσεων, κατά κύριο λόγο, ιονισμού και/ή διαχωρισμού υλικών, π.χ. υλικών που σχηματίζουν όξινες ή αλκαλικές μεμβράνες ή ακόμα και υδρόλυσης. Επιπλέον, το νερό είναι το κατάλληλο περιβάλλον για δύο διαδικασίες: σχηματισμούς χηλικών ενώσεων και γαλακτωματοποίηση ή αποκαθαρισμό.

Ωστόσο, το νερό έχει μία δυνητικά επικίνδυνη δράση πάνω σε μία ζωγραφισμένη επιφάνεια: παρόλο που παρουσιάζει περιορισμένη δράση στην ίδια την επιφάνεια, η υψηλή διάχυση και τριχοειδής ιδιότητά του μπορεί να ασκήσει ανεπιθύμητες επιδράσεις σε υλικά εντός των εσωτερικών στρωμάτων ενός έργου ζωγραφικής. Η αύξηση του ιξώδους του νερού μέσω υδρόφιλων πολυμερών, οι επονομαζόμενοι πηκτωματογόνοι παράγοντες, είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη στρατηγική για τον περιορισμό της ποσότητας του νερού που απελευθερώνεται, ειδικά κατά τον χειρισμό υλικών και στρωμάτων ευαίσθητων στο νερό. Έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά διαφορετικά πολυμερή για αυτόν τον σκοπό: οι πολύ γνωστοί αιθέρες κυτταρίνης όπως το Klucel, το ψευδοπλαστικό ξανθανικό κόμμι- το οποίο και χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία και θα αναλυθεί περισσότερο παρακάτω- τα υψηλού ιξώδους παράγωγα πολυακρυλικού οξέως (Carbopols και Pemulens). Ένα κοινό χαρακτηριστικό

είναι η ανάγκη για έκπλυση μετά την εφαρμογή και αφαίρεση της γέλης με στεγνό μάκτρο βαμβακιού. Η έκπλυση χρησιμοποιεί νερό για να εξασφαλίσει τη σωστή απομάκρυνση των υπολειμμάτων των υδρόφιλων πηκτωματογόνων παραγόντων. Σε ιδιαίτερα ευαίσθητες επιφάνειες, αυτή η τελική έκπλυση θα μπορούσε να δημιουργήσει πρόβλημα, λαμβάνοντας υπόψη ότι η αρχική επιλογή της γέλης είχε γίνει για να αποφευχθεί η χρήση ελεύθερου νερού. Για την αποφυγή του μειονεκτήματος αυτών των συμβατικών υγρών γελών, χρησιμοποιούνται οι αποκαλούμενες σκληρές γέλες, με το μεγάλο πλεονέκτημα ότι, γενικώς, δεν απαιτούν παρεπόμενη επεξεργασία λόγω της φυσικής μορφής και της περιορισμένης συγκολλητικής δύναμής τους.

Σκληρές γέλες από άγαρ

Το 2003, η χρήση σκληρών γελών από άγαρ εισήχθη από τον Richard Wolbers κατά τη διάρκεια ενός από τα μαθήματα καθαρισμού που οργανώθηκαν στην Ιταλία. Προκαταρκτικές εφαρμογές σε ζωγραφισμένες επιφάνειες έμοιαζαν πολλά υποσχόμενες και αποφασίστηκε η περαιτέρω μελέτη της χρήσης τους σε έργα ζωγραφικής, τόσο από αναλυτικής όσο και από πρακτικής άποψης [85]. Μεταγενέστερα, το πεδίο μελέτης διευρύνθηκε και σε άλλα έργα τέχνης, όπως ξύλινα αντικείμενα, γύψινα γλυπτά και τοιχογραφίες. Παράλληλα με αυτή τη μελέτη, το Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione del Patrimonio Archivistico e Librario (ICPAL) στη Ρώμη ανέπτυξε εφαρμογές παρόμοιων πηκτωματογόνων παραγόντων πιο κατάλληλων για χαρτί και υλικά [86].

Αυτός ο τελευταίος τομέας έχει γίνει πιο σημαντικός και οι ξεχωριστές εμπειρίες έχουν ενωθεί σε μία κοινή προσπάθεια: το 2009 το Cesmar7 (Κέντρο για τη Μελέτη των Υλικών Αποκατάστασης) ξεκίνησε ένα κοινό ερευνητικό πρόγραμμα μαζί με τους επιστήμονες από το ICPAL στη Ρώμη, το Universita degli Studi στην Πάρμα και το Opificio delle Pietre Dure στη Φλωρεντία που ήδη έχει παρουσιάσει ορισμένα ενδιαφέροντα αποτελέσματα, όπως την «Ημέρα Μελέτης των Υδατικών Σκληρών Γελών» (Gel rigidi acquosi nel restauro) που έγινε στη Ρώμη στις 16 Ιουνίου 2010. [87].

Το πολυσακχαριδικό πολυσύνθετο άγαρ, που αποτελείται από γαλακτόζη, διαλύεται σε ζεστό νερό πάνω από τους 85°C. Όταν το διάλυμα κρυώνει κάτω από τους 37°C–39 °C, τα πολυμερή μόρια συγκεντρώνονται ερμητικά σε κανονικό πλέγμα, ικανό να συγκρατήσει μια μεγάλη ποσότητα νερού, δημιουργώντας την αποκαλούμενη σκληρή γέλη. Όταν εφαρμόζεται σε μία πορώδη επιφάνεια, η γέλη μπορεί σταδιακά να απελευθερώσει αυτό το νερό, μια φυσική διαδικασία για την οποία χρησιμοποιείται ο όρος συναίρεση. Γενικώς, χρησιμοποιούνται συγκεντρώσεις 2–5 g άγαρ σε 100 mL

νερού, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής και της ευαισθησίας που παρουσιάζει στο νερό το υπό επεξεργασία αντικείμενο. Διαφορετικές ποικιλίες άγαρ είναι εμπορικά διαθέσιμες, οι οποίες κυμαίνονται από τον βαθμό του πρόσθετου εργαστηρίου έως αυτόν του πρόσθετου τροφίμων και από την εμπειρία μας όλοι οι τύποι που δοκιμάστηκαν απέδωσαν με πολύ παρόμοιο τρόπο.

Η αγαρόζη είναι το πιο καθαρό πηκτωματογόνο υλικό που προέρχεται από τη γαλακτόζη. Παράγει καθαρές γέλες, πιο διαφανείς από τις θολές που παράγει το άγαρ, ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό για την επεξεργασία ευαίσθητων βάσεων, όπως το χαρτί. Ωστόσο, λόγω της υψηλής τιμής της (10–20 φορές πιο ακριβή από το άγαρ) δεν είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί στη συντήρηση. Επιπλέον, για τα συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά μερικών έργων τέχνης, το «φτωχότερο» άγαρ προτιμάται και λόγω του πιο αργού ρυθμού συναίρεσης που παρουσιάζει σε σχέση με την αγαρόζη. Η αγαροπηκτίνη, το άλλο πολυσακχαριδικό συστατικού του άγαρ, είναι ένα θειικό πολυμερές και οι ογκώδεις θειούχες ομάδες μειώνουν τα μεγέθη των πόρων εντός του πολυμερικού δικτύου, παρουσιάζοντας κατά συνέπεια μείωση του ρυθμού έκκρισης νερού. Πέρα από τις εφαρμογές για τον καθαρισμό επιφανειών, οι σκληρές γέλες άγαρ σε πολλές περιστάσεις μπορεί να λειτουργήσουν ως πραγματικά συστήματα ύγρανσης, ικανά για ελεγχόμενη απελευθέρωση νερού για οποιονδήποτε σκοπό συντήρησης. Εκτεταμένες αναλυτικές δοκιμές έγιναν σε ιδιαίτερα πορώδη μοντέλα βάσεων χρησιμοποιώντας αεριοχρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS). Οι χρωματογράφοι πάντα εμφανίζουν μία λεπτή αιχμή για τη γαλακτόζη, υποδεικνύοντας ότι μόνο ίχνη ποσοτήτων άγαρ που προέρχονται από τη γέλη έχουν διαποτιστεί μέσα στις πορώδεις βάσεις [62].

Ως παράδειγμα, η Εικόνα 12 δείχνει την εφαρμογή μιας σκληρής γέλης άγαρ πάνω σε έναν πολύχρωμο ξύλινο σταυρό του 18^{ου} αιώνα από την περιοχή των Βαλκανίων, ζωγραφισμένου με μέσο τέμπερας αυγού. Ολόκληρη η επιφάνεια είχε καλυφθεί με χρωματισμένο στρώμα ζωικής κόλλας, έχει αλλοιωθεί και αποχρωματιστεί. Το νερό θεωρείται απαραίτητο για την αφαίρεσή του στρώματος και ο ασφαλέστερος τρόπος χρήσης του θα μπορούσε να είναι μόνο γέλη.

Εικόνα 12: Παράδειγμα εφαρμογής σκληρής γέλης άγαρ[62]

Ωστόσο, ακόμα και με παχιές γέλες Carbopol, η φάση της έκπλυσης επηρέασε το στρώμα χρώματος λόγω της παρουσίας κάποιων πολύ υδρόφιλων συστατικών εντός του στρώματος του χρώματος, πιθανώς ενός πρόσθετου πολυσακχαριδικού κόμμεος. Στο συγκεκριμένο βιβλιογραφικό πείραμα μία σκληρή γέλη άγαρ, που εφαρμόστηκε για μόλις 1–1,5 λεπτά, απελευθέρωσε τη σωστή ποσότητα νερού για τη διόγκωση του πρωτεϊνούχου υλικού, που στη συνέχεια αφαιρέθηκε τελείως με την απλή δράση ενός στεγνού μάκτρου βαμβακιού.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις για μια συγκεκριμένη επεξεργασία, η γέλη μπορεί να παραμείνει για περιορισμένο χρόνο, μέχρι η απαραίτητη ποσότητα νερού για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων να απελευθερωθεί ή μέχρι το νερό να έχει πλήρως «απεκκριθεί». Στην τελευταία περίπτωση, αυτό που μένει είναι συμπαγής φλοιός, ο οποίος είναι εύκολο να αφαιρεθεί επειδή δεν προσκολλάται στην επιφάνεια. Πηγές φανερώνουν ότι συχνά χρησιμοποιείται παρατήρηση του σταδιακού χρωματισμού της γέλης καθώς απορροφά τα διαλυμένα υλικά για την επιβεβαίωση της δράσης της. Μπορούμε να υποτεθεί ότι οι βαθμίδες πυκνότητας, όταν το νερό από τη γέλη ξεκινά να διαχέεται στα επιφανειακά υλικά, είναι ο κύριος παράγοντας ελέγχου αυτής της διαδικασίας.

Σε άλλες περιπτώσεις, το επιφανειακό υλικό δεν θα διαλυθεί πλήρως, όπως συμβαίνει όταν εγγενώς υδρόφιλες ουσίες σταδιακά χάνουν αυτό το χαρακτηριστικό με τη γήρανση και την οξείδωση ή όταν διασταυρώνονται με άλλα υλικά. Τότε η χρησιμότητα της γέλης μπορεί να αναγνωριστεί στη διόγκωση του υλικού, που είναι αρκετή για να το μαλακώσει και να βοηθήσει στην αφαίρεσή του με μία ήπια μηχανική δράση. Αυτού του είδους η δράση περιλαμβάνει επεξεργασία που έπεται της εφαρμογής της γέλης, αλλά σίγουρα σε έναν πολύ μικρότερο βαθμό από τη διαδικασία πλυσίματος που απαιτείται όταν χρησιμοποιούνται παραδοσιακές γέλες κατασκευασμένες από αιθέρες κυτταρίνης ή πολυακρυλικό οξύ, που τείνουν να συγκολλούνται στην επιφάνεια.

Αν, αντί για την απλή πηκτωματοποίηση του νερού, χρησιμοποιηθεί ένα υδατικό διάλυμα που περιέχει οξέα ή βάσεις, χηλικούς παράγοντες ή επιφανειοδραστικά, μπορεί να επιτευχθεί μια πιο συγκεκριμένη δράση σε ορισμένα υλικά, όπως (1) ιονισμός ουσιών οξέων ή βάσεων (ζωικές κόλλες, ορισμένοι πολυσακχαρίτες, ειδικά όταν έχουν υποστεί γήρανση και λιπόφιλα υλικά, όπως φυσικές ρητίνες, έλαια, κεριά, ειδικά όταν έχουν υποστεί γήρανση και/ή οξειδωθεί), χρησιμοποιώντας βάσεις ή οξέα, (2) διάλυση δυσδιάλυτων αλάτων (όπως επιφανειακές πατίνες που αποτελούνται από άλατα λιπαρών οξέων σε ελαιογραφίες ή καζεϊνικά) χρησιμοποιώντας χηλικούς παράγοντες όπως κιτρικά άλατα ή άλατα EDTA (αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ) και (3) γαλακτωματοποίηση ή διασπορά υδροφοβικών υλικών, τόσο ελαιωδών όσο και λιπαρών (έλαια και φυτικές ρητίνες) χρησιμοποιώντας επιφανειοδραστικά.

Όσον αφορά τη συντήρησή τους, πρέπει να είναι ξεκάθαρο ότι αυτές οι γέλες είναι υλικά με βάση το νερό και κατά συνέπεια έχουν μία τάση να αναπτύσσουν μούχλα. Αυτό απαιτεί μια έστω ελάχιστη φροντίδα κατά την προετοιμασία (καθαρά γυάλινα σκεύη), ειδικά κατά τον χειρισμό τους, για την αποφυγή επιμόλυνσης της φρέσκιας γέλης (χρησιμοποίηση γαντιών, καθαρά όργανα κ.λπ.). Τα τεμάχια της γέλης μπορούν να αποθηκευτούν σε ψυγείο αφού σφραγιστεί η επιφάνειά τους με πλαστική μεμβράνη για περαιτέρω προστασία. Η φύση αυτών των σκληρών γελών αντιπροσωπεύει επίσης τον κύριο περιορισμό στη χρήση τους: επειδή είναι σκληρές, μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί καλή επαφή πάνω στις επιφάνειες που δεν είναι τελείως επίπεδες, ακόμα και αν μειωθεί το πάχος της γέλης.

Υδρολυτικά Ένζυμα

Τα ένζυμα τάξης III, σύμφωνα με την ταξινόμηση της Enzyme Committee (Επιτροπής Ενζύμων) της δεκαετίας του 1960, κατά κύριο λόγο, τα υδρολυτικά ένζυμα ή απλώς υδρολάσες, δρουν καταλυτικά στην επιλεκτική διχοτόμηση συγκεκριμένων δεσμών εντός των ίδιων των υποστρωμάτων.

Μεταξύ των υδρολασών, πρωτεάσες, αμυλάσες και εστεράσες υδρολύουν πεπτιδικούς δεσμούς (-CO- N-) σε πρωτεΐνες, a-1,4-γλυκοσιδικούς δεσμούς (-O-C-O-)σε άμυλο και εστερικούς δεσμούς(-CO-O-)σε απλούς και σύνθετους εστέρες, αντίστοιχα.

Το πιο αντιπροσωπευτικό χαρακτηριστικό των ενζύμων είναι η μοριακή αναγνώριση του κατάλληλου είδους υποστρώματος π.χ. εκείνο που μοιάζει περισσότερο με τη δομή του ενεργού χώρου του ενζύμου και από αυτό το χαρακτηριστικό προκύπτει μια ασύγκριτη επιλεκτικότητα σε σχέση με εκείνη των πιο συμβατικών αντιδραστηρίων, όπως είναι τα οξέα και τα αλκάλια, ή ακόμα και των οργανικών διαλυτών. Από τη δεκαετία του 1970, αυτά τα ένζυμα βρήκαν εφαρμογή σε επεξεργασίες συντήρησης για την αφαίρεση υπό ελεγχόμενες συνθήκες τέτοιων υλικών σχηματισμού μεμβράνης όπως ζωικές κόλλες και ιχθυόκολλες και ζελατίνες, αλβουμίνη και καζεΐνη, άμυλο και αμυλούχα υλικά π.χ. άλευρα, φυτικές κόλλες, ξηραντικά έλαια, λίπη, μερικά κεριά και μερικές συνθετικές ρητίνες που περιέχουν εστέρες
Όταν αυτές οι ουσίες δημιουργίας μεμβράνης γίνονται σε μεγάλο βαθμό αδιάλυτες σε νερό (για υδρόφιλα υλικά) ή σε οργανικούς διαλύτες (για λιπίδια), με τη γήρανση, απαιτείται μια χημική δράση για την αφαίρεσή τους. Αν δεν επαρκεί ο ιονισμός ή ο διαχωρισμός που εκτελείται από οξέα και αλκάλια κάτω από συνθήκες μέτριου pH (περίπου 5–9 για πολύχρωμες επιφάνειες), τα ίδια οξέα ή αλκάλια μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό υδρολυτικές συνθήκες, π.χ. υψηλότερη συγκέντρωση, υψηλότερο pH και μεγαλύτερους χρόνους εφαρμογής με μεγαλύτερο κίνδυνο για την ακεραιότητα του έργου τέχνης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η υδρολυτική δράση των ενζύμων μπορεί να είναι μία πιο αποτελεσματική και ασφαλέστερη εναλλακτική λύση.

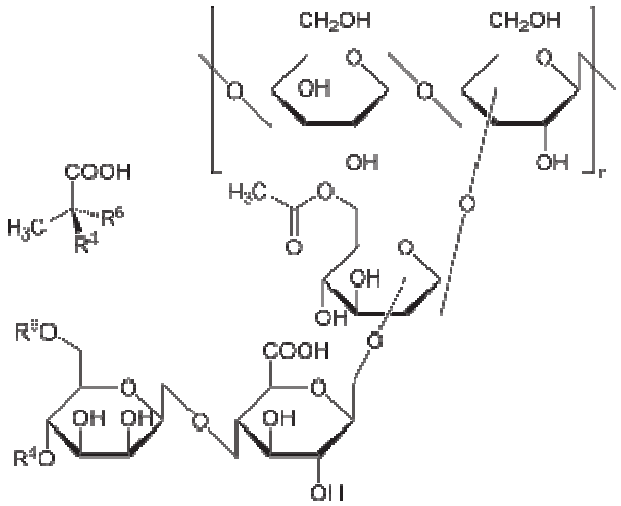
Πρέπει να σημειωθεί ότι όταν τα ένζυμα απομακρύνονται από το βιολογικό «προστατευτικό» τους περιβάλλον και χρησιμοποιούνται ως απλά χημικά αντιδραστήρια π.χ. όταν εφαρμόζονται στην επιφάνεια έργων τέχνης για σκοπούς καθαρισμού, ένα μεγάλο μέρος αυτής της αποτελεσματικότητας χάνεται. Βέλτιστες συνθήκες αντίδρασης, όπως pH και θερμοκρασία, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις συνθήκες καθαρισμού και επιπλέον, μπορεί να υπάρχει παρουσία αναστολέων πάνω στο έργο τέχνης, όπως άλατα, μεταλλικά ιόντα ή άλλα μόρια τα οποία, όταν ενώνονται με την πρωτεϊνούχα δομή του ενζύμου, προκαλούν αλλαγές στη δομή του. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν μια μείωση ή ακόμα και πλήρη απώλεια της ενζυματικής δραστηριότητας. Παραδείγματος χάρη, ιόντα βαρέων μετάλλων, όπως μόλυβδος, υδράργυρος, αντιμόνιο και κάδμιο, είναι γνωστά ως πολύ ισχυροί αναστολείς ενζύμων στη φάση ομογενούς κατάλυσης π.χ. όταν είναι υπό την μορφή αλάτων, διαλυμένων στο ίδιο υδάτινο μέσο με το ένζυμο. Αυτά τα ίδια μέταλλα υπάρχουν και μέσα σε

πολλές αρχαίες χρωστικές, παραδείγματος χάρη, στο λευκό του μολύβδου, το μίνιο, την κίτρινη σανδαράχη και το κιννάβαρι. Ωστόσο, όταν αποτελούν μέρος ενός στρώματος χρώματος, ειδικά ενός στρώματος συνδεδεμένου με έλαιο, αυτά τα μεταλλικά ιόντα μπορεί να μην είναι βιοδιαθέσιμα στο ένζυμο αν τα σωματίδια της χρωστικής είναι πλήρως επικαλυμμένα με μία συνδετική μεμβράνη. Κατά συνέπεια, υπό αυτές τις συνθήκες, μπορεί να μην ασκούν αναστολή ενζύμου[88].

Παρακάτω δίνονται κάποιες πληροφορίες για τα δύο άγαρ τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία της διπλωματικής εργασίας

Xanthan gum

Το κόμμι ξανθάνης «xanthan gum» είναι ένας πολυσακχαρίτης που εκκρίνεται από το βακτήριο Xanthomonas campestris και χρησιμοποιείται ως πρόσθετο τροφίμων, τροποποιητής ρεολογίας, αλλά και ως πυκνωτικό μέσο τροφής και σταθεροποιητής (σε καλλυντικά προϊόντα). Συντίθεται από πεντασακχαρίτη επαναλαμβανόμενων μονάδων, που περιλαμβάνει γλυκόζη, μαννόζη, και γλυκουρονικό οξύ σε γραμμομοριακή αναλογία 2.0: 2.0:. 1.0 .Παράγεται από τη ζύμωση γλυκόζης, σακχαρόζης ή λακτόζης. Μετά από μια περίοδο ζύμωσης, ο πολυσακχαρίτης καταβυθίζεται σε ένα μέσο ανάπτυξης με ισοπροπυλική αλκοόλη, ξηραίνεται και αλέθεται σε λεπτή σκόνη. Αργότερα, προστίθεται σε ένα υγρό μέσο για να σχηματιστεί το κόμμι.



Εικόνα13: Μόριο Xanthan gum[89]

Ως προς την βιοσύνθεση της, το υπόστρωμα είναι η γλυκόζη που είναι απαραίτητη για την σύνθεση των νουκλεοτιδίων ζάχαρης που είναι οι προάγγελοι της παρασκευής του πεντασακχαρίτη. Οι επαναλαμβανόμενες μονάδες δημιουργούνται μέσω των μεταφορών λιπιδίων που είναι αγκυροβολημένοι στην κυτταροπλασματική μεμβράνη. Ειδικές γλυκοζυλοτρανσφεράσες μεταφέρουν διαδοχικά τα τμήματα σακχάρου των προδρόμων ξανθάνης στους μεταφορείς λιπιδίων. Προστίθενται ακετυλο-πυροβυλικά υπολείμματα. Επαναλαμβανόμενες μονάδες πολυμερίζονται και εξάγονται.

Ως προς την προετοιμασία τώρα, ο πολυσακχαρίτης παρασκευάζεται με εμβολιασμό ενός στείρου υδατικού διαλύματος υδατάνθρακα, μία πηγή αζώτου, όξινο φωσφορικό κάλιο, και μερικά ιχνοστοιχεία. Το μέσο αερίζεται και αναδεύεται καλά , και το πολυμερές παράγεται εξωκυτταρικά. Η τελική συγκέντρωση του κόμμεος που παράγεται θα ποικίλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής και το στέλεχος των βακτηρίων. Μετά τη ζύμωση που μπορεί να ποικίλλει σε διάστημα από μία έως τέσσερις ημέρες, το πολυμερές καθιζάνει από το μέσο με την προσθήκη ισοπροπυλικής αλκοόλης, και το ίζημα ξηραίνεται και αλέθεται για να δώσει μια σκόνη που είναι άμεσα διαλυτή σε νερό ή άλμη.

Ως προς το ιστορικό πλαίσιο της ουσίας, πρέπει να αναφερθεί πως ανακαλύφθηκε από μια εκτεταμένη ερευνητική προσπάθεια με επικεφαλής τον Rosalind Jeanes που υπαγόταν στο Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Η έρευνα αυτή αφορούσε την εξέταση μεγάλου αριθμού βιοπολυμερών ως προς τις πιθανές χρήσεις τους. Επίσης είχε τεθεί σε εμπορική παραγωγή από την Kelco Company με την εμπορική ονομασία Kelzan στις αρχές της δεκαετίας του 1960.

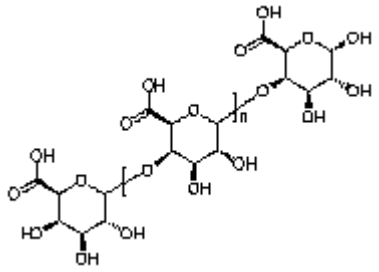
Αναλύοντας τις χρήσεις του πρέπει να σημειωθεί ότι μια από τις πιο αξιοσημείωτες ιδιότητες του κόμμι ξανθάνης είναι το ότι προκαλεί μεγάλη αύξηση στο ιξώδες ενός υγρού με την προσθήκη ακόμα και μιας πολύ μικρής ποσότητας. Το ιξώδες των διαλυμάτων ξανθάνης μειώνεται γεγονός που ονομάζεται λέπτυνση διάτμησης ή ψευδοπλαστικότητα. Μια πρακτική εφαρμογή είναι στις τροφές, όπως για παράδειγμα σε μία σάλτσα. Το κόμμι ξανθάνης όμως σε αντίθεση με άλλα κόμμεα, δεν είναι πολύ σταθερό κάτω από ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών και pH. Γενικά συμβάλει θετικά στην διαδικασία διαχωρισμού λαδιού με τη σταθεροποίηση του γαλακτώματος, αν και δεν είναι ένας γαλακτωματοποιητής. Επίσης χρησιμοποιείται σε

κατεψυγμένα τρόφιμα και ποτά. ακόμα και σε οδοντόκρεμες. Είναι επίσης μια προτιμώμενη μέθοδος πύκνωσης υγρών για άτομα με διαταραχές κατάποσης.

Στη βιομηχανία πετρελαίου, κόμμι ξανθάνης χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες, συνήθως για να πυκνώσει λάσπη γεωτρήσεων. Όταν η κυκλοφορία σταματά, τα στερεά ακόμη παραμένουν αιωρούμενα στο υγρό γεώτρησης. Επίσης, έχει προστεθεί στο σκυρόδεμα για να αυξηθεί το ιξώδες. Πρέπει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται ακόμα και στα καλλυντικά, προκαλώντας κάποιες ενυδατικές ιδιότητες [89-91].

Pectinase

Η πηκτινάση είναι ένα ένζυμο που διασπά πηκτίνη, ένα πολυσακχαρίτη που βρίσκονται στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα. Συνήθως αναφέρεται ως πηκτικό ένζυμο, που περιλαμβάνουν pectolyase, pectozyme και πολυγαλακτουρονάση



Εικόνα 14: Μόριο Pectinase[92]

Η πηκτινάση συνήθως χρησιμοποιείται σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν την αποικοδόμηση φυτικών υλικών, -όπως η επιτάχυνση της εκχύλισης των χυμών φρούτων-. Πηκτινάσες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή κρασιού. Η λειτουργία της πεκτινάσης στη ζυθοποιία είναι διπλή, αφενός βοηθά στην διαδικασία της πολτοποίησης. Δεύτερον, η παρουσία της πηκτίνης στο τελικό οίνο συμβάλει στο να φύγει αυτή η ήπια θολότητα ή ελαφρά θολότητα που υπάρχει.

Τα ένζυμα πεκτινάσης μπορούν να εξαχθούν από μύκητες όπως ο Aspergillus niger. Ο μύκητας παράγει αυτά τα ένζυμα για να σπάσει το μεσαίο έλασμα σε φυτά, έτσι ώστε να μπορεί να εξάγει τα θρεπτικά συστατικά από τους ιστούς των φυτών και τοποθετήστε υφών μυκήτων.

Οι πηκτινάσες χρησιμοποιούνται ως μέσα διαβροχής. Η προσθήκη χηλικών παραγόντων ή η προεπεξεργασία του φυτικού υλικού με οξύ ενισχύει την επίδραση του ενζύμου [92-94].

➢ *ΣΤΕΓΝΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ- DRY CLEANING*

Προσέγγιση Στεγνού Καθαρισμού

Η αφαίρεση ρύπων από μια επιφάνεια ζωγραφικής χωρίς βερνίκι μπορεί να αποτελέσει μεγάλη πρόκληση, ειδικά όταν η απόθεση είναι ανομοιογενής και επίμονη ή σε μερικές περιπτώσεις όταν ευπαθείς, χαμηλής συνεκτικότητας επιφάνειες χρώματος χωρίς βερνίκι είναι ευαίσθητες σε υδατικούς διαλύτες. Σε αυτές τις περιπτώσεις ή όταν οι διαλυμένοι ρύποι μπορεί να εμποτίσουν μη αναστρέψιμα την επιφάνεια χρώματος, εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού χωρίς διαλύτες είναι υποχρεωτικές.
Έχουν προταθεί μέθοδοι εξ αποστάσεως όπως ο καθαρισμός με λέιζερ, αλλά γενικώς θεωρούνται πολύ ακριβές για έργα τέχνης στα οποία δεν έχει εφαρμοστεί βερνίκι.

Ο στεγνός επιφανειακός καθαρισμός είναι μια εναλλακτική λύση η οποία εφαρμόζεται κατά καιρούς από τους συντηρητές έργων τέχνης, χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο εύρος συγκεκριμένων υλικών όπως σπόγγους, σβηστήρες, ελατά υλικά και πανιά μικροϊνών. Ωστόσο, επειδή υπάρχει έντονη ανησυχία σχετικά με τη δυνητικά καταστροφική επίδρασή τους πάνω στις επιφάνειες, αυτά τα υλικά δεν έχουν ενσωματωθεί πλήρως στην τρέχουσα πρακτική [95].

Ένα έργο που εκπονήθηκε από το Cultural Heritage Agency of the Netherlands (Κρατική Υπηρεσία Πολιτισμικής Κληρονομιάς της Ολλανδίας) (RCE, προηγουμένως γνωστό ως ICN) σε συνεργασία με συντηρητές έργων τέχνης στην Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο είχε ως στόχο την καλύτερη κατανόηση των ιδιοτήτων των υλικών στεγνού καθαρισμού σε σχέση με τη φυσική και οπτική ακεραιότητα των χρωμάτων τη δυνατότητα αφαίρεσης οποιωνδήποτε υπολειμμάτων από την επιφάνεια και τις μακροχρόνιες επιδράσεις των υλικών που παραμένουν πάνω στο έργο τέχνης [96].Αναλυτικές και πρακτικές έρευνες των υλικών στεγνού καθαρισμού έριξαν φως στη φύση και τις δυνητικά επιζήμιες επιδράσεις των υλικών Παρακάτω παρουσιάζεται η ανάλυση της μεθοδολογίας και τα αποτελέσματα δοκιμών υλικών στεγνού καθαρισμού σε επιφάνειες χαμηλής συνεκτικότητας και ευαίσθητες σε διαλύτες όπως μελετήθηκαν στο προαναφερθέν έργο.

Πειραματικές Μέθοδοι και Υλικά

Υλικά Καθαρισμού

Μετά τις προκαταρκτικές δοκιμές καθαρισμού πάνω σε λερωμένες και τεχνητά παλαιωμένες επιφάνειες ελαιογραφιών με περισσότερα από 20 υλικά καθαρισμού που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση έγινε μια επιλογή εκείνων των υλικών που αποδίδουν καλύτερα και χρησιμοποιούνται πιο συχνά . Τα υλικά αυτά και τα ονόματα τους φαίνονται στις εικόνες που ακολουθούν.

Εικόνα15: Absorene

Εικόνα16: Groom/stick

Εικόνα17: Edding R10

Εικόνα18: Pentel ZF 11

Εικόνα19: Bic Galet

Εικόνα20: Yellow microfiber cloth

Εικόνα 21: Smoke sponge

Εικόνα22: Akapad White

Εικόνα23: Etos (white,triangle shape)

Εικόνα24: Hema (white,tiangle shape)

Εικόνα 25: QVS (white,tpiangle shape)

Εικόνα 26: Draft clean powder

Οι διαδικασίες γήρανσης στην συγκεκριμένη πειραματική μελέτη εκτελέστηκαν για 4-6 εβδομάδες σε θερμοκρασίες 50°C–60°C και διακυμάνσεων σχετικής υγρασίας (RH) από 27% έως 70%–80% κάθε έξι ώρες. Η γήρανση στο φως εκτελέστηκε με σωλήνες φθορισμού (10.000 lux) για περίπου 600 ώρες σε θερμοκρασία 23°C και RH 44%, ισοδύναμη με 11,5 χρόνια γήρανσης σε μουσειακές συνθήκες, υποθέτοντας αμοιβαιότητα. Ο στόχος ήταν η αξιολόγηση της σταθερότητας κάθε υλικού καθαρισμού καθώς και των δυνητικών αλλαγών στις επιφάνειες χρώματος από υπολείμματα μετά από κάθε δοκιμή καθαρισμού. Παρακάτω αναλύεται καλύτερα το βιβλιογραφικό πείραμα με τα συμπεράσματα του.

Επιφάνειες Χρώματος

Δείγματα δοκιμών είχαν οργανωθεί σε τρεις σειρές, χρησιμοποιώντας καμβάδες που είχαν προετοιμαστεί πάνω σε χαρτόνι.

I. Η πρώτη σειρά των δοκιμών εκτελέστηκε πάνω σε φυσικά παλαιωμένη 30χρονη μονόχρωμη ελαιογραφία πάνω σε καμβά. Το ανώτερο στρώμα χρώματος αποτελείτο από μία μονόχρωμη ελαιογραφία ανοικτού πράσινου που περιείχε ψευδάργυρο, μόλυβδο και λευκό του τιτανίου με πυκνωτικό υλικό θειικού βαρίου πλέον δύο ακόμα τότε μη αναγνωρισμένων οργανικών κίτρινων χρωστικών. Ένα πολύ λεπτό, έντονα φθορίζον επιφανειακό στρώμα είναι ορατό κάτω από φως UV, πιθανώς ένας φλοιός του μέσου.

II. Σωληνάρια χρωμάτων Rembrandt Artists' Quality cadmium red (κόκκινο του καδμίου), cadmium yellow (κίτρινο του καδμίου) και ultramarine blue (μπλε ουλτραμαρίνας), ευαίσθητων στο νερό, από την Talens χρωματίστηκαν πάνω σε καμβάδες ζωγραφικής, υποβλήθηκαν σε κατεργασία σε συνθήκες περιβάλλοντος για τέσσερις μήνες και παλαιώθηκαν τεχνητά για 2.700 ώρες σε 10.000 lux σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά την παλαίωση, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες περιβάλλοντος για 4 μήνες, λερώθηκαν με σκόνη που συλλέχθηκε από το κελάρι του κτιρίου ICN και αποθηκεύτηκαν σε λιπαρό περιβάλλον (την κουζίνα του ICN Ateliergebouw) για 4 μήνες.

III. Δείγματα gouache (γκουάς) ζωγραφίστηκαν σε καμβάδες ζωγραφικής, αναμειγνύοντας ένα μέρος σωληναρίου χρώματος Talens ECOLA Plakkaatverf με το ίσο μέρος καθαρής χρωστικής της Verfmolen "De Kat" (Zaandam, Netherlands) προκειμένου να παραχθούν ελαφρώς χαλαρά συνδεδεμένες ματ επιφάνειες (χρησιμοποιήθηκαν cadmium red (κόκκινο του καδμίου), cadmium yellow (κίτρινο του καδμίου) και ultramarine blue (μπλε ουλτραμαρίνας) ώστε να επιτρέπονται οι οπτικές συγκρίσεις με τη σειρά II). Τα δείγματα είχαν λερωθεί όπως και στη σειρά II.

Δοκιμές Στεγνού Καθαρισμού

Στην εκπόνηση των πειραμάτων εκτελέστηκαν δοκιμές καθαρισμού σε θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος (+-22°C σε 50% RH) στα εργαστήριο ICN. Μετά από κάθε δοκιμή τα δείγματα χρώματος υποβλήθηκαν σε βούρτσισμα και αναρρόφηση. Καταγράφεται πως πρώτα έγινε παρατήρηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών οπτικώς (κανονικός φωτισμός, φθορισμός UV, raking light (φωτισμός υπό κλίση)) και στη συνέχεια με μικροσκοπία ορατού φωτός (πολωμένο φως, φθορισμός UV, raking light), ακολουθούμενη από ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (χαμηλό κενό, τάση επιτάχυνσης από 1,7 σε 20 kV, οπισθοσκεδαζόμενο ηλεκτρόνιο και χαμηλού κενού δευτερεύον ηλεκτρόνιο σε μεγέθυνση 100× έως 2500×). Αποδεικνύεται πως εκτελέστηκαν μετρήσεις στιλπνότητας για να συμπληρώσουν τη μικροσκοπική οπτική αξιολόγηση.

Εκτριβή και Στίλβωση σε σχέση με την Αποτελεσματικότητα Καθαρισμού

Η βασική αρχή καθαρισμού για όλα τα υλικά, εκτός της τάξης των ελάσιμων, είναι η μηχανική δράση, που σημαίνει κοντινή επαφή μεταξύ του υλικού καθαρισμού και της επιφάνειας του χρώματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σχετικές πιθανές βλάβες, όπως εκδορές, εξομάλυνση και στίλβωση της τοπογραφίας της επιφάνειας. Τα αποτελέσματα των δοκιμών δείχνουν ότι το λευκό Akapad και οι σπόγγοι μακιγιάζ ήταν τα λιγότερο επιθετικά υλικά στίλβωσης. Και τα δύο υλικά ήταν επίσης πολύ αποτελεσματικά και ειδικά το Akapad για την αφαίρεση των ενσωματωμένων και επίμονων ρύπων.

Αντιθέτως και όπως πιθανώς υπήρχε υποψία, οι σβηστήρες (με βάση το PVC ή factis) αποδείχθηκαν τα πιο επιζήμια υλικά . Δοκιμές στο δείγμα χρώματος I, λαδομπογιά, οδήγησε σε έντονη απώλεια φθορισμού UV λόγω της εκτριβής του φλοιού του μέσου καθώς και της τριβής της τοπογραφίας Επιπλέον, μετά τις δοκιμές στις σειρές II και III, επιφανειακές εκδορές παρατηρήθηκαν με μικροσκοπία ορατού φωτός.

Υπολειμματικά Υλικά από τους Παράγοντες Καθαρισμού: Ψήγματα και Σταθερότητα με την Παλαίωση

Από τα ζητήματα μηχανικής τριβής, αυτό που απασχολεί σοβαρά, αν και είναι λιγότερο ορατό, είναι η δυνητική μακροχρόνια επιζήμια δράση των υπολειμμάτων από τα υλικά καθαρισμού που μένουν ως κολλώδες υπόλειμμα σωματιδίων ή ως μεμβράνη υλικού. Έγιναν ερευνητικές εκτιμήσεις βάσει της χημικής ανάλυσης των υπό δοκιμή επιφανειών χρώματος καθώς και οπτικές παρατηρήσεις, λαμβάνοντας υπόψη τα αφαιρέσιμα συστατικά που είναι δυνητικά επιζήμια στην επιφάνεια χρώματος. Χημικά υπολείμματα ανιχνεύτηκαν μόνο στα δείγματα δοκιμών στα οποία είχε γίνει επεξεργασία με σβηστήρες PVC, στα οποία ανιχνεύτηκαν πλαστικοποιητές. Αυτό είναι ανησυχητικό αφού οι πλαστικοποιητές μπορεί να μαλακώσουν την επιφάνεια του χρώματος, αφήνοντάς την πιο ευαίσθητη στη σκόνη και ευπαθή στην τριβή ή τη στίλβωση.

Αποδείχθηκε ότι τα Groom/stick και Absorene αφήνουν μία απόθεση μεμβράνης ή υπολείμματα σωματιδίων τόσο σε καλά συνδεδεμένα όσο και σε πορώδη στρώματα χρώματος που αποδείχθηκαν ότι σκλήραιναν και ενσωματώνονταν μέσα στο στρώμα χρώματος με την γήρανση. Αυτό έχει επίσης παρατηρηθεί με μαλαγμένο κόμμι και πούδρες κόμμεος, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Με ένα μέγιστο μέσο όρο 2 σωματιδίων/cm^2, οι σπόγγοι μακιγιάζ, σπόγγοι καπνού και τα πανιά άφηναν το μικρότερο υπόλειμμα σωματιδίων ενώ επιτεύχθηκε ένα γενικά καλό επίπεδο καθαρισμού. Η γήρανση αυτών των υλικών είναι σχετικά ήπια.

Κατεργασία σε σχέση με τη Βέλτιστη Διατήρηση των Επιφανειακών Χαρακτηριστικών

Ο στεγνός καθαρισμός με τρίψιμο της επιφάνειας προκαλεί τριβή και μπορεί να προκαλέσει εκδορές, λείανση ή στιλπνότητα της επιφάνειας ανάλογα με τις συγκεκριμένες μηχανικές ιδιότητες του υλικού. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με ελάσιμα υλικά, τα οποία παρουσιάζουν μια διαφορετική μηχανική συμπεριφορά, αλλά εμπεριέχουν τον κίνδυνο της παραμονής σχετικά επίμονων υπολειμμάτων υλικού πάνω στην επιφάνεια. Από όλα τα υλικά καθαρισμού που έχουν δοκιμαστεί, οι σπόγγοι μακιγιάζ θεωρούνται αποτελεσματικοί και μεταξύ των πιο ασφαλών υλικών προς χρήση. Η λεπτή δομή και απαλότητα αυτών των σπόγγων, που κατά κύριο λόγο παράγονται για την εφαρμογή προϊόντων περιποίησης της επιδερμίδας, ενισχύουν τη χρήση τους για την ήπια αφαίρεση ρύπων από ευαίσθητες επιφάνειες. Οι περισσότεροι σπόγγοι μακιγιάζ παράγονται από ισοπρένιο, καουτσούκ στυρενίου-βουταδιένιου (SBR) και μείγματα των δύο σε βιομηχανική κλίμακα. Οι σπόγγοι SBR-ισοπρενίου που αναλύθηκαν περιέχουν όλοι αντιοξειδωτικά και επιταχυντές που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία κατασκευής καουτσούκ. Ένα μικρό μέρος των σπόγγων αποτελείται από πολυουρεθάνη, η οποία δεν περιέχει σχεδόν κανένα πρόσθετο.

Ένα μειονέκτημα είναι ότι η διαθεσιμότητα και/ή σύσταση των σπόγγων μακιγιάζ δεν μπορεί να είναι εγγυημένη λόγω των δυνητικών αλλαγών στη σύνθεση κατά την κατασκευή. Παραδείγματος χάρη, ο σπόγγος QVS που δεν διαθέτει πρόσθετα, ο οποίος δοκιμάστηκε με επιτυχία σε αυτή τη μελέτη, μάλλον δεν είναι πλέον διαθέσιμος στην αγορά. Αντίθετα τον αντικατέστησε ο σπόγγος HD με βάση αιθέρα πολυουρεθάνης. Ο σπόγγος HD περιέχει μόνο Tinuvin, έναν σταθεροποιητή φωτός UV, ως πρόσθετο. Ως μέτρο προφύλαξης για την αφαίρεση πιθανών πρόσθετων, όλοι οι σπόγγοι μακιγιάζ ξεπλύθηκαν για 15 λεπτά σε απομεταλλωμένο νερό και στεγνώθηκαν καλά πριν τη χρήση (π.χ. πιέζοντάς τους ανάμεσα σε φύλλα χαρτιού αφής). Παρόλο που το κύριο μέρος των οργανικών πρόσθετών τους δεν διαλύεται σε νερό, οποιαδήποτε διαλυτά θα μπορούσαν δυνητικά να μεταφερθούν στην επιφάνεια του σπόγγου και να απορροφηθούν από το χαρτί αφής.

Φυσικά, στην πραγματικότητα οι επιφάνειες ρύπων και χρωμάτων μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από οποιεσδήποτε επιφάνειες δοκιμής και οι συνδυασμοί που έχουν χρησιμοποιηθείς σε πειραματικές μελέτες μπορεί να αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικρό μέρος όλων των πιθανοτήτων. Η επιλογή υλικού στεγνού καθαρισμού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των στρωμάτων χρώματος, είτε αυτά είναι φυσικά (πορώδες, χρώμα που ξεφλουδίζει, καλή συνεκτικότητα, χαλαρή συνεκτικότητα) είτε αισθητικά

(μονόχρωμες, έγχρωμες ζώνες, επίπεδο, με παχύ στρώμα, ματ, γυαλιστερό) και τον τύπο των ρύπων (διαποτισμένοι, ξεροί, λιπαροί, λείοι ή κοκκώδεις). Επιπλέον, διαφορετικοί παράμετροι, όπως ο χειρισμός και η δομή του υλικού στεγνού καθαρισμού π.χ. λεία ή ανώμαλη, απορροφητική ή ελάσιμη, παρεμβαίνουν στη διαδικασία του καθαρισμού και επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, οι δοκιμές καθαρισμού μας έδωσαν καλές πληροφορίες για τις ιδιότητες λειτουργίας και τις δυνητικά επιβλαβείς παρενέργειες των υλικών καθαρισμού, που κάποιες από αυτές αποδεικνύονται εφαρμόσιμες στη συντήρηση [97,98].

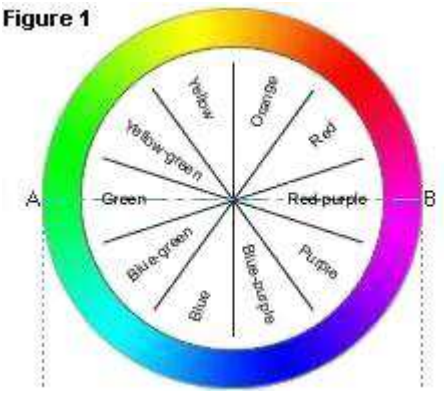
- *Α.2. Αποτίμηση παραμέτρων πριν και μετά την Διαδικασία Καθαρισμού.*

Στο τμήμα αυτό τις εργασίας θα παρουσιαστούν σύντομα οι παράμετροι οι οποίοι επιλέχθησαν να προσδιοριστούν τόσο πριν όσο και μετά τον καθαρισμό. Πιο συγκεκριμένα, στα επιλεγμένα για μελέτη σημεία των πινάκων που θα παρατεθούν στην συνέχεια προσδιορίστηκε πριν και μετά την επέμβαση καθαρισμού η ειδική αγωγιμότητα, το pH, οι χρωματομετρικές παράμετροι μαζί με την συνολική μεταβολή χρώματος και τέλος η συνολική γωνία επαφής.

- *ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ*

Ο κόσμος των χρωμάτων

Τα μήλα είναι κόκκινα, τα λεμόνια είναι κίτρινα, ο ουρανός είναι μπλε. Κάπως έτσι αντιλαμβανόμαστε τα χρώματα στην καθημερινή μας ζωή. Απόχρωση είναι ο όρος που χρησιμοποιείται στον κόσμο των χρωμάτων για τις ταξινομήσεις του κόκκινου, κίτρινου, μπλε, κ.λπ. Επίσης, αν και το κίτρινο και το κόκκινο είναι δύο εντελώς διαφορετικά χρώματα, η ανάμειξη τους που δίνει πορτοκαλί (αν και μερικές φορές αναφέρεται ως κίτρινο – κόκκινο). Τα αποτελέσματα των αναμείξεων των χρωμάτων φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



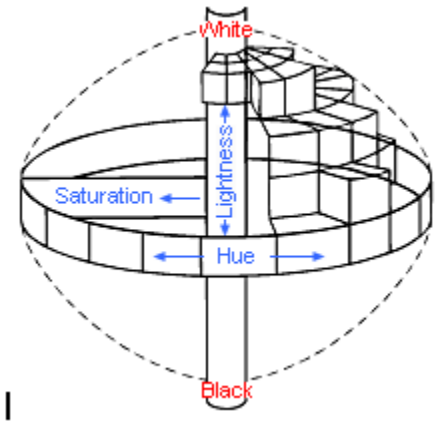
Εικόνα 27: Αποχρώσεις χρωμάτων[99]

Τα χρώματα μπορούν να διαχωριστούν σε φωτεινά και σκοτεινά, δηλαδή μπορούν τα διαχωριστούν με βάση την φωτεινότητα τους, η οποία μετράται ανεξαρτήτως της απόχρωσης. Αυτό φαίνεται καλύτερα στην εικόνα 28 που ακολουθεί στην οποία η φωτεινότητα αυξάνει προς την κορυφή και μειώνεται προς το κάτω.

Θα μπορούσαμε όμως για παράδειγμα δύο παρεμφερή μεταξύ τους κίτρινα χρώματα να τα διαχωρίσουμε με βάση το πόσο <<ζωντανό>> ή <<θαμπό>> είναι το ένα σε σχέση με το άλλο., με βάση τον κορεσμό τους σε χρώμα. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι εντελώς διαφορετικό από την από απόχρωση και την φωτεινότητα. Και το χαρακτηριστικό αυτό φαίνεται στην εικόνα 28.

Εικόνα 28: Φωτεινότητα-Κορεσμός των χρωμάτων[99]

Απόχρωση, φωτεινότητα και κορεσμός είναι τα τρία στοιχεία, οι τρεις ιδιότητες χρώματος, Στο σχήμα που ακολουθεί οι αποχρώσεις σχηματίζουν το εξωτερικό χείλος του στερεού, η φωτεινότητα τον κεντρικό άξονα και ο κορεσμός τις οριζόντιες ακτίνες.

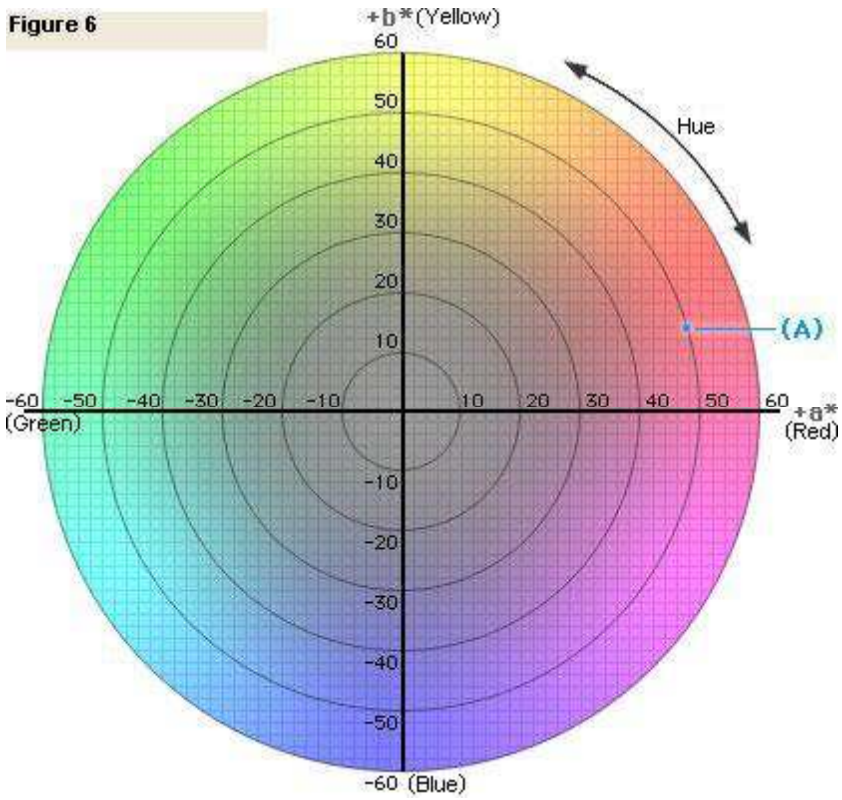


Εικόνα 29: Τρισδιάστατη ανάλυση των χρωμάτων[99]

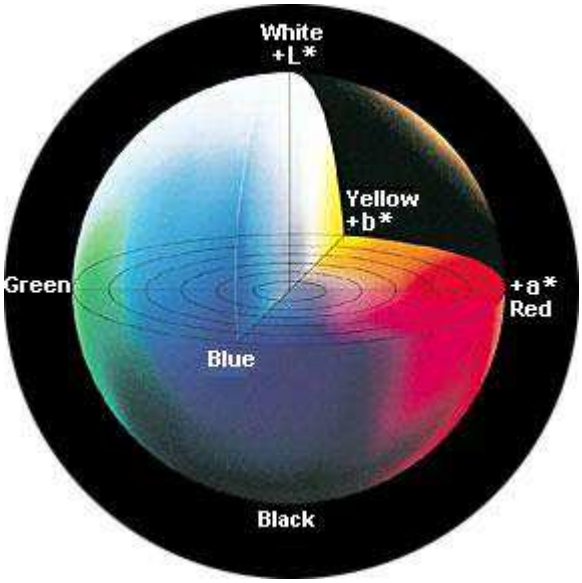
Διάφοροι άνθρωποι στο παρελθόν έχουν επινοήσει μεθόδους, χρησιμοποιώντας συχνά σύνθετους τύπους, για τον ποσοτικό προσδιορισμό του χρώματος και την αριθμητική τους έκφραση έτσι ώστε να καταστεί δυνατός για οποιονδήποτε ο ακριβής προσδιορισμός του κάθε χρώματος. Για παράδειγμα, το 1905 ο Αμερικανός καλλιτέχνης AH Munsell επινόησε μια μέθοδο για την έκφραση των χρωμάτων που στην συνέχεια εξελίχθηκε στο σύστημα Munsell Renotation System. Σε αυτό το σύστημα, οποιοδήποτε χρώμα εκφράζεται ως ένας συνδυασμός γραμμάτων, αριθμών (HV / C) σε όρους απόχρωση του (H), η τιμή (V), και χρώματος (C).

Άλλα συστήματα για την αριθμητική έκφραση χρώματος αναπτύχθηκαν. Τα δύο πιο ευρέως γνωστά από τα συστήματα αυτά είναι το σύστημα YXY, που επινοήθηκε το 1931 με βάση τις CIE XYZ τιμές που ορίζονται από το CIE, και το σύστημα L * a * b * που επινοήθηκε το 1976 και σήμερα χρησιμοποιείται σε όλον τον κόσμο-και στην συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία-.

Στο L * a * b * σύστημα, το L * υποδεικνύει φωτεινότητα ενώ τα a * και b * είναι οι χρωματικές συντεταγμένες. Η εικόνα 30 δείχνει τα a *, b *, στην ουσία υποδεικνύει κατευθύνσεις χρωμάτων: + a * είναι το κόκκινο κατεύθυνση, -a * είναι η πράσινη κατεύθυνση, + b * είναι το κίτρινο κατεύθυνση, και -b * είναι το μπλε κατεύθυνση. Το κέντρο δεν αντιπροσωπεύει κάποιο χρώμα. Τρισδιάστατα φαίνεται στο σύστημα στην εικόνα 31.



*Εικόνα 30: Τα a *, b *[99]*



Εικόνα 31: Στερεή αποτύπωση συστήματος L a *, b *[99]*

Παρά το γεγονός ότι το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να ποσοτικοποιήσει τα χρώματα με ακρίβεια, με το φασματοφωτόμετρο είναι απλό. Επιπλέον η αντίληψη ενός ατόμου για ένα μόνο χρώμα μπορεί να αλλάξει ανάλογα με το υπόβαθρο ή με τη φωτεινή πηγή που φωτίζει το χρώμα, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με το φασματοφωτόμετρο.

Αλλά με ένα φασματοφωτόμετρο, ακόμη και οι λεπτές χρωματικές διαφορές μπορούν να εκφρασθούν αριθμητικά Στο L * a * b * σύστημα χρωμάτων η διαφορά χρώματος μπορεί να εκφραστεί ως μια ενιαία αριθμητική τιμή, ΔE * ab, η οποία υποδεικνύει το μέγεθος της διαφοράς χρώματος, αλλά όχι με ποιον τρόπο τα χρώματα είναι διαφορετικά. Η ΔE * ab ορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Ακόμη και για τα αντικείμενα που αποτελούνται από τα ίδια υλικά, διακυμάνσεις μπορεί να φανούν στα χρώματα και οφείλονται σε διαφορές στην στιλπνότητα των επιφανειών.

Όταν μια μπάλα αναπηδά σε έναν τοίχο και επιστρέφει, αναπηδά και επιστρέφει με την ίδια γωνία. Κατά τον ίδιο τρόπο, το φως, το οποίο αντανακλά σε ίση αλλά αντίθετη γωνία από την πηγή φωτός ονομάζεται κατοπτρικά ανακλώμενο φως. Το φως που δεν είναι ανακλώμενο, αλλά διάσπαρτα σε πολλές κατευθύνσεις, ονομάζεται διάχυτη ανακλαστικότητα. Το άθροισμα της κατοπτρικής ανάκλασης συν της διάχυτης ανάκλασης ονομάζεται η συνολική ανακλαστικότητα.

Για αντικείμενα με γυαλιστερές επιφάνειες, το ανακλώμενο φως είναι σχετικά ισχυρή και το διάχυτο φως είναι ασθενέστερη. Στις τραχιές επιφάνειες με χαμηλή στιλπνότητα, η κατοπτρική συνιστώσα είναι αδύναμη και το διάχυτο φως είναι ισχυρότερο. Όταν ένα πρόσωπο βλέπει ένα μπλε πλαστικό αντικείμενο με γυαλιστερή επιφάνεια σε γωνία ανακλάσεως, το αντικείμενο δεν φαίνεται να είναι τόσο μπλε. Αυτό συμβαίνει επειδή ο καθρέφτης ανάκλασης από την πηγή φωτός προστίθεται στο χρώμα του δείγματος. Συνήθως, ένα άτομο κοιτάζει το χρώμα του αντικειμένου και αγνοεί την κατοπτρική ανάκλαση της φωτεινής πηγής. Το χρώμα ενός αντικειμένου μπορεί να εμφανιστεί διαφορετικό λόγω των διαφορών στο επίπεδο της κατοπτρικής ανάκλασης.

Η ποσότητα της κατοπτρικής ανακλαστικότητας και διάχυτης ανάκλασης σημειώνει αλλαγές ανάλογα με την επιφάνεια του αντικειμένου. Ωστόσο, το συνολικό ποσό του φωτός που αντανακλάται είναι πάντα ίδιο, αν τα υλικά και το χρώμα είναι το ίδιο.

Η θέση της παγίδα φωτός σε συνθήκες SCE δείχνουν πώς η κατοπτρική ανάκλαση εξαιρείται από τη μέτρηση χρώματος του δείγματος. Εάν αυτή η παγίδα έχει αντικατασταθεί με ένα λευκό βύσμα, όπως στην SCI περίπτωση η κατοπτρική ανάκλαση περιλαμβάνει την μέτρηση του χρώματος. Η μέθοδος μέτρησης χρώματος, η οποία αποκλείει την κατοπτρική ανάκλαση, καλείται SCE (Specular Component). Αν η κατοπτρική ανάκλαση περιλαμβάνει την μέτρηση χρώματος, ονομάζεται SCI. Ορισμένα όργανα μπορούν να μετρήσουν τόσο SCE όσο και SCI ταυτόχρονα [99, 100].

- *pH*

Το pH είναι ένας εύχρηστος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου πιο σωστά των κατιόντων υδροξωνίου (H_3O^+) σε ένα υδατικό διάλυμα. Πιο συγκεκριμένα, με "pH" συμβολίζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδροξωνίου στο διάλυμα. Δηλαδή:

$$\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H}^+]$$

Ακριβέστερος είναι ο ορισμός που δίνεται με χρήση της ενεργότητας, a_{H^+}, των ιόντων H^+ :

$$\mathrm{pH} = -\log(a_{\mathrm{H}^+}) = \log\left(\frac{1}{a_{\mathrm{H}^+}}\right)$$

Η ενεργότητα είναι πάντα μικρότερη από τη συγκέντρωση και ορίζεται ως η συγκέντρωση (σε mol/L) ενός ιόντος πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή ενεργότητας.

Το pH αποτελεί μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μιας χημικής ουσίας, εξ ου και αναφέρεται ως ενεργός οξύτητα. Η έννοια και η κλίμακα του pH επινοήθηκε το 1909 από το Δανό χημικό Σέρενσεν (Sören Peter Lauritz Sörensen), επικεφαλής του χημικού τμήματος του εργαστηρίου Carlsberg.

Στους 25 °C, η κλίμακα pH κυμαίνεται από 0 έως 14 και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της οξύτητας ενός διαλύματος. Διαλύματα για τα οποία η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7 χαρακτηρίζονται ως όξινα, ενώ διαλύματα με pH μεγαλύτερο από 7 χαρακτηρίζονται αλκαλικά. Τέλος τα διαλύματα με pH=7 ονομάζονται ουδέτερα. Στο διπλανό πίνακα εμφανίζονται οι τιμές του pH για τα διαλύματα ορισμένων ουσιών που χρησιμοποιούνται συχνά.

Για τα περισσότερα διαλύματα η τιμή του pH βρίσκεται κάπου ανάμεσα στο 0 και το 14, ακριβέστερα μεταξύ 1 και 13 αφού οι μετρήσεις pH στα άκρα της κλίμακας εμπεριέχουν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Παρόλα αυτά, ιδιαίτερα όξινα ή αλκαλικά διαλύματα είναι δυνατόν θεωρητικά να έχουν pH μικρότερο από 0 ή μεγαλύτερο από 14. Κάτι τέτοιο δεν αντιτίθεται στο μαθηματικό ορισμό του pH, το οποίο ως λογαριθμική συνάρτηση μπορεί θεωρητικά να παίρνει οσοδήποτε μικρές και οσοδήποτε μεγάλες τιμές. Για παράδειγμα, όξινο διάλυμα με συγκέντρωση των ιόντων υδροξωνίου ίση με 3 mol/L, ($[H_3O^+]$ = 3 M) θα πρέπει να έχει pH = -0,48. Εντούτοις, αρνητικές τιμές pH αντιτίθενται στον "χημικό" ορισμό του pH και δε μπορούν να μετρηθούν με πεχάμετρο επειδή τέτοια πολύ πυκνά διαλύματα περιέχουν λίγο νερό και συνεπώς δεν είναι πλέον "υδατικά διαλύματα".

Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να μετρηθεί το pH ενός διαλύματος είναι οι εξής:

1.Με τη χρήση δεικτών. Προσθέτοντας ένα δείκτη οξέος-βάσης στο διάλυμα. Οι δείκτες οξέος-βάσης (ονομάζονται και 'ηλεκτρολυτικοί' ή 'πρωτολυτικοί' δείκτες) είναι ουσίες των οποίων το χρώμα αλλάζει ανάλογα με το pH του διαλύματος στο οποίο προστίθενται. Για παράδειγμα, ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη είναι άχρωμος όταν βρίσκεται μέσα σε διάλυμα με pH μικρότερο του 8,2 και κόκκινος όταν το διάλυμα έχει pH μεγαλύτερο του 8,2. Αντίθετα το βάμμα του ηλιοτροπίου είναι κόκκινο παρουσία οξέων και μπλε παρουσία αλκαλίων. Η χρήση ενός μόνο δείκτη έχει περιορισμένες δυνατότητες, όσον αφορά την ακρίβεια στη μέτρηση του pH. Παρόλα αυτά, η χρήση περισσοτέρων δεικτών (ή ενός δείκτη σε

συνδυασμό με άλλες μεθόδους) μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερα ακριβείς μετρήσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται πεχαμετρικό χαρτί, δηλαδή ειδικό χαρτί διαποτισμένο με μίγμα δεικτών. Το πεχαμετρικό χαρτί εισάγεται στο υπό μελέτη διάλυμα, οπότε ανάλογα με το pH αποκτά συγκεκριμένο χρώμα. Η σύγκριση του χρώματος αυτού με ειδικούς χρωματικούς πίνακες οδηγεί σε μια καλή προσέγγιση για το pH του διαλύματος.

2.Με τη χρήση ενός πεχάμετρου. Το πεχάμετρο είναι μία ειδική συσκευή που χρησιμοποιεί την αρχή της ποτενσιομετρικής μέτρησης του pH (ηλεκτρομετρική μέθοδος). Το πεχάμετρο βοηθά στην περίπτωση που απαιτείται ιδιαίτερη ακρίβεια στη μέτρηση του pH. Ο τρόπος ο οποίος έλαβε χώρα στην πειραματική διαδικασία κατά την διάρκεια μέτρησης του pH είναι ο αισθητήρας pH [101].

- *Αγωγιμότητα*

Η αγωγιμότητα αποτελεί μία από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της ύλης με την οποία και προσδιορίζεται η ευκολία ή δυσκολία της διάδοσης μέσα σε αυτή των διαφόρων μορφών ενέργειας.

Η αγωγιμότητα συνεπώς συνδέεται με την αντίσταση που παρουσιάζει η ύλη στη ροή ενέργειας, η οποία και εξαρτάται και από τις απώλειες που μπορεί να παρατηρηθούν λόγω μετατροπής της αρχικής σε άλλες μορφές ενέργειας μέσα στο ίδιο υλικό. Εξ αυτού του λόγου αναγκαία κρίνεται και η μελέτη της δομής και των ιδιοτήτων των υλικών. Σημαντικότερες αγωγιμότητες που χρησιμοποιούνται σήμερα στη τεχνολογία και ιδιαίτερα στον υπολογισμό κατασκευής μονώσεων είναι η ακουστική αγωγιμότητα (διάδοση του ήχου), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (διάδοση ρεύματος) και η θερμική αγωγιμότητα (διάδοση θερμότητας).

Η Ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από κάποιο αντικείμενο και αποτελεί το δυαδικό μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δείχνει την απόκριση του υλικού εάν εφαρμοστεί σε αυτό διαφορά δυναμικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα του υλικού τόσο περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα θα ρεύσει εντός του υλικού. Ανάλογα λοιπόν με την τιμή της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας, ένα υλικό χαρακτηρίζεται ως αγωγός, μονωτής ή ημιαγωγός.

Εξαρτάται γενικά από την ειδική αγωγιμότητα του υλικού, και τη γεωμετρία του αντικειμένου. Θεμελιωτής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θεωρείται ο Άγγλος φυσικός Στήβεν Γκρέυ (1670-1736).

Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας σύμφωνα με το Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το Σήμενς (Siemens), διεθνές σύμβολο S. Οι Αγγλοσάξωνες συνηθίζουν να χρησιμοποιούν για την μέτρηση της αγωγιμότητας και την μονάδα mho (℧), της οποίας η γραφή προκύπτει από την αντιστροφή των γραμμάτων της μονάδας μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης Ωμ (Ohm), εξ ου και διαβάζεται "αντίστροφο Ωμ".
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δίνεται αριθμητικά εάν διαιρέσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα αντικείμενο (σε amperes) προς την διαφορά δυναμικού/τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του (σε volts). Πρόκειται δηλαδή για ένα μέγεθος αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης. Ο αντίστοιχος τύπος είναι:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

όπου:
G: Η αγωγιμότητα που εμφανίζει το αντικείμενο (σε Siemens)
R: Η αντίσταση που εμφανίζει το αντικείμενο (σε ohms)
V: Η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζεται στα άκρα του αντικειμένου (σε volts)
I: Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το αντικείμενο (σε amperes)

Ειδική Αγωγιμότητα

Η ειδική αγωγιμότητα είναι μέτρο της ευκολίας ή δυσκολίας με την οποία άγεται ηλεκτρικό ρεύμα δια μέσω κάποιου υλικού ανεξάρτητα από τις διαστάσεις του. Συμβολίζεται συνήθως με σ. Η μονάδα μέτρησης της ειδικής αγωγιμότητας είναι το Siemens ανά μέτρο ($S \cdot m^{-1}$).

Η αγωγιμότητα ενός κυλινδρικού σώματος προς την διεύθυνση του άξονά του συνδέεται με την ειδική αγωγιμότητα που χαρακτηρίζει το υλικό του με τη σχέση:

$$G = s\frac{\mathrm{A}}{l}$$

όπου A η διατομή του σώματος κάθετα στη διεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος , l το μήκος του σώματος και s η αντίστοιχη αντίσταση.

Η ειδική αγωγιμότητα ενός υλικού με ένα φορέα ελεύθερου φορτίου είναι το γινόμενο της πυκνότητας φορτίου στο υλικό επί την ειδική κινητικότητα του φορτίου μέσα στο υλικό. Η πυκνότητα φορτίου είναι το

γινόμενο της συγκέντρωσης φορτίου επί το ηλεκτρικό φορτίο του κάθε φορέα. Η ειδική κινητικότητα είναι ό λόγος του γινομένου του ηλεκτρικού φορτίου του κάθε φορέα επί το μέσο χρόνο ολίσθησης του φορέα στο υλικό προς την ενεργό μάζα του κάθε φορέα. Ο τύπος της ειδικής αγωγιμότητας είναι:

$$\sigma = (Nq)\frac{q\tau}{m*}$$

Η ειδική αγωγιμότητα υλικού στο οποίο υπάρχει περισσότεροι φορείς ελεύθερου φορτίου είναι το άθροισμα της ειδικής αγωγιμότητας που θα είχε το υλικό αν ήταν ο μόνος φορέας (αρχή της επαλληλίας).

Η ειδική αγωγιμότητα μετρήθηκε κατά την εκπόνηση της πειραματικής διαδικασίας σε όλα τα επιλεγμένα προς εξέταση σημεία τόσο πριν όσο και μετά την πραγματοποίηση της διαδικασίας καθαρισμού [102,103].

- *Στατική Γωνία Επαφής*

Η εξίσωση Young θεωρεί την επιφάνεια του στερεού ως άκαμπτη, ομοιογενή και ομαλή. Σύμφωνα με την εξίσωση Young, όταν μια επιφάνεια είναι «μη ιδανική», όπως συμβαίνει στην προκειμένη περίπτωση, τότε η στατική γωνία επαφής δεν επηρεάζεται μόνο από τις επιφανειακές τάσεις, αλλά και από αρκετά ακόμη φαινόμενα.

Πρωτεύων ρόλο στην περίπτωση των «μη ιδανικών επιφανειών», έχει η χημική ετερογένεια του υλικού, τα φαινόμενα ρόφησης, ο προσανατολισμός των μορίων, η κατάσταση της επιφάνειας του ίδιου του στερεού και η διάλυση των στοιχείων επί του στερεού. Η μέτρηση της στατικής γωνίας επαφής είναι μια μέθοδος που συνδράμει στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το βαθμό που η επιφάνεια ενός στερεού είναι υδρόφιλη ή υδρόφοβη και αφορά κυρίως το ανώτατο επιφανειακό στρώμα αυτής, πάχους 3-10 Å.

Όλα τα υγρά έχουν την ιδιότητα της επιφανειακής τάσης. Τείνουν δηλαδή, να φέρουν τον όγκο που περιέχουν σε ένα σχήμα μέχρις ότου επιτευχθεί το μικρότερο δυνατό επιφανειακό εμβαδό. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφανειακή ενέργεια ενός στερεού σε σχέση με την επιφανειακή τάση ενός υγρού τόσο μεγαλώνει η διαβροχή και τόσο μικραίνει η γωνία επαφής. Ενώ, όσο πιο μικρή είναι η επιφανειακή ενέργεια του στερεού τόσο πιο μικρή είναι η διαβροχή και κατ' επέκταση τόσο πιο μεγάλη και η γωνία επαφής. Όταν η στατική γωνία επαφής θ είναι ίση με το μηδέν τότε το υγρό διαβρέχει πλήρως την επιφάνεια.

Εάν η γωνία αυτή είναι μεγαλύτερη της ορθής γωνίας συνειδητοποιούμε πως η εξεταζόμενη επιφάνεια είναι υδρόφοβη, ενώ εάν είναι μικρότερη της ορθής, η εν λόγω επιφάνεια είναι υδρόφιλη.

Βάσει του προτύπου, για την αποφυγή δυσκολιών κατά τον υπολογισμό της γωνίας επαφής συνιστάται λείανση των δειγμάτων, πράγμα που δεν συνέβη στην πειραματική διαδικασία διότι θα συντελούσε σε αλλοίωση των αποτελεσμάτων [104,105].

➢ *ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ (FT-IR)*

Η υπέρυθρη φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR), αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς των οργάνων τύπου διασποράς. Η κύρια δυσκολία ήταν η σχετικά αργή σάρωση των συχνοτήτων. Αντίθετα, η FT-IR προσφέρει την δυνατότητα ταυτόχρονης σάρωσης όλων των συχνοτήτων στην υπέρυθρη περιοχή που εξετάζεται. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια μιας συσκευής που ονομάζεται ιντερφερόμετρο (ή και συμβολόμετρο). Το ιντερφερόμετρο παράγει ένα μοναδικού τύπου σήμα που έχει όλες τις υπέρυθρες συχνότητες ΄΄κωδικοποιημένες΄΄ σε αυτό.

Τα καλύτερα ιντερφερόμετρα χρησιμοποιούν ένα τεμαχιστή δέσμης που διαχωρίζει την εισερχόμενη υπέρυθρη δέσμη σε δύο τμήματα. Το ένα τμήμα ανακλάται από σταθερό κάτοπτρο, ενώ το δεύτερο τμήμα ανακλάται από κάτοπτρο αναρτημένο σε μηχανισμό που επιτρέπει κίνηση (σχετικά μικρή) σε κατεύθυνση μακριά από τον τεμαχιστή δέσμης. Οι δύο δέσμες ανακλώνται από τα αντίστοιχα κάτοπτρα και συνδυάζονται όταν βρεθούν πάλι στον τεμαχιστή δέσμης. Επειδή η διαδρομή που ακολουθεί η μία δέσμη είναι σταθερού μήκους, ενώ η άλλη ακολουθεί διαδρομή που μεταβάλλεται συνεχώς όσο το κάτοπτρο μετακινείται, το σήμα που εξέρχεται από το ιντερφερόμετρο είναι το αποτέλεσμα παρεμβολής των δύο δεσμών μεταξύ τους. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το ιντερφερογράφημμα που έχει την μοναδική ιδιότητα κάθε του σημείο δεδομένων (συνάρτηση του κινούμενου κατόπτρου) του σήματος να περιέχει πληροφορίες για όλες τις υπέρυθρες συχνότητες που προέρχονται από την πηγή. Με άλλα λόγια, κατά την διάρκεια μέτρησης του ιντερφερογράμματος, μετρώνται ταυτόχρονα και όλες οι συχνότητες, επιταχύνοντας σημαντικά τις μετρήσεις δειγμάτων.

Βέβαια, το σήμα του ιντερφεγράμματος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει (για παρουσίαση απορρόφησης συναρτήσει συχνότητας), και πρέπει να ¨αποκωδικοποιηθεί. Αυτό επιτυγχάνεται με την μαθηματική τεχνική, γνωστή με το όνομα μετασχηματισμός Fourier . Ο μετασχηματισμός γίνεται από το λογισμικό που ελέγχει και αναλύει τα δεδομένα του οργάνου, και παρουσιάζεται η επιθυμητή μορφή των δεδομένων.

Στην συνέχεια, η δέσμη ανακλάται από αριθμό κατόπτρων, ώστε να οδηγηθεί στον θάλαμο με την κυψέλη του δείγματος. Διαπερνώντας το δείγμα, ποσοστό αυτής απορροφάται, και μετά την έξοδο της δέσμης από την κυψέλη του δείγματος, η ένταση της καταγράφεται από τον ανιχνευτή.

Το λογισμικό αναλαμβάνει την ανάλυση των δεδομένων παρουσίαση των αποτελεσμάτων στη επιθυμητή μορφή, ενώ συχνά διατίθεται η δυνατότητα αναγνώρισης (και ποσοτικοποίησης) των κορυφών απορροφήσεως, μέσω μίας βάσης δεδομένων.

Συνοπτικά, η διαδικασία ανάλυσης δείγματος με την FT-IR και τα κυριότερα τμήματα του οργάνου είναι:

- ✓ *Η πηγή υπερύθρου:* υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπεται από την πηγή και η ένταση της προσπίπτουσας δέσμης ελέγχεται μέσω διαφράγματος
- ✓ *Το ιντερφερόμετρο:* η δέσμη εισέρχεται στο ιντερφερόμετρο όπου γίνεται ΄΄κωδικοποίηση΄΄, και το τελικό σήμα ιντερφερογράμματος συνεχίζει την πορεία του προς το δείγμα
- ✓ *Το δείγμα:* η δέσμη προσπίπτει στο δείγμα, και συγκεκριμένες συχνότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφώνται.
- ✓ *Ο ανιχνευτής:* Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται είναι ειδικοί για μέτρηση του σήματος του ιντερφερογράμματος.
- ✓ *Λογισμικό:* μέσω του μετασχηματισμού Fourier αναλύονται τα σήματα έτσι ώστε να παρουσιασθούν με την μορφή φάσματος. Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση γίνονται συνήθως από το λογισμικό [106].

➢ *UV-LIGHT, UV-CAMERA, dino-capture*

Το φως που είναι ορατό στο ανθρώπινο μάτι καλύπτει την φασματική περιοχή από περίπου 400 έως 750 nm. Αυτό είναι το φάσμα της

ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται στην κανονική φωτογραφία. Το σύνολο της ακτινοβολίας που εκτείνεται από περίπου 1 nm έως 400 nm είναι γνωστή ως υπεριώδους ακτινοβολίας, το φάσμα της οποίας χωρίζεται σε τρεις ζώνες: 380-200 nm μήκος κύματος, 200-10 nm, και τέλος στην ακραία υπεριώδη ακτινοβολία 1-31 nm.

Υπάρχουν δύο τρόποι για να χρησιμοποιηθεί η υπεριώδη ακτινοβολία για να τραβηχθούν φωτογραφίες - αντανάκλαση υπεριώδους και υπεριώδης φθορισμός. Στην πειραματική διαδικασία πάρθηκαν τέτοιου τύπου φωτογραφίες έτσι ώστε να γίνουν αντιληπτά φαινόμενα φθορισμού. Το φίλτρο φραγμού του γυαλιού που χρησιμοποιείται επί του φακού αυτών των καμερών πρέπει να μπορούν να απορροφούν ή να μπλοκάρουν όλα τα υπεριώδη ή υπέρυθρα φώτα, ενώ πρέπει να επιτρέπουν μόνο την ορατή ακτινοβολία να περάσει. Ορατό φθορισμός δημιουργείται σε ένα υποκείμενο, όταν τα χαμηλότερα και τα υψηλότερα μήκη κύματος υπεριώδους ενέργειας που απορροφά, χάνουν κάποια ενέργεια και στην συνέχεια εκπέμπονται ως μήκη κύματος χαμηλότερης ή υψηλότερης ενέργειας.

Οι συγκεκριμένες φωτογραφήσεις πρέπει να λαμβάνουν χώρα σε ένα απολύτως σκοτεινό δωμάτιο, κατά προτίμηση με ένα μαύρο φόντο. Ο φωτογράφος θα πρέπει επίσης να φορούν σκουρόχρωμα ρούχα για καλύτερα αποτελέσματα.

Φίλτρα προστίθενται μερικές φορές στην πηγή φωτισμού UV για τη μείωση του φωτιστικού ζώνης συχνοτήτων. Αυτό το φίλτρο λέγεται, φίλτρο διέγερσης, και επιτρέπει να περάσει μόνο η ακτινοβολία η οποία είναι απαραίτητη για να προκαλέσει έναν συγκεκριμένη φθορισμού.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι έγινε εκτενής χρήση της dino-capture μικροκάμερας, έτσι ώστε να φωτογραφηθούν λεπτομέρειες της εικόνας και της μορφολογία των πινάκων αλλά και οι σταγόνες την στιγμή που τοποθετούνταν στο συγκεκριμένο σημείο. Μέσω αυτής της κάμερας μετρήθηκε κάθε φορά η γωνία επαφής της σταγόνας με την επιφάνεια του πίνακα [107-109].

Β. Πειραματική Διαδικασία

- *Β.1. Προετοιμασία Ζωγραφικών Φιλμ και Φωτογραφική Τεκμηρίωση των Ζωγραφικών Επιφανειών*

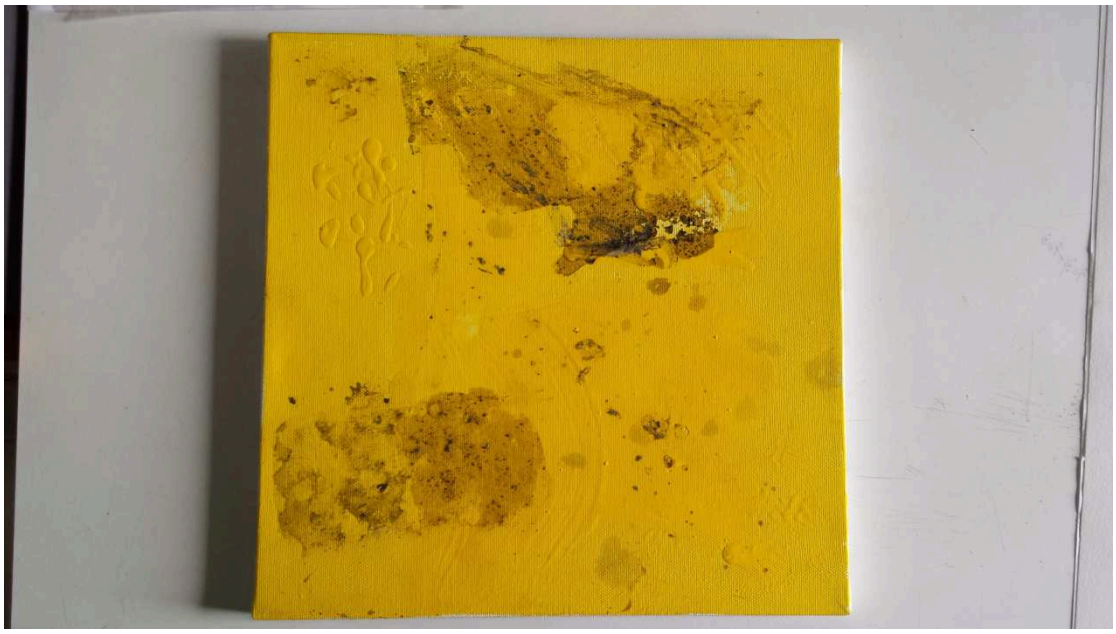
Στην παρούσα διπλωματική εργασία κατασκευάστηκαν 3 διαφορετικοί πίνακες ζωγραφικής οι διαστάσεις των οποίων ήταν 30cm x 30cm. Η διαδικασία κατασκευής αυτών των τριών καμβάδων ήταν η ακόλουθη. Επάνω σε καμβά από βιομηχανικό βαμβάκι τοποθετήθηκε ακρυλικό στρώμα με TiO_2. Επάνω σε αυτό το στρώμα τώρα εναποτέθηκαν ζωγραφικά φιλμ με βάση το οξικό πολυβινύλιο (PVAc). Οι πίνακες που κατασκευάστηκαν ήταν τρεις και ο καθένας διαφορετικού χρώματος και αντίστοιχα διαφορετικής χρωστικής. Οι χρωστικές επιλέχθησαν με βάση την δραστικότητα και την φωτοσταθερότητα τους και έτσι έχουμε, το πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17), μια ανόργανη χρωστική ουσία η οποία φαίνεται να είναι αρκετά σταθερή σε οργανικά μέσα πρόσδεσης, το λευκό του τιτανίου (PW6), η τυπική λευκή χρωστική ουσία που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα έργα ζωγραφικής, και τέλος την κίτρινη αζω-χρωστική (PY74), η οποία είναι γνωστό ότι υφίστανται εύκολα ξεθώριασμα και αλλαγές στην σκίαση υπό την επίδραση του φωτός. Στην συνέχεια ακολούθησε ξήρανση των επιφανειών για χρονικό διάστημα τριών μηνών.

Αφότου ολοκληρώθηκε η κατασκευή και η ξήρανση τους, ακολούθησε η διαδικασία εναπόθεσης τεχνητών λεκέδων και επικαθίσεων καθ' όλη σχεδόν την έκταση αυτών. Πιο συγκεκριμένα, για την δημιουργία των λεκέδων, ρύπων και επικαθίσεων χρησιμοποιήθηκε ένα μίγμα αιθάλης, διοξειδίου του πυριτίου, οξειδίου του σιδήρου, καολίνης, μη ξηραντικού ελαίου και τέλος πετρελαϊκού αιθέρα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ζωγραφικές επιφάνειες σε ορατό φως αρχικά ως ολόκληρος ο πίνακας και εν συνεχεία παραθέτονται τμήματα αυτών τα οποία πάρθηκαν μέσω ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής. Στα ζωγραφικά τμήματα που παρουσιάζονται παρακάτω γίνεται ευκόλως αντιληπτό ακόμα και με γυμνό μάτι ότι η επιφάνειες έχουν υποστεί πολύ έντονες αλλοιώσεις. Τόσο οι επικαθίσεις, όσο και οι χρωματικές αλλοιώσεις και οι λεκέδες ποικίλλουν. Και στους τρεις πίνακες εμφανίζονται περιοχές πολύ σκούρου μαύρου χρώματος που ενδέχεται να οφείλεται στην παρουσία της αιθάλης και του διοξειδίου του πυριτίου. Εκ πρώτης όψεως και εκτιμήσεως ο

καθαρισμός των συγκεκριμένων επιφανειών δείχνει να είναι δύσκολος λόγω του εύρους και της ποικιλίας των χρωματικά και μορφολογικά αλλοιωμένων σημείων. Ακολούθως παρουσιάζεται ξεχωριστά μέσω ψηφιακών φωτογραφιών η κάθε μία εκ των εξεταζόμενων επιφανειών.

- *Φωτογραφική Τεκμηρίωση του πίνακα με την κίτρινη αζω-χρωστική (PY74) πριν τον καθαρισμό*



Εικόνα32: Κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Ορατό Φώς

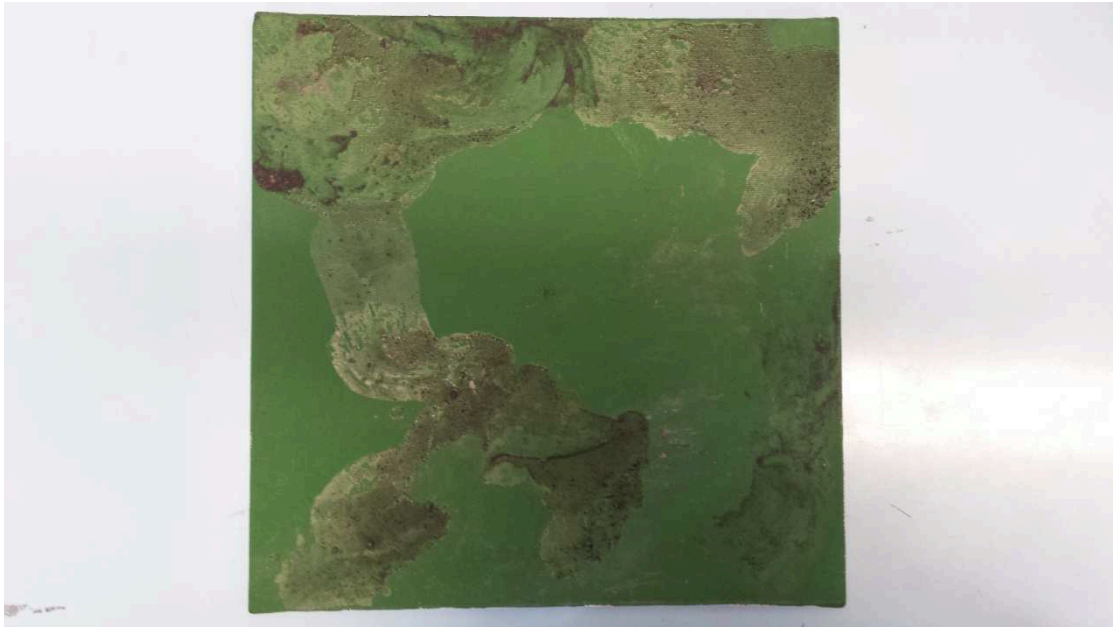
Εικόνα33 : Τμήμα (PY74)

Εικόνα34: Τμήμα (PY74)

Εικόνα35: Τμήμα (PY74)

Εικόνα 36: Τμήμα (PY74)

- *Φωτογραφική Τεκμηρίωση του πίνακα με το πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17) πριν τον καθαρισμό*



Εικόνα 37: Πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)-Ορατό Φως

Εικόνα 3Β: Τμήμα (PG17)

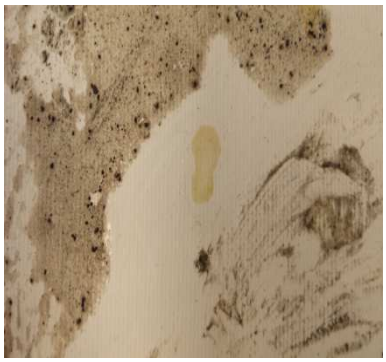
Εικόνα 39:Τμήμα (PG17)

Εικόνα 40: Τμήμα (PG17)

Εικόνα 41: Τμήμα (PG17)

- *Φωτογραφική Τεκμηρίωση του πίνακα με το λευκό του τιτανίου (PW6) πριν τον καθαρισμό*

Εικόνα 41: Λευκό του τιτανίου (PW6)-Ορατό Φως



Εικόνα 42 : Τμήμα (PW6)

Εικόνα 43:Τμήμα (PW6)

Εικόνα44 : Τμήμα (PW6)

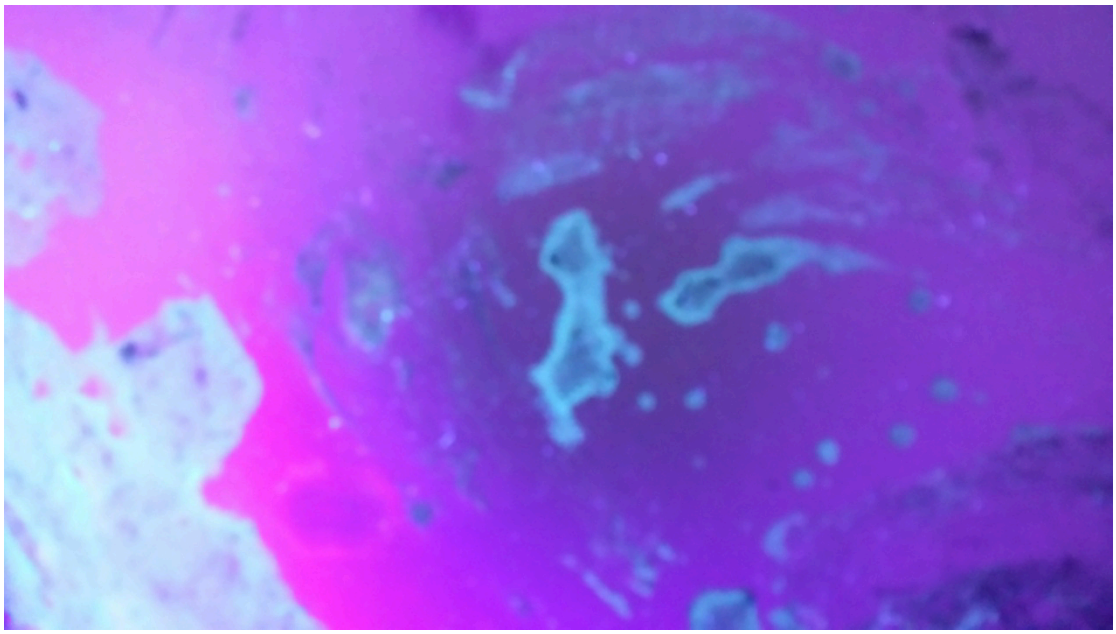
Εικόνα 45: Τμήμα (PW6)

- *Β.2 Εξέταση των Επιφανειών με χρήση κάμερας UV και μικροκάμερας.*

Παρακάτω γίνεται ενδεικτική παράθεση φωτογραφικού υλικού το οποίο πάρθηκε κατά την μελέτη και την παρουσίαση των πινάκων ζωγραφικής μέσω της χρήσης UV-camera έτσι ώστε να παρατηρηθούν καλύτερα οι λεπτομέρειες των επιφανειών και να παρουσιαστούν με περισσότερη

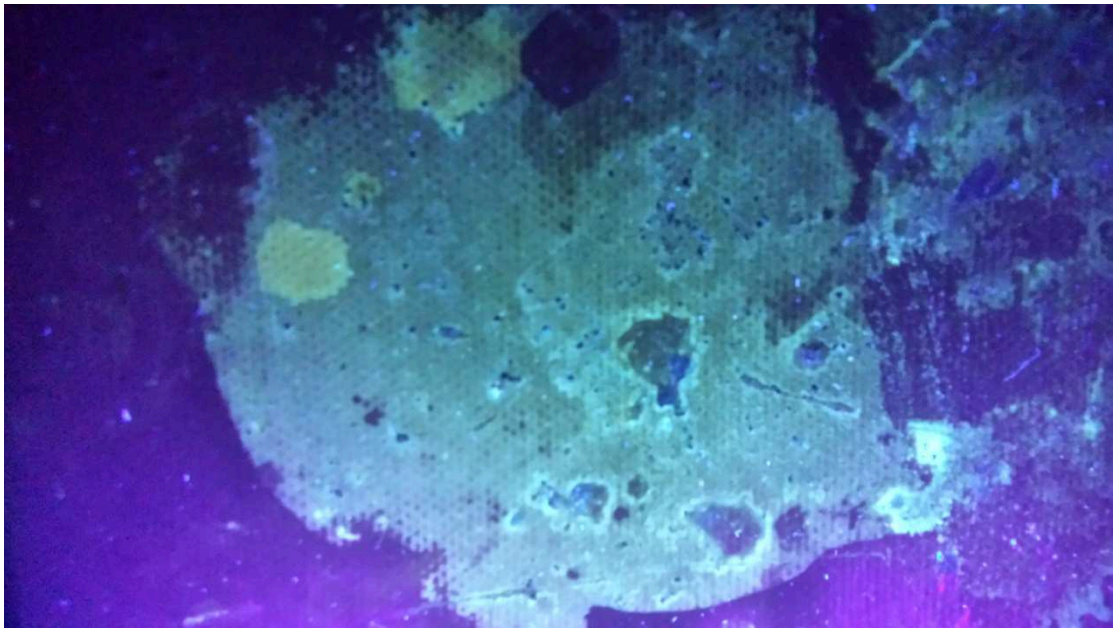
ευκρίνεια φαινόμενα όπως ο φθορισμός των ρύπων. Παρατηρείται πως όσο πιο έντονη και συμπαγής είναι η επικάθιση τόσο και πιο έκδηλο γίνεται το φαινόμενο του φθορισμού της ζωγραφικής επιφάνειας.

- *Πίνακας με την κίτρινη αζω-χρωστική (PY74) πριν τον καθαρισμό*



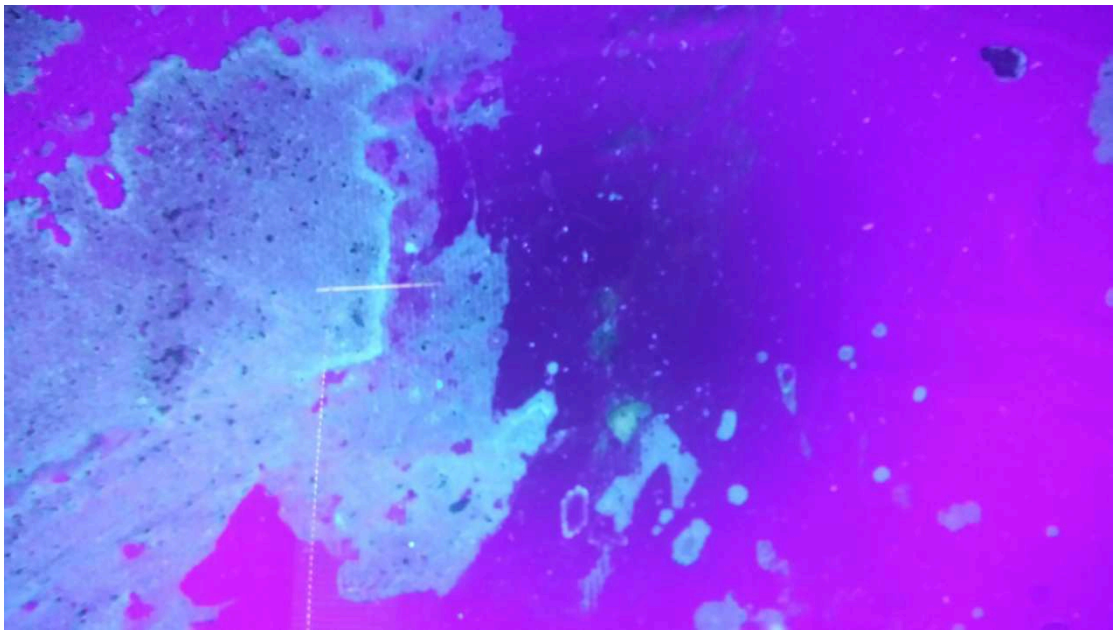
Εικόνα 46 : Κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-UV-camera

- *Πίνακας με το πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)*



Εικόνα 47: Πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)-UV-camera

- *Πίνακας με το λευκό του τιτανίου (PW6)*



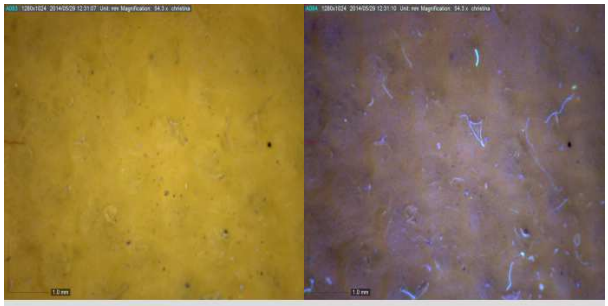
Εικόνα 48: Λευκό του τιτανίου (PW6)-UV-camera

<u>Ενδεικτική Παράθεση Σημείων τόσο με μικροκάμερα όσο και με κάμερα UV</u>

Την καθαρά μακροσκοπική μορφολογική πρώτη επισκόπηση και τεκμηρίωση των ζωγραφικών επιφανειών ακολούθησε η εξέταση τους τόσο με ορατό όσο και με υπεριώδες φως μέσω της χρήσης μικροκάμερας με απώτερο σκοπό την εύρεση των πιθανών ουσιών που συντελούν στην σύνθεση της εμφανιζόμενης ανομοιογένειας, των ρώπων, των επικαθίσεων και των λεκέδων. Στα ζεύγη φωτογραφιών που ακολουθούν παρουσιάζονται κάποια επιλεγμένα σημεία των πινάκων συνοδευόμενα από μία πρώτη γενική εκτίμηση αυτών.

- *Πίνακας με την κίτρινη αζω-χρωστική (PY74 πριν τον καθαρισμό*

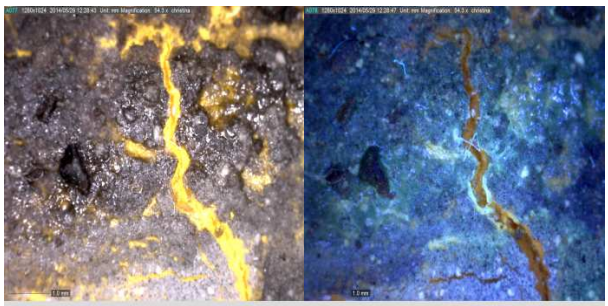
1.



Εικόνα 49:Σημείο(PY71)-micro-camera UV-camera

Εδώ παρουσιάζεται ένα σημείο από την εμφανιζόμενη ως καθαρή επιφάνεια και έτσι είναι σχετικά ομοιογενές ενώ δεν παρουσιάζει φαινόμενα φθορισμού. Φαίνεται συμπαγές και αδιαφανές., παρότι στο στρώμα της βαφής υπάρχουν ασυνέχειες. Υπάρχουν μόνο μερικά σημεία που έχουν ίσως διαφορετικό πορώδες.

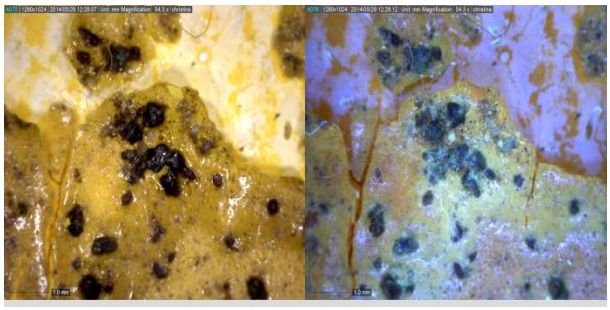
2.



Εικόνα 50: Σημείο (PY71)- micro-camera UV-camera

Εδώ η επικάθιση είναι πραγματικά έντονη και συνεκτική. Υπάρχουν έγκλειστα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους και οι βαθιές γραμμές-ρηγματώσεις κάνουν την επιφάνεια εμφανώς ανομοιογενή ενώ ταυτοχρόνως το χρώμα έχει αλλάξει απολύτως.

3.

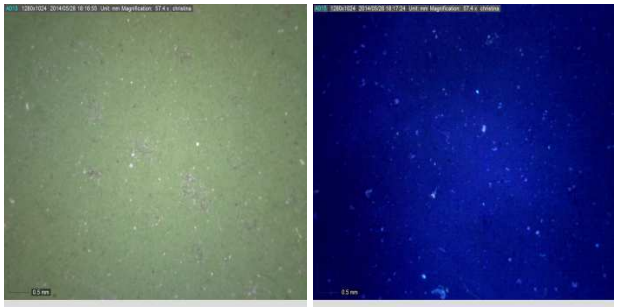


Εικόνα 51: Σημείο (PY71)- micro-camera UV-camera

Εδώ οι προσθήκες ρύπων είναι σαφείς. Σχηματίζεται ένα ημιδιαφανές στρώμα που αλλάζει το πάχος της προηγούμενης επιφάνειας. Ο έντονος φθορισμός που φαίνεται ενδέχεται να οφείλεται στην παρουσία οργανικής φύσης.

- *Πίνακας με το πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17 πριν τον καθαρισμό*

1.

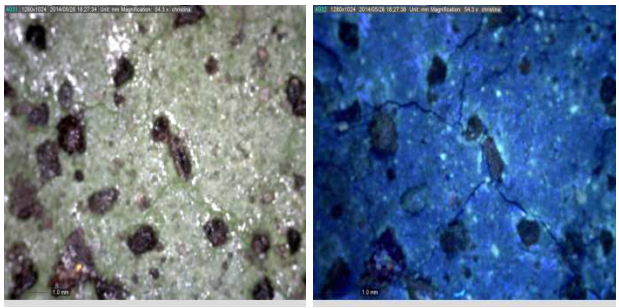


Εικόνα 52: Σημείο (PG17)-micro-camera UV-camera

Εδώ παρουσιάζεται ένα σημείο από την εμφανιζόμενη ως καθαρή επιφάνεια και έτσι είναι σχετικά ομοιογενές ενώ δεν παρουσιάζει φαινόμενα φθορισμού. Φαίνεται

συμπαγές και αδιαφανές., παρότι στο στρώμα της βαφής υπάρχουν ασυνέχειες. Υπάρχουν μόνο μερικά σημεία που έχουν ίσως διαφορετικό πορώδες .

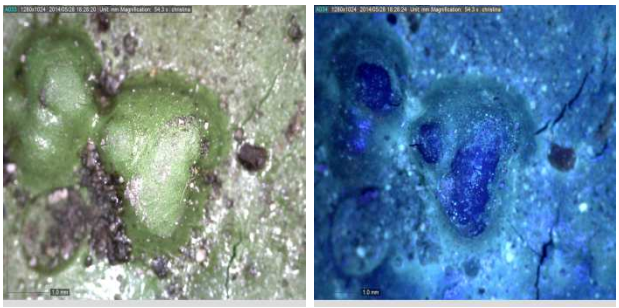
2.



Εικόνα 53: Σημείο (PG17)-micro-camera UV-camera

Εδώ εμφανίζονται μικροσκοπικές ρωγμές που περιβάλλουν έγκλειστους πόρους μεγάλου μεγέθους και πολύ σκούρου χρώματος. Η γενική εικόνα της επιφάνειας έχει αλλάξει αισθητά και θυμίζει απολύτως ανομοιογενές μωσαϊκό.

3.

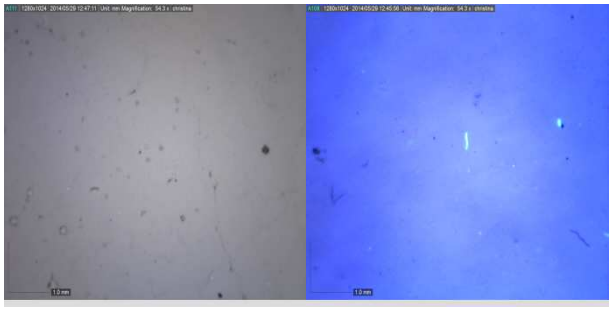


Εικόνα 54: Σημείο (PG17)-micro-camera UV-camera

Εδώ η εικόνα είναι σαν μια φυσαλίδα μιας διαφορετικής δομής. Η διακύμανση του πάχους είναι τεράστια λόγω των εξογκωμάτων. Υπάρχει έλλειψη ομοιογένειας, έγκλειστοι πόροι και εμφανής φθορισμός.

- *Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6 πριν τον καθαρισμό*

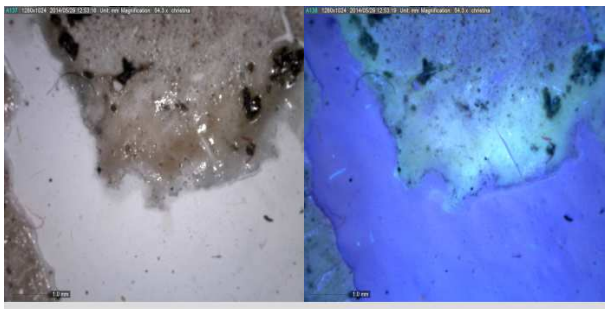
1.



Εικόνα 55: Σημείο (PW6)-micro-camera UV-camera

Εδώ παρουσιάζεται ένα σημείο από την εμφανιζόμενη ως καθαρή επιφάνεια και έτσι είναι σχετικά ομοιογενές ενώ δεν παρουσιάζει φαινόμενα φθορισμού. Φαίνεται συμπαγές και αδιαφανές, παρότι στο στρώμα της βαφής υπάρχουν ασυνέχειες. Υπάρχουν μόνο μερικά σημεία που έχουν ίσως διαφορετικό πορώδες

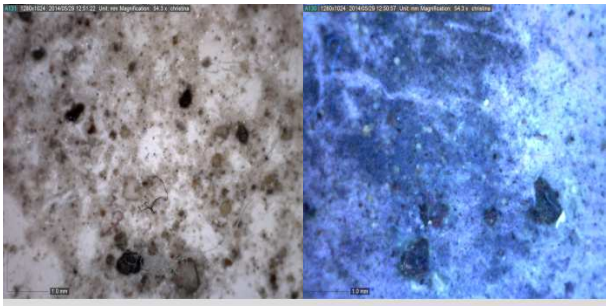
2.



Εικόνα 56: Σημείο (PW6)-micro-camera UV-camera

Εδώ ο λεκές είναι ένας λεκές σχετικά διαφανής. Η διαφορά στο πάχος του στρώματος βαφής είναι σίγουρος και επίσης ο φθορισμός είναι προφανής. Ίσως αυτό είναι λόγω της παρουσίας κάποιας οργανικής φύσης. Η επιφάνεια εμφανίζει μικρή διαύγεια.

3.



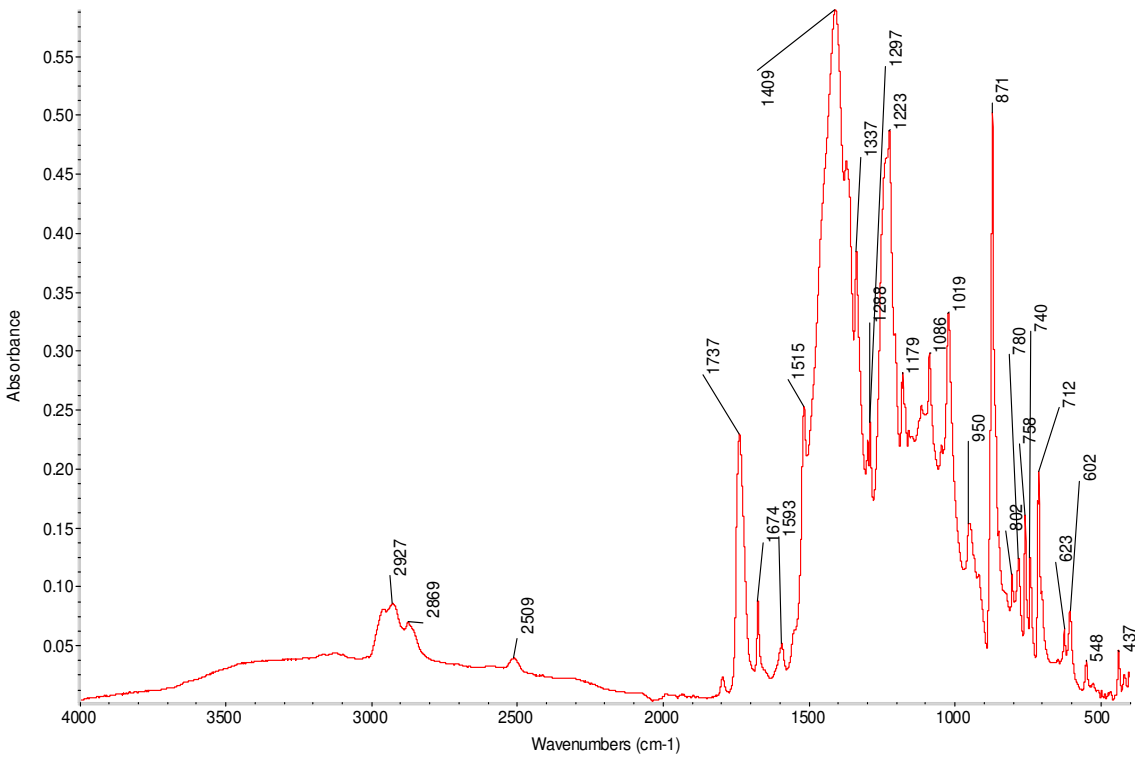
Εικόνα 57: Σημείο (PW6)-micro-camera UV-camera

Εμφανής είναι η παρουσία εγκλείστων με διαφορετικό πορώδες. Υπάρχουν κάποια σχήματα πάνω στον καμβά, που δίνουν την εντύπωση μιας μη ομογενούς επιφάνεια με πολύ έντονο φθορισμό.

- *Β.3 Εξέταση των πινάκων με Φασματοσκοπία Υπερύθρου (FT-IR) πριν τον καθαρισμό*

Στο σημείο αυτό παρατίθενται 3 αντιπροσωπευτικά φάσματα, το κάθε ένα από τα οποία αφορά πίνακα με βάση το PVAc και τις 3 διαφορετικές χρωστικές που εφαρμόστηκαν πριν τον καθαρισμό με φασματοσκοπία υπερύθρου (μ-FTIR). Ακολούθως αναλύονται οι βασικότερες κορυφές του κάθε φάσματος και καταγράφονται οι μοριακές ομάδες που φαίνεται να αντιπροσωπεύουν [111]. Πρέπει να αναφερθεί πως ο σκοπός αυτών των φασμάτων είναι η ταυτοποίηση των ρύπων και πως οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με ένα όργανο Thermo Nicolet, FTIR NEXUS 750 εξοπλισμένο με ένα Smart Endurance ATR διαμάντι. Τα φάσματα εκτελέστηκαν από τα 4000 έως τα 400 cm^{-1} και για 32 σαρώσεις. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με λογισμικό Thermo Nicolet Omnic 6.0a και στη συνέχεια επεξεργάστηκαν με το λογισμικό Origin 8. Οι δεσμοί που καταγράφονται παρακάτω αποτελούν τάσεις δόνησης.

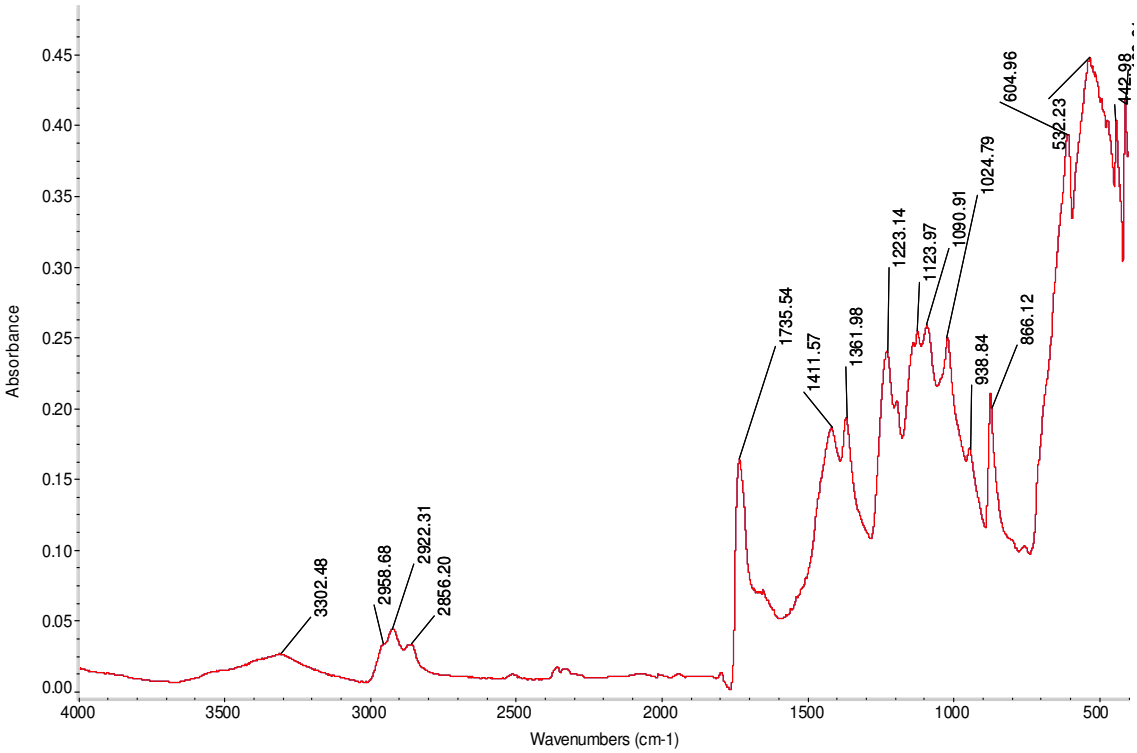
- *Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74) πριν τον καθαρισμό*



Γράφημα 1: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74) πριν τον καθαρισμό, φάσμα υπερύθρου

- ✓ 2927 cm $^{-1}$: C-H ασύμμετρη τάση δόνησης δεσμού που αντιστοιχεί σε ομάδες μεθυλενίου
- ✓ 2869 cm $^{-1}$: C-H συμμετρικός δεσμός για ομάδες μεθυλενίου
- ✓ 2509 cm $^{-1}$: C-H δεσμοί
- ✓ 1737 cm $^{-1}$: διπλός δεσμός άνθρακα για εστέρες
- ✓ 1674 cm $^{-1}$: διπλός δεσμός άνθρακα για αμίδια
- ✓ 1593 cm $^{-1}$: αρωματικός δεσμός άνθρακα- άνθρακα
- ✓ 1515 cm $^{-1}$: αρωματικός δεσμός άνθρακα- άνθρακα
- ✓ 1409 cm $^{-1}$: αρωματικός δεσμός άνθρακα- άνθρακα
- ✓ 1179 cm $^{-1}$: -C-O- δεσμός
- ✓ 1086 cm $^{-1}$: -C-O- δεσμός
- ✓ 1019 cm $^{-1}$: -C-O- δεσμός
- ✓ 950 cm $^{-1}$: -C=C- δεσμός (ενδεχομένως και τριπλός)
- ✓ 871 cm $^{-1}$: $-CO_3$

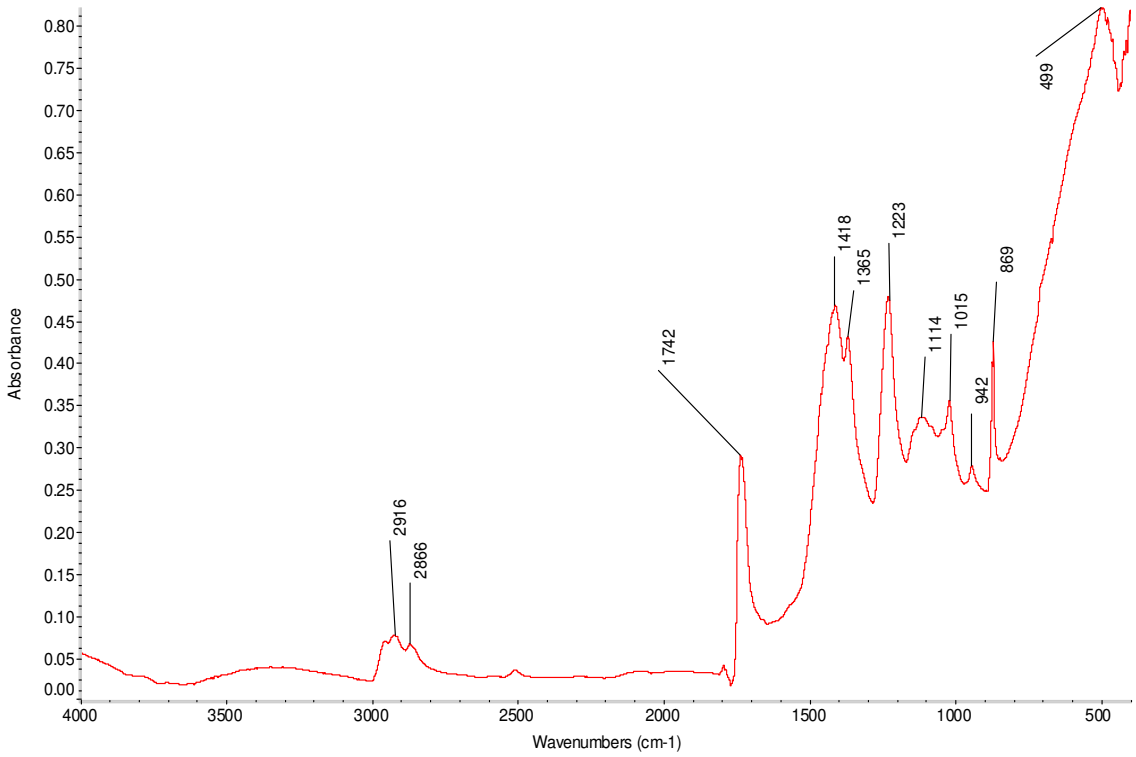
➢ *Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17) πριν τον καθαρισμό*



Γράφημα 2:Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17) πριν τον καθαρισμό, φάσμα υπερύθρου

- ✓ 3302 cm $^{-1}$: O-H δεσμός
- ✓ 2959 cm $^{-1}$: C-H δεσμός
- ✓ 2922 cm $^{-1}$: C-H ασύμμετρη τάση δόνησης δεσμού που αντιστοιχεί σε ομάδες μεθυλενίου
- ✓ 2856 cm $^{-1}$: C-H συμμετρικός δεσμός για ομάδες μεθυλενίου
- ✓ 1736 cm $^{-1}$: περιοχή διπλών δεσμών άνθρακα, απορρόφηση εστέρων
- ✓ 1412 cm $^{-1}$: απορρόφηση αλκοόλης και υδροξυλίου
- ✓ 1362 cm $^{-1}$: απορρόφηση αλκοόλης και υδροξυλίου
- ✓ 1223 cm $^{-1}$: C-O απορρόφηση
- ✓ 1124 cm $^{-1}$: C-O απορρόφηση
- ✓ 1091 cm $^{-1}$: C-O απορρόφηση
- ✓ 939 cm $^{-1}$: πολλαπλοί δεσμοί άνθρακα- άνθρακα
- ✓ 886 cm $^{-1}$: $-C0_3$

➢ *Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)πριν τον καθαρισμό*



Γράφημα 3: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6) πριν τον καθαρισμό , φάσμα υπερύθρου

- ✓ 2916 cm $^{-1}$: C-H ασύμμετρη τάση δόνησης δεσμού που αντιστοιχεί σε ομάδες μεθυλενίου
- ✓ 2866 cm $^{-1}$: C-H συμμετρικός δεσμός για ομάδες μεθυλενίου
- ✓ 1742 cm $^{-1}$: διπλός δεσμός άνθρακα, εστέρες
- ✓ 1418 cm $^{-1}$: αρωματικός δεσμός άνθρακα-άνθρακα
- ✓ 1114 cm $^{-1}$: C-O δεσμός
- ✓ 1015 cm $^{-1}$: C-O δεσμός
- ✓ 942 cm $^{-1}$:-C=C- δεσμός (ενδεχομένως και τριπλός)
- ✓ 869 cm $^{-1}$: $-CO_3$
- ✓ 499 cm $^{-1}$: οξείδιο μετάλλου

- *Β.4 Αποτίμηση των ζωγραφικών επιφανειών πριν τον καθαρισμό*

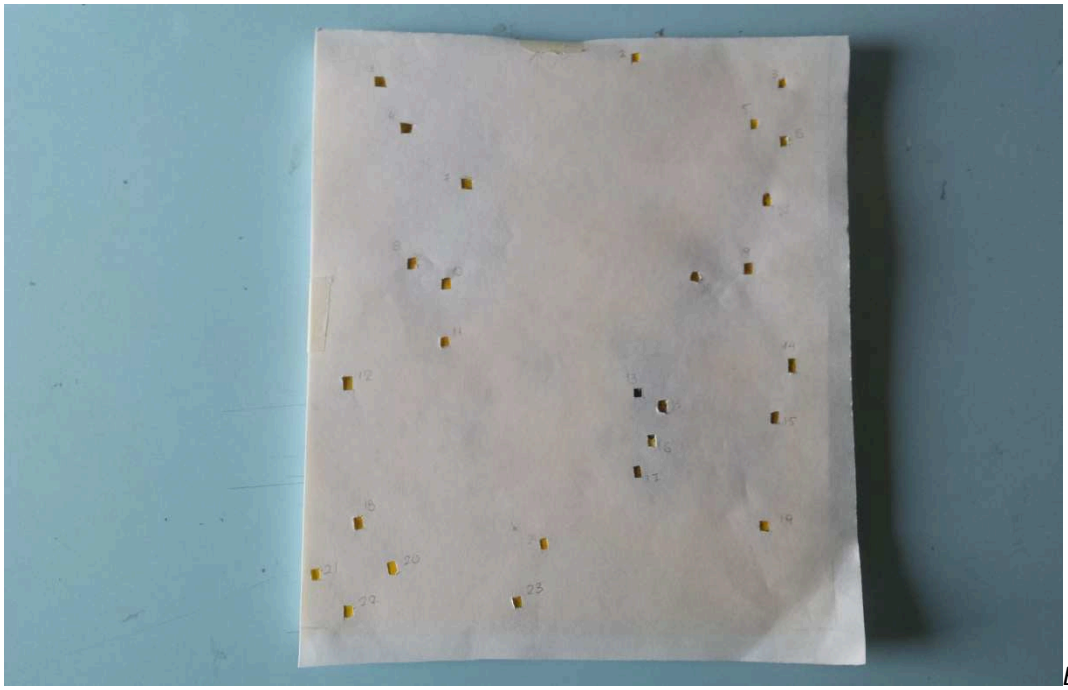
Για την καλύτερη αποτίμηση του καθαρισμού των ζωγραφικών επιφανειών κατασκευάστηκαν 3 χάρτινα καλύμματα – ένα για κάθε επιφάνεια- στα οποία δημιουργήθηκαν μικροσκοπικές τρύπες-εσοχές διαστάσεων 1cm x 1cm. Συγκεκριμένα οι εσοχές αυτές ήταν 27 για τον κίτρινο, και 23 τόσο για τον πράσινο όσο και για τον λευκό. Οι εσοχές αφορούν περιοχές ενδιαφέρουσες ως προς την περαιτέρω μελέτη τους, και είναι σημεία αντιπροσωπευτικά ως προς την κατάταξη των ρύπων. Δηλαδή επιλέχθησαν περιοχές ήπιας, μέτριας αλλά και έντονης αλλοίωσης της αρχικής επιφάνεια, κοινώς περιοχές με μορφολογικές διακυμάνσεις. Οι περιοχές αυτές είναι οι περιοχές οι οποίες στην συνέχεια θα καθαριστούν με καθέναν από τους τρόπους που έχουν ήδη αναλυθεί παραπάνω ως προς το θεωρητικό τους υπόβαθρο. Στα σημεία αυτά πραγματοποιήθηκε ακριβής προσδιορισμός των παραμέτρων (πριν και μετά τον καθαρισμό) που έχουν επίσης αναφερθεί προηγουμένως, δηλαδή της αγωγιμότητας, του pH, των χρωματικών παραμέτρων L,a, b και της συνολικής μεταβολής του χρώματος ΔΕ. Τέλος προσδιορίστηκε η στατική γωνία επαφής. Παρουσιάζονται φωτογραφίες μικροκάμερας μέσω των οποίων γίνεται ο μορφολογικός έλεγχος και η τεκμηριωμένη επισκόπηση των επιλεγμένων σημείων. Όλες οι προαναφερθείσες προσδιορισμένες τιμές που αφορούν τις περιοχές πριν την εφαρμογή κάποιας μεθόδου καθαρισμού παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

Στο σημείο αυτό δεν πρέπει να παραληφθεί να αναφερθεί το ότι οι μετρήσεις έγιναν με αφιονισμένο νερό, η αγωγιμότητα του οποίου προσδιορίστηκε στα 7μS/cm. Έτσι από όλες τις τιμές αγωγιμότητας που προσδιορίστηκαν αρχικώς αφαιρέθηκε αυτή του νερού πριν από την παράθεση τους στους πίνακες που θα ακολουθήσουν.

Τα δεδομένα που αφορούν το pH εμφανίζονται πιο συμπυκνωμένα μιας που η πληθώρα των διαφορετικών τιμών που παρουσίασε ο κάθε πίνακας ήταν σχετικά περιορισμένη. Στην πραγματικότητα κάθε πίνακας εμφάνισε 3 διαφορετικές τιμές εύρους pH, η κάθε μία εκ των οποίων αφορά τις καθαρές περιοχές και τις περιοχές μέτριας και έντονης βρώμας αντίστοιχα. Πρέπει να αναφερθεί πως οι μετρήσεις έγιναν με σταγόνες των 50 μL, ενώ κατά την διάρκεια της βαθμονόμησης του οργάνου βρέθηκε πως το pH του νερού ήταν ίσο με 6,7. Ως προς τα δεδομένα που αφορούν τον σωματομετρικό έλεγχο των σημείων των πινάκων, πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε ένα από τα σημεία μετρήθηκε 3 φορές. Κάθε μία από τις μετρήσεις δίνει δύο διαφορετικά αποτελέσματα από τα οποία το ένα αφορά την SCI

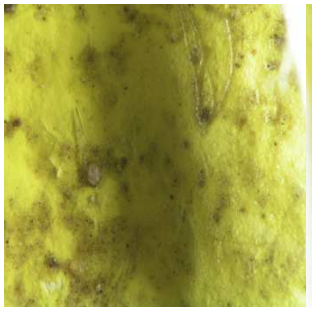
και το άλλο την SEE ανάκλαση, ενώ επίσης παρουσιάζονται και οι τιμές για τα L, a, b αντίστοιχα. Στους πίνακες που θα ακολουθήσουν στην συνέχεια, πρέπει να σημειωθεί πως παρουσιάζεται ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων. Παρακάτω παρατίθεται η κάθε μία ζωγραφική επιφάνεια ξεχωριστά.

- *Πίνακας με κίτρινη όζω-χρωστική (PY74)*

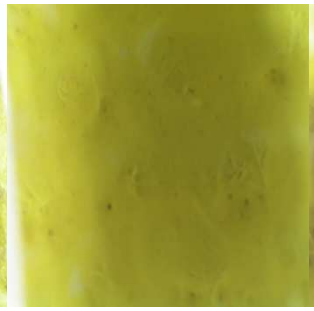


Εικόνα 58: Κίτρινη όζω-χρωστική (PY74) με κάλυμμα

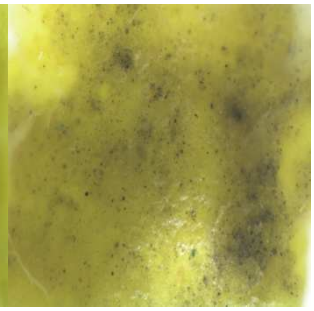
Παρακάτω παρουσιάζονται οι φωτογραφίες από τα αντιπροσωπευτικά σημεία που επιλέχτηκαν πριν τον καθαρισμό έτσι ώστε να αποτιμηθεί η μεταβολή της μορφολογίας τους. Οι φωτογραφίες πάρθηκαν με την χρήση του Full Scan mode MS (m/z 40-600) μικροσκοπίου, με ταχύτητα 1,9 σαρώσεις / sec.



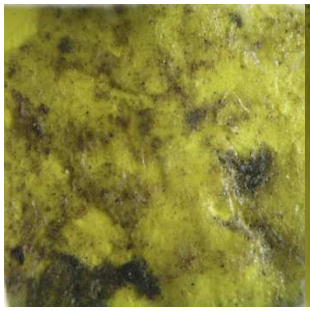
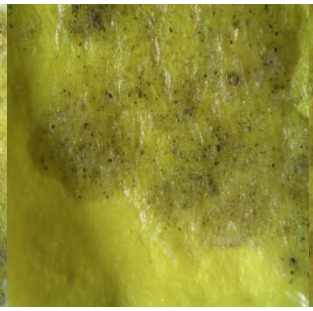
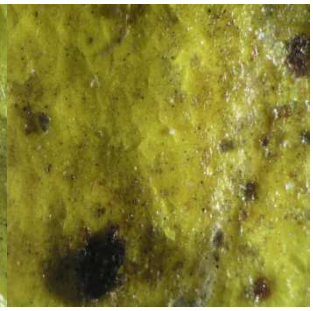
Εικόνα 59: Σημείο 1K



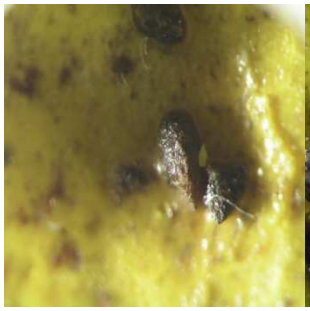
Εικόνα 60: Σημείο 2K

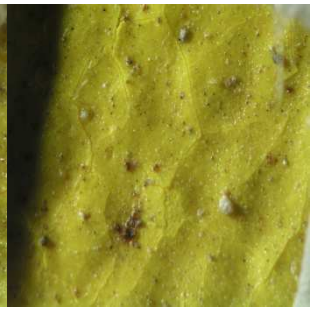


Εικόνα 61: Σημείο 3K

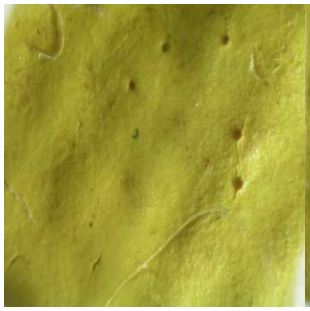




Εικόνα 62: Σημείο 4K *Εικόνα 63: Σημείο 5K* *Εικόνα 64: Σημείο 6K*

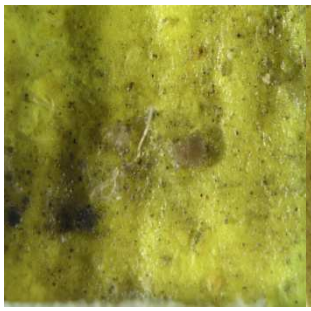
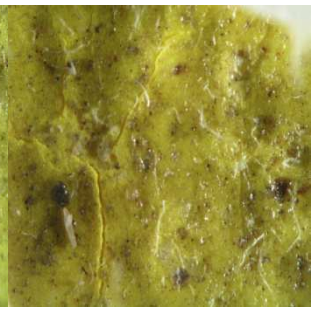




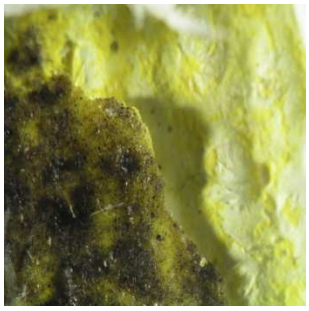
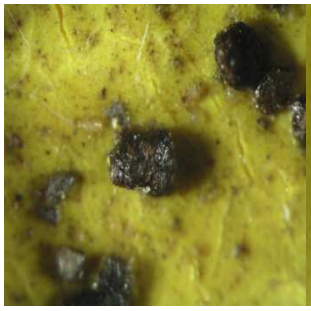
Εικόνα 65: Σημείο 7K *Εικόνα 66: Σημείο 8K* *Εικόνα 67: Σημείο 9K*



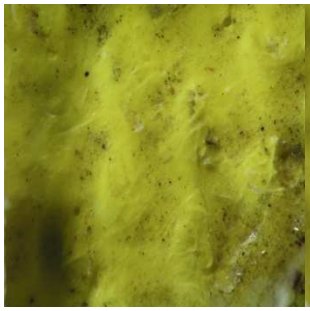
Εικόνα 68: Σημείο 10K *Εικόνα 69: Σημείο 11K* *Εικόνα 70: Σημείο 12K*

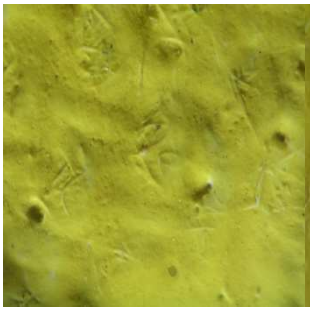
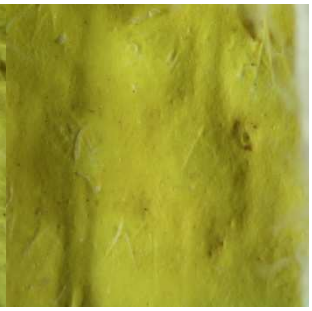
Εικόνα 71: Σημείο 13K *Εικόνα 72: Σημείο 14K* *Εικόνα 73: Σημείο 15K*

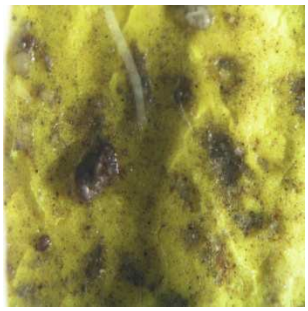
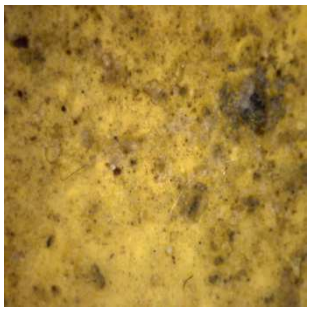
Εικόνα 74: Σημείο 16Κ *Εικόνα 75: Σημείο 17Κ* *Εικόνα 76: Σημείο 18Κ*



Εικόνα 77: Σημείο 19Κ *Εικόνα 78: Σημείο 20Κ* *Εικόνα 79: Σημείο 21Κ*

Εικόνα 80: Σημείο 22Κ *Εικόνα 81: Σημείο 23Κ* *Εικόνα82: Σημείο 24Κ*

Εικόνα 83: Σημείο 25Κ *Εικόνα 84: Σημείο 26Κ* *Εικόνα85: Σημείο 27Κ*

Η παράθεση της μορφολογικής επισκόπησης των σημείων αποδεικνύει αυτό που έχει ήδη διαπιστωθεί. Οι επικαθίσεις, οι λεκέδες και οι ρύποι είναι πολλοί και πολλοί εξ αυτών ιδιαιτέρως έντονη. Παρόλα αυτά έχουν επιλεγεί και σχετικά καθαρά και μετρίως καθαρά σημεία.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας πριν τον καθαρισμό*

Σημεία	***Αγωγιμότητα-mS/cm***
1	0,26
2	0,03
3	0,08
4	0,11
5	0,05
6	0,13
7	1,03
8	1,44
9	0,7
10	0,8
11	0,24
12	0,10
13	0,83
14	0,20
15	0,77
16	0,55
17	0,16
18	0,3
19	0,20
20	0,32
21	0,13
22	0,11
23	0,04
24	0,21
25	0,48
26	0,91
27	0,52

Πίνακας 1: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Αγωγιμότητα πριν τον καθαρισμό

- *Προσδιορισμός του pH πριν τον καθαρισμό*

Τα δεδομένα pH της ζωγραφικής ατής επιφάνειας χωρίζονται στην ουσία σε 3 υποκατηγορίες τιμών. Οι σχετικά καθαρές περιοχές εμφανίζουν τιμή pH ίση με 7 με μία απόκλιση της τάξεως του 0,2. Οι μετρίως βρώμικες περιοχές

(που αποτελούν τα περισσότερα από τα επιλεγμένα σημεία) εμφανίζουν τιμή pH ίση με 6, με μία απόκλιση της τάξεως του 0,3. Τέλος όλες οι ιδιαίτερα βρώμικες περιοχές εμφανίζουν pH ίσο με 6.9 με μοναδική εξαίρεση το Σημείο 7 που εμφανίζει τιμή ίση με 6,2.

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L,a κα b πριν τον καθαρισμό*

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
1a	SCI	78,24	7,197	108,92	0,02	0,06	0,02
1b	SCE	78,31	7,23	108,23	0,02	0,01	0,06
2a	SCI	85,02	4,73	124,54	0,01	0	0,05
2b	SCE	85,14	4,74	123,3	0,01	0	0,08
3a	SCI	66,98	6,52	94,79	0	0,01	0,05
3b	SCE	67,04	6,54	94,02	0,06	0,03	0,06
4a	SCI	60,44	6,39	82,86	0,06	0,06	0,02
4b	SCE	60,55	6,38	81,58	0,06	0,02	0,09
5a	SCI	68,77	7,38	96,23	0,06	0,01	0,01
5b	SCE	68,82	7,4	95,66	0,06	0,06	0,03
6a	SCI	49,18	4,92	67,4	0,06	0,01	0,02
6b	SCE	49,31	4,94	66,17	0,06	0,02	0,07
7a	SCI	56,73	8,65	91,09	0,02	0,01	0,17
7b	SCE	56,82	8,61	90,76	0,01	0,02	0,14
8a	SCI	65,19	9,98	90,08	0	0,01	0,02
8b	SCE	65,2	9,99	90,07	0	0,01	0,04
9a	SCI	67,75	10,03	91,58	0,06	0,06	0,06
9b	SCE	67,60	10,08	93,41	0,06	0,02	0,03
10a	SCI	80,36	5	40,1	8,74	4,76	51,64
10b	SCE	80,36	5,03	40,65	8,83	4,76	52,52
11a	SCI	72,49	7,09	97,69	0,17	0,06	2,64
11b	SCE	72,59	7,11	96,90	0,16	0,07	2,55
12a	SCI	76,3	6,65	107,3	0,02	0,01	0,1
12b	SCE	76,42	6,66	106,29	0,02	0,01	0,09
13a	SCI	24,94	6,19	39,44	0,06	0,02	0,11
13b	SCE	25,24	5,96	39,12	0,06	0,01	0,14
14a	SCI	67,21	5,13	98,11	0,06	0,06	0,01
14b	SCE	67,35	5,14	96,47	0,01	0,01	0,07
15a	SCI	61,69	9,37	82,85	0,06	0,01	0,03
15b	SCE	61,61	9,40	83,21	0,06	0,06	0,03
16a	SCI	32,48	5,27	50	0,06	0,01	0,01
16b	SCE	32,63	5,23	49,44	0,01	0,02	0,02

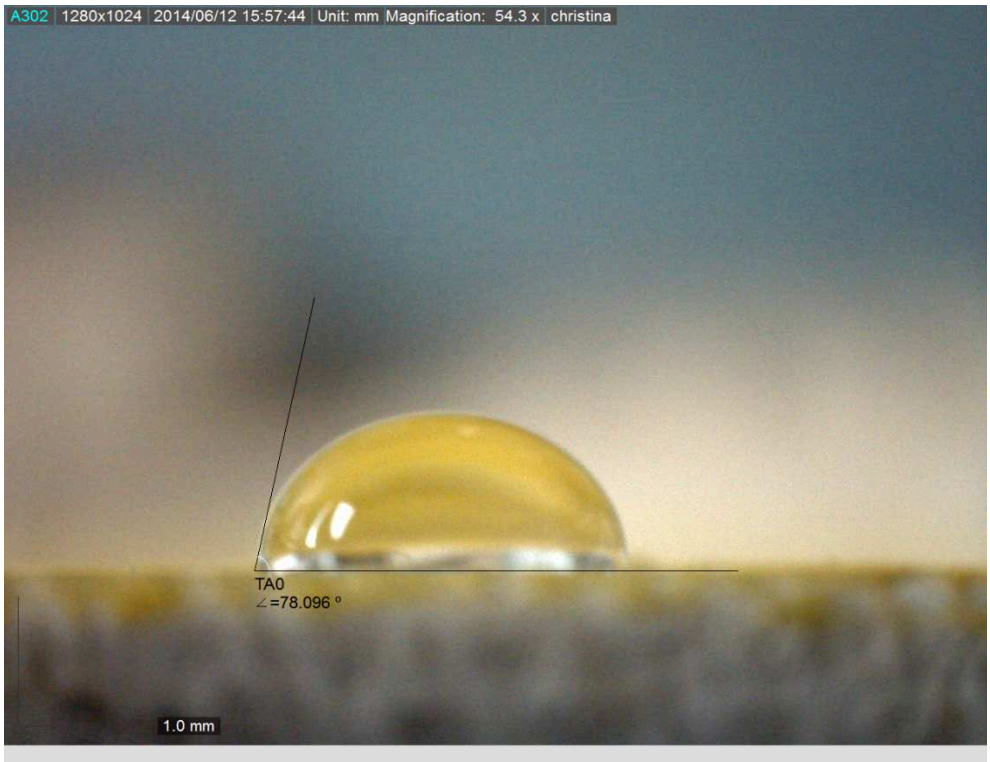
17a	SCI	51,4	7,94	80,78	0,06	0,01	0,02
17b	SCE	51,24	8	81,8	0,01	0,03	0,04
18a	SCI	82,83	11,24	122,06	0,06	0,06	0,02
18a	SCE	82,98	11,24	120,98	0,06	0,06	0,03
19a	SCI	72,70	4,18	99,75	0,06	0,06	0,03
19a	SCE	72,64	4,21	100,33	0,01	0,02	0,06
20a	SCI	83,61	10,43	122,71	0,06	0,06	0,01
20a	SCE	83,79	10,44	121,3	0	0,01	0,02
21a	SCI	85,45	4,44	114,68	0,01	0,02	0,03
21a	SCE	85,59	4,47	113,44	0,02	0,02	0,02
22a	SCI	84,82	3,79	120,56	0,11	0,05	0,22
22a	SCE	84,9	3,8	119,21	0,09	0,02	0,1
23a	SCI	79,72	3,39	109,1	0,06	0,01	0,04
23a	SCE	79,79	3,41	108,21	0,06	0,012	0,02
24a	SCI	77,71	8,83	105,32	0,02	0,03	0,94
24a	SCE	77,80	8,85	104,41	0,02	0,02	0,89
25a	SCI	54,82	6,42	79,27	0,01	0,01	0,03
25a	SCE	54,97	6,39	77,65	0,06	0,03	0,02
26a	SCI	58,16	6,98	64,42	0,06	0,01	0
26a	SCE	58,21	6,99	64,11	0,06	0,06	0,04
27a	SCI	36,98	5,78	46,5	0,02	0,06	0,02
27a	SCE	37,13	5,76	45,53	0,01	0,01	0,03

Πίνακας 2: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)–Χρωματομετρία πριν τον καθαρισμό

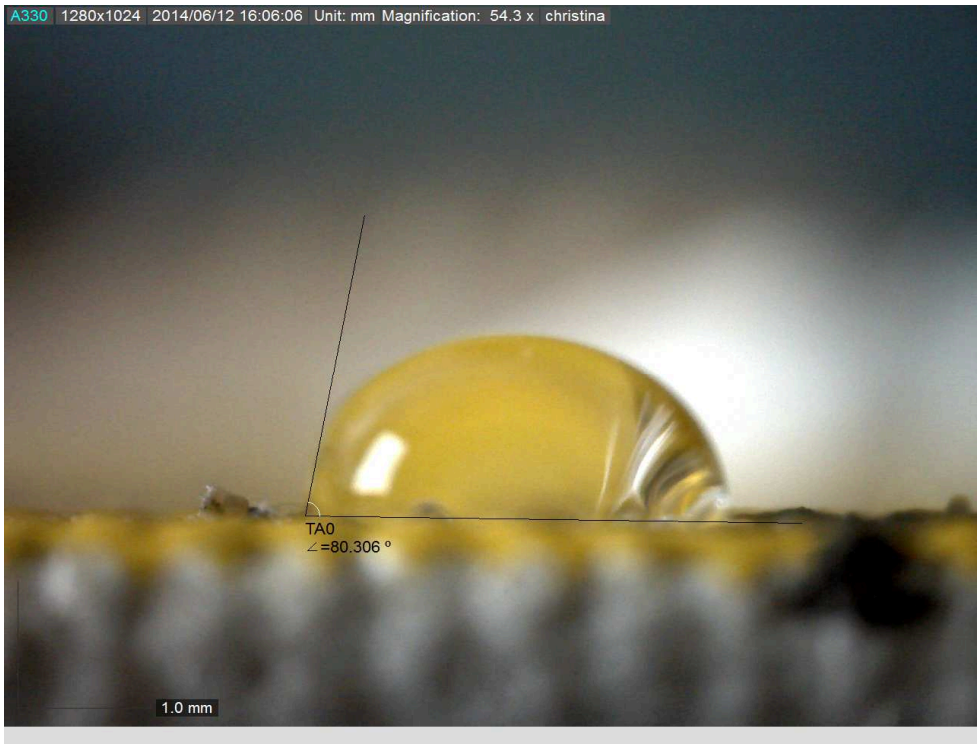
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2,οι τιμές του L που αντιπροσωπεύουν την φωτεινότητα-λαμπρότητα εμφανίζουν ένα σημαντικό εύρος αφού αρχίζουν από το 25 και τελικά φτάνουν να ξεπερνούν το 85. Το γεγονός αυτό είναι άκρως δικαιολογήσιμο διότι τα σημεία που έχουν επιλεχθεί παρουσιάζουν διαφορές έντονες μιας που κάποια είναι πολύ πιο έντονα λερωμένα από κάποια άλλα. Σε γενικές γραμμές όσο πιο καθαρό είναι το σημείο που παρατηρείται τόσο πιο μεγάλη θα είναι κ η τιμή του L. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού αποτελούν τα Σημεία 21 και 22 που εμφανίζουν σχετικώς καθαρή επιφάνεια και πολύ υψηλή τιμή L. Ως προς τις τιμές των a και b τώρα πάλι οι στήλες των αποτελεσμάτων είναι αναμενόμενες. Όσο αυξάνεται η τιμή του b τόσο αυξάνεται η κίτρινη απόχρωση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όλες οι τιμές του b είναι αρκετά μεγάλες, γεγονός αναμενόμενο μιας που ακόμα και με γυμνό μάτι εύκολα διακρίνεται το κίτρινο χρώμα του ζωγραφικού πίνακα. Οι τιμές του a πάλι που όσο αυξάνονται αυξάνεται η κόκκινη απόχρωση είναι αναμενόμενα χαμηλές.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής πριν τον καθαρισμό*

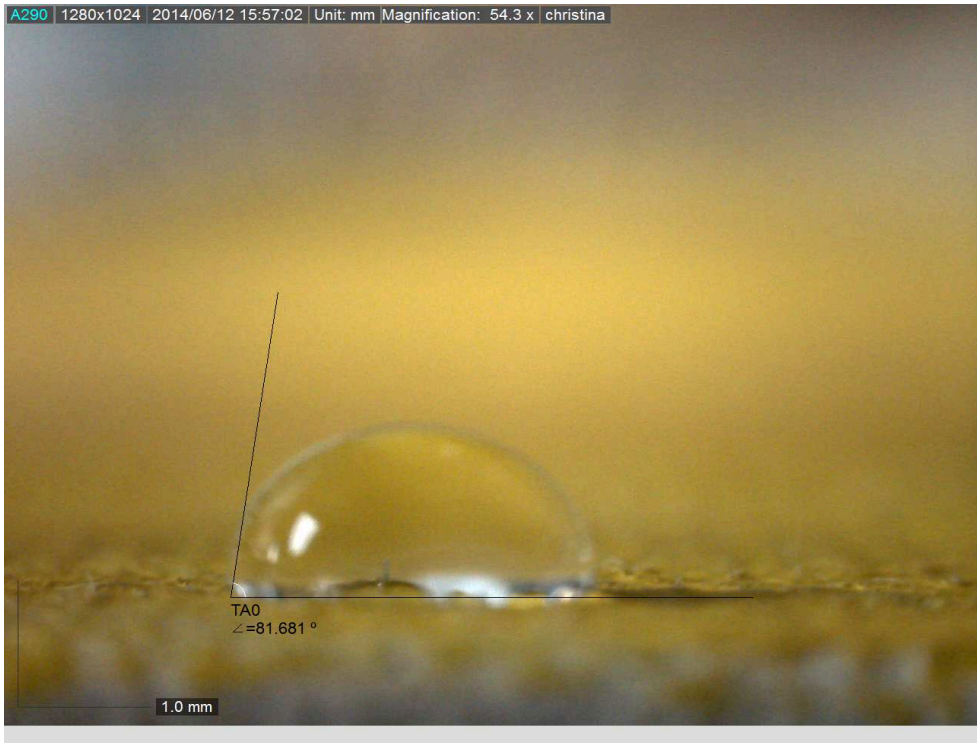
Σε γενικές γραμμές πρέπει να αναφερθεί ότι στις περιοχές όπου το κίτρινο χρώμα είναι πιο ομοιόμορφο και ομοιογενές και το σημείο μπορεί να χαρακτηριστεί ως σχετικά καθαρό, δηλαδή στις περιοχές όπου δεν είναι ευδιάκριτοι ρύποι ή επικαθίσεις, οι σταγόνες που τοποθετούνται, εξαπλώνονται και απορροφούνται γρήγορα. Όλες οι περιοχές έδωσαν στατικές γωνίες επαφής μικρότερες της ορθής γωνίας, αποδεικνύοντας έτσι τον υδρόφιλο χαρακτήρα ολόκληρης της επιφάνειας. Παρατηρήθηκε από τις εικόνες που παρουσιάζονται ακολούθως πως όσο πιο εμφανής είναι η αλλοίωση της περιοχής μέσω κάποιας ενδεχόμενης επικάθισης ή ρύπου τόσο πιο μεγάλη είναι και η στατική γωνία επαφής. Στην ουσία δηλαδή αυτές οι επικαθίσεις δημιουργούν ένα ελάχιστα πιο υδροφοβικό κάλυμμα στις ζωγραφικές επιφάνειες. Πρέπει να αναφερθεί πως όπου στις παρακάτω εικόνες αναγράφεται στην λεζάντα ο όρος καθαρή περιοχή εννοείται πως θεωρείται με γυμνό μάτι. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε χρόνο 15 sec μετά από την εναπόθεση της σταγόνας. Πρέπει να τονιστεί ότι η πληροφορίες αυτές αφορούν όλες τις τέτοιου τύπου εικόνες που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια. Όλες οι φωτογραφίες που παριστούν σταγόνες τραβήχτηκαν με την dino-capture, digital microscope κάμερα.



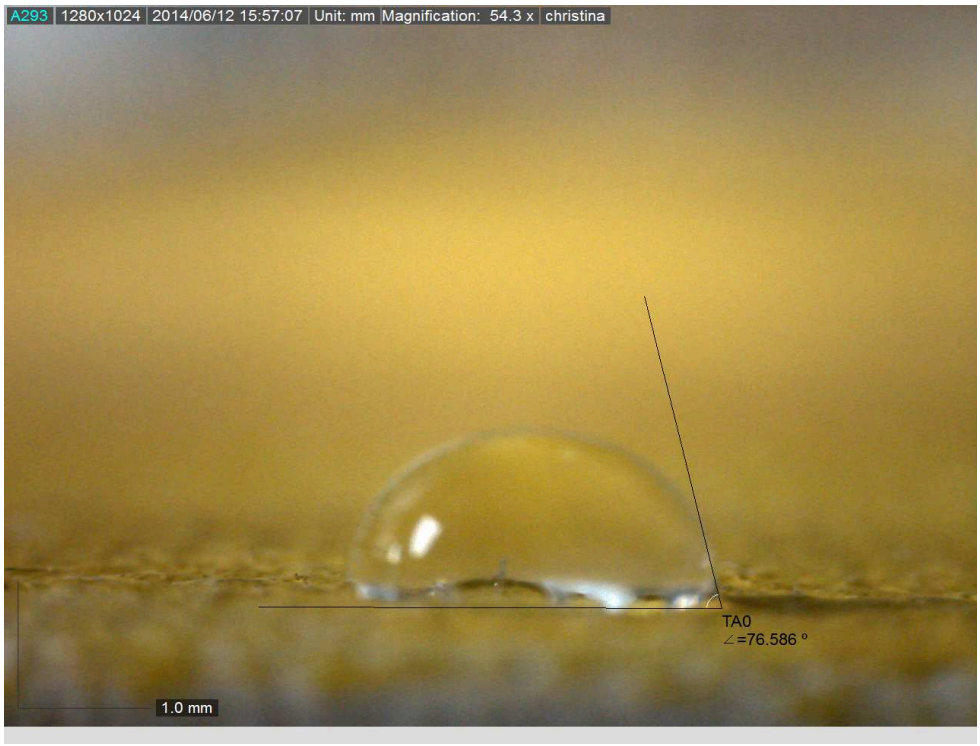
Εικόνα 86: Στατική γωνία επαφής, Καθαρή περιοχή



Εικόνα 87: Στατική γωνία επαφής, Περιοχή επικάθισης

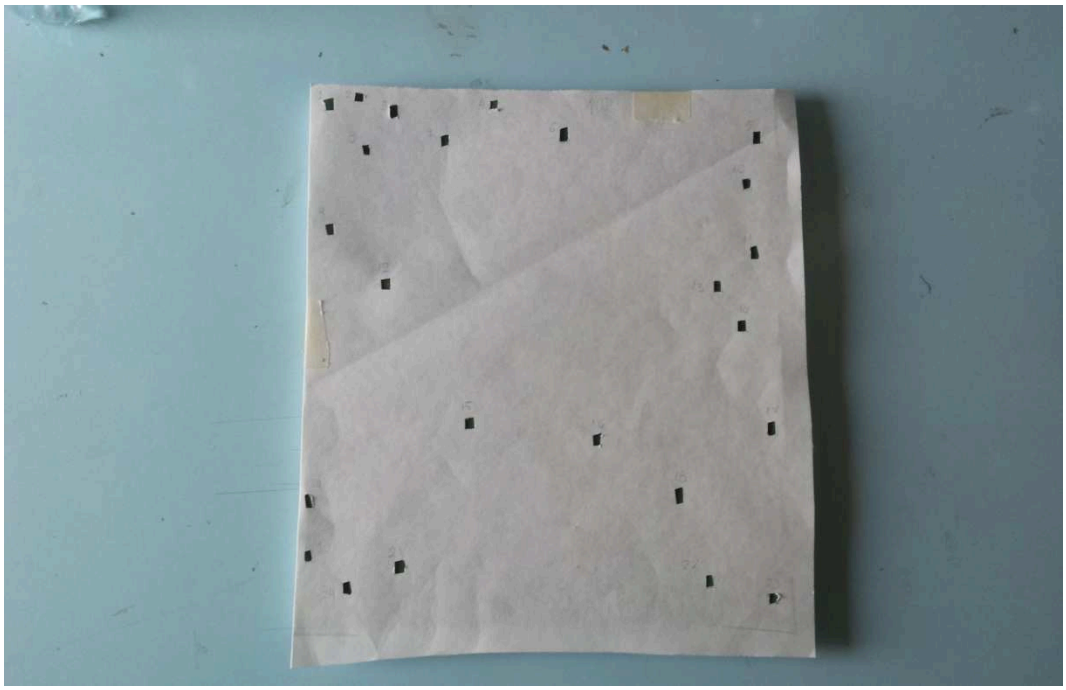


Εικόνα 88: Στατική γωνία επαφής , Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος



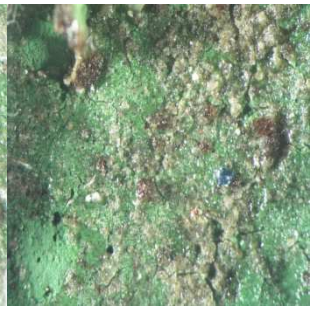
Εικόνα 89: Στατική γωνία επαφής , Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

- *Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)*

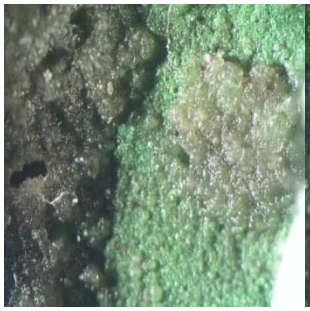
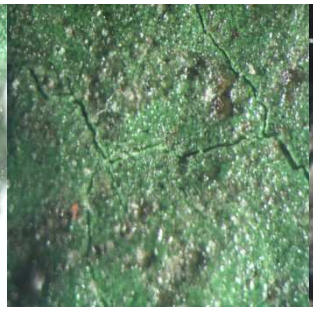
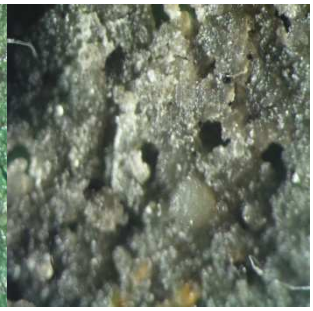


Εικόνα 90: Πίνακας με πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17) με κάλυμμα

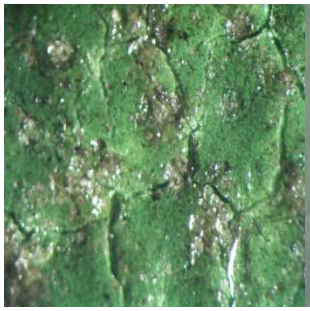
Παρακάτω φαίνονται φωτογραφίες με σκοπό την μορφολογική επισκόπηση του κάθε σημείου ξεχωριστά.



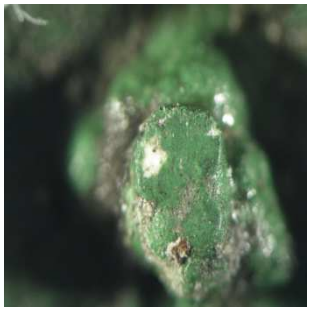
Εικόνα 91: Σημείο 1Π *Εικόνα 92: Σημείο 2Π* *Εικόνα 93: Σημείο 3Π*

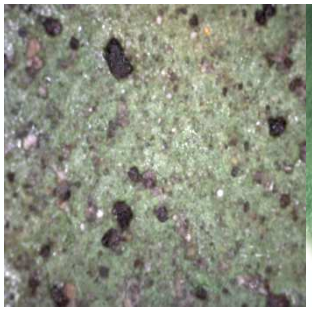
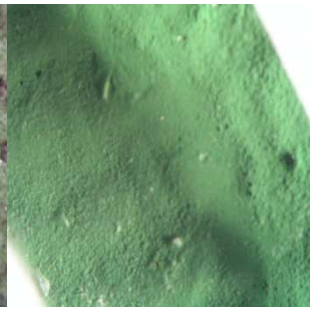
Εικόνα 94: Σημείο 4Π *Εικόνα 95: Σημείο 5Π* *Εικόνα 96: Σημείο 6Π*



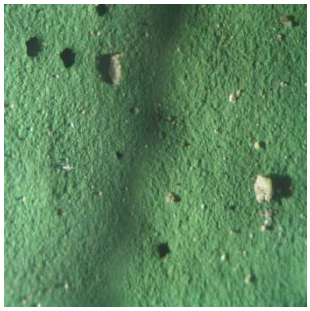
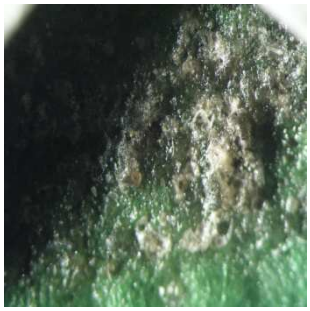
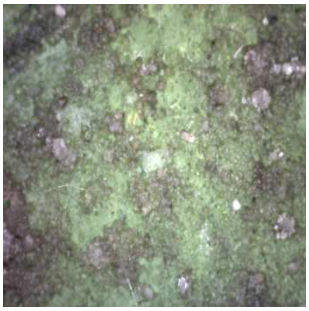
Εικόνα 97: Σημείο 7Π *Εικόνα 98: Σημείο 8Π* *Εικόνα 99: Σημείο 9Π*



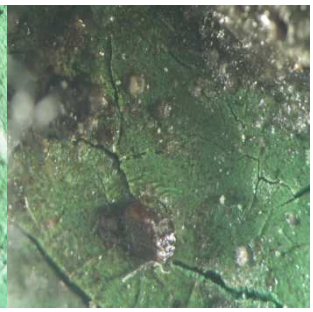
Εικόνα 100: Σημείο 10Π *Εικόνα 101: Σημείο 11Π* *Εικόνα 102: Σημείο 12Π*

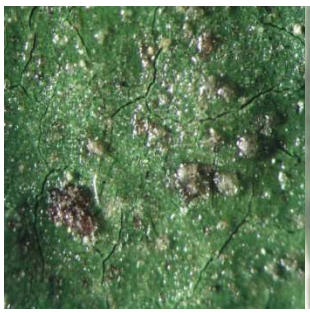
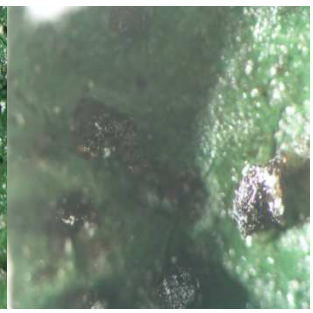
Εικόνα 103: Σημείο 13Π *Εικόνα 104: Σημείο 14Π* *Εικόνα 105: Σημείο 15Π*

Εικόνα 106: Σημείο 16Π *Εικόνα 107: Σημείο 17Π* *Εικόνα 108: Σημείο 18Π*



Εικόνα 109: Σημείο 19Π *Εικόνα 110: Σημείο 20Π* *Εικόνα 111: Σημείο 21Π*

Εικόνα 112: Σημείο 22Π Εικόνα 113: Σημείο 23Π Εικόνα 114: Σημείο 24Π

Όπως και στην προηγούμενη ζωγραφική επιφάνεια, έτσι και σε αυτήν έχουν επιλεγεί σημεία που παρουσιάζουν μεταξύ τους έντονες μορφολογικές διαφορές. Υπάρχουν σημεία πολύ έντονων επικαθίσεων όπως είναι το 6 και σημεία σχεδόν καθαρά όπως το 10.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας πριν τον καθαρισμό*

Σημεία	***Αγωγιμότητα-mS/cm***
1	0,027
2	0,493
3	0,363
4	0,253
5	0,044
6	0,138
7	0,773
8	1,243
9	0,058
10	0,095
11	0,15
12	0,473
13	0,873
14	1,293
15	0,323
16	0,783
17	0,283
18	0,853
19	0,743
20	0,373
21	1,003
22	0,333
23	0,303

Πίνακας 3: Πίνακας με πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17) –Μέτρηση αγωγιμότητας πριν τον καθαρισμό

- *Προσδιορισμός του pH πριν τον καθαρισμό*

Οι τιμές του pH στον πίνακα αυτό παρουσιάζουν μία κάπως μεγαλύτερη διακύμανση από τον προηγούμενο. Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές μέτριου λεκέ ή επικάθισης έχουν τιμές ίσες με 7,1. Στην συνέχεια οι περιοχές με πολύ έντονη αλλοίωση λόγω επικαθίσεων εμφανίζουν τιμή pH ίση με 7,4,

σημειώνοντας ως μοναδική εξαίρεση το Σημείο 19 το οποίο εμφανίζει τιμή ίση με 7,1. Τέλος, τα επιλεγμένα σημεία τα οποία δείχνουν σχετικά καθαρά, ειδικά με γυμνό μάτι είναι αυτά τα οποία εμφάνισαν μία ανομοιομορφία στις τιμές. Το Σημείο 22 εμφανίζει τιμή pH ίση με 6,2, το Σημείο 15 7,1 και τέλος το Σημείο 5 τιμή ίση με 7,1.

- *Προσδιορισμός χρωματομετρικών παραμέτρων L, a και b πριν τον καθαρισμό.*

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
1a	SCI	36,7	-15,60	22,26	1,175174	0,42	0,11
1b	SCE	36,66	-15,55	22,37	1,221188	0,42	0,14
2a	SCI	19	-3,96	27,9	0,100167	0,01	0,04
2b	SCE	16,7	-3,2	27,29	0,08	0,02	0,12
3a	SCI	27,43	-13,72	25,47	0,065064	0,01	0,036
3b	SCE	26,24	-14,54	28,75	0,07	0,01	0,06
4a	SCI	26,38	0,84	12,26	0,141892	0,01	0,09
4b	SCE	27,08	0,84	11,84	0,130512	0	0,08
5a	SCI	23,31	-12,38	25,51	2,482606	2,04	1,1
5b	SCE	23,81	-12,01	24,70	2,25744	2,12	0,97
6a	SCI	20,44	-10,01	26,75	0,01	0,02	0,02
6b	SCE	21,21	-9,58	25,78	0,01	0,04	0,05
7a	SCI	24,48	-10,23	24,26	0,01	0,01	0,02
7b	SCE	24,96	-9,913	23,42	0,01	0,02	0,03
8a	SCI	39,45	-2,69	12,73	0	0	2,18E-15
8b	SCE	39,78	-2,63	12,62	0,01	0,01	0,01
9a	SCI	17,16	2,79	18,16	0,05	0,01	0,06
9b	SCE	18,22	2,5	17,49	0,05	0,02	0,02
10a	SCI	25,14	-13,76	26,06	0,11	0,05	0,16
10b	SCE	25,44	-13,47	25,41	0,11	0,04	0,09
11a	SCI	25,68	-12,83	25,13	0,03	0,01	0,04
11b	SCE	25,77	-12,71	25,07	0,03	0,01	0,04
12a	SCI	31,46	-16,04	22,3	0,01	0,01	0
12b	SCE	31,34	-16,09	22,63	0,02	0,03	0,02
13a	SCI	31,47	-14,97	22,64	0,01	0,01	0,02
13b	SCE	31,43	-14,96	22,82	0,01	0,02	0,03

14a	SCI	36,74	-16,73	20,48	0	0,02	0,02
14b	SCE	37,16	-16,38	20,08	0,01	0,02	0,01
15a	SCI	23,9	-13,06	26,41	0,02	0,01	0,03
15b	SCE	23,58	-13,22	27,48	0,01	0,03	0,04
16a	SCI	36,61	-19,42	22,52	0,026	0,02	0,04
16b	SCE	37,02	-19,03	22,1	0,01	0,01	0,02
17a	SCI	30,45	-14,69	20,68	0,01	0,01	0,01
17b	SCE	30,90	-14,35	20,2	0,01	0,02	0,01
18a	SCI	34,07	-21,35	25,56	0,03	0,02	0,02
18b	SCE	34,56	-20,86	24,95	0,03	0,03	0,02
19a	SCI	35,59	-21,04	24,16	0,01	0,02	0,01
19b	SCE	36,06	-20,6	23,66	0,01	0,02	0,01
20a	SCI	35,2	-21,57	26,02	0,07	0,04	0,06
20b	SCE	35,7	-21,09	25,41	0,05	0,05	0,03
21a	SCI	15,86	-6,36	25,93	0,02	0,02	0,03
21b	SCE	16,71	-6,21	26,94	0,02	0,05	0,02
22a	SCI	26,63	-15,27	22,45	0,01	0,02	0,01
22b	SCE	27,05	-14,88	21,91	0,01	0,03	0,05
23a	SCI	35,17	-21,33	25,02	0,01	0,01	0,01
23b	SCE	35,62	-20,87	24,5	0	0,01	0,05
24a	SCI	41,61	-11,46	16,92	15,65	6,07	9,51
24b	SCE	50,64	-10,18	15,41	30,97	8,01	11,87

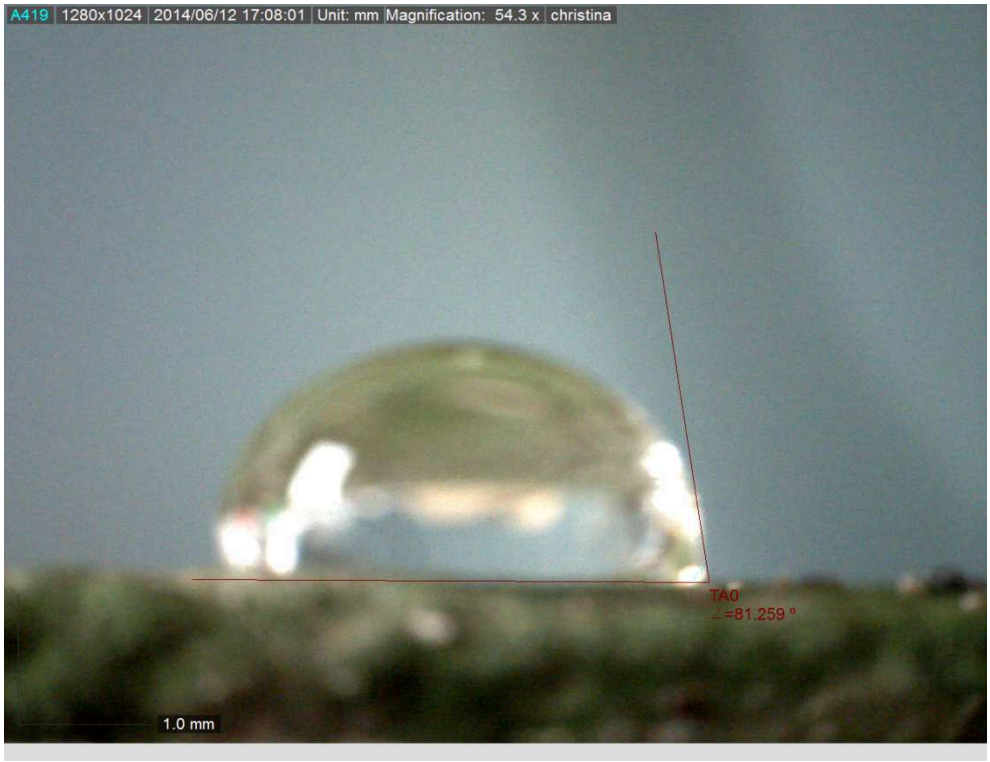
Πίνακας 4: Πίνακας με πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17) –Χρωματομετρία-Πριν τον καθαρισμό

Σύμφωνα με τις τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 και αφορούν τις χρωματομετρικές παραμέτρους L,a,b του πίνακα πράσινης χρωστικής οξειδίου το χρωμίου πρέπει αρχικά να επισημανθεί ότι οι τιμές της λαμπρότητας είναι αρκετά μικρότερες από τον προηγούμενο ζωγραφικό πίνακα. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι η ζωγραφική αυτή επιφάνεια ακόμη και με γυμνό μάτι δείχνει να είναι η πιο λερωμένη και από τις τρεις. Έτσι οι περισσότερες σκουρόχρωμες επικαθίσεις οδηγούν σε σχετικά χαμηλότερα τιμές του L. Όλες οι τιμές του a εμφανίζουν αρνητικό πρόσημο, γεγονός απόλυτα δικαιολογημένο αφού όσο πιο αρνητικό είναι το a τόσο οδηγούμαστε στην πράσινη απόχρωση που είναι και η χρωστική του οξειδίου του χρωμίου που έχουμε στην συγκεκριμένη περίσταση. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι με βάση μόνο αυτό το οποίο είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε περί του χρώματος με γυμνό μάτι θα αναμέναμε ακόμα πιο αρνητικές τιμές. Οι τιμές του b παρουσιάζουν την μικρότερη απόκλιση και είναι σχετικά αναμενόμενες αφού όπως φαίνεται και στην εικόνα 30 στα πέριξ της τιμής του 25 εμφανίζονται κυκλικά οι πράσινες αποχρώσεις.

- *Προσδιορισμός στατικής γωνίας επαφής πριν τον καθαρισμό*

Όπως ακριβώς συνέβη και με την προηγούμενη ζωγραφική επιφάνεια, όλες οι στατικές γωνίες επαφής που προσδιορίστηκαν είναι οξείες γωνίες και συνεπώς μας οδηγούν στην ύπαρξη υδρόφιλων επιφανειών. Η μόνη οριακή εξαίρεση είναι η στατική γωνία επαφής που αφορά μία περιχώ πολύ έντονης επικάθισης. Οι γωνίες μεταξύ τους παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές και όπως και προηγουμένως η μικρότερη γωνία αφορά την υδροφιλικότερη και ταυτοχρόνως καθαρότερη επιφάνεια. Οι φωτογραφίες πάρθηκαν 15 sec μετά την εναπόθεση της σταγόνας στο ζωγραφικό φιλμ.

Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά εικόνες που αποδεικνύουν τα προαναφερθέντα.



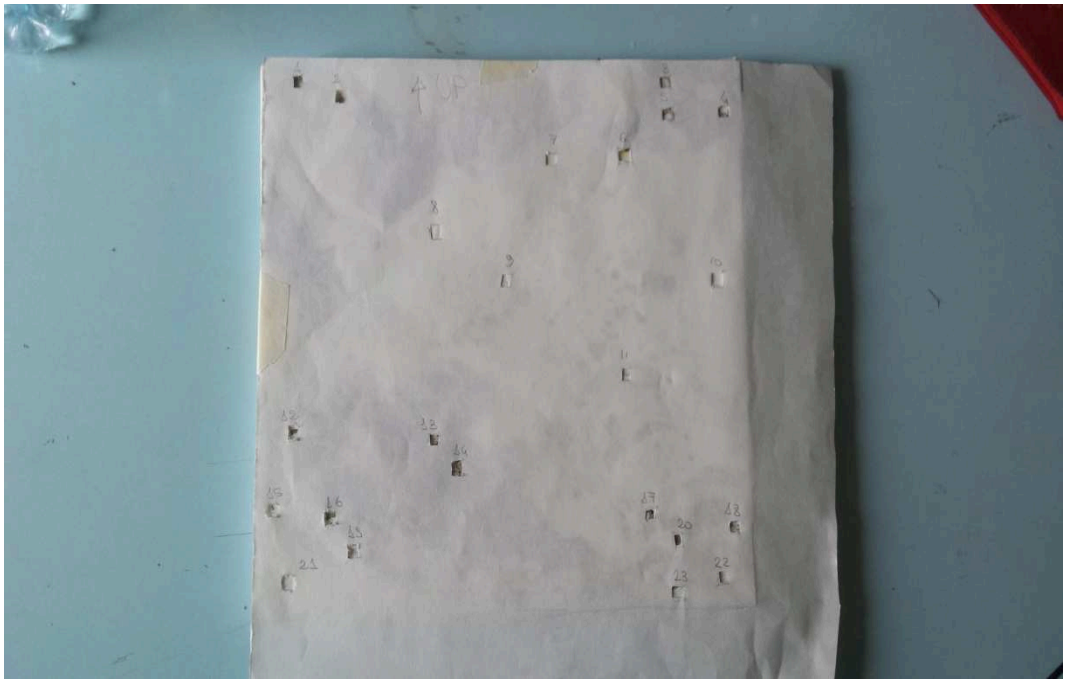
Εικόνα 115: Στατική γωνία επαφής, Καθαρή περιοχή

Εικόνα 116: Στατική γωνία επαφής, Περιοχή επικάθισης

Εικόνα 117: Στατική γωνία επαφής , Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

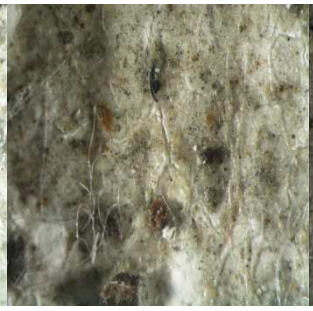
Εικόνα 118: Στατική γωνία επαφής, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

- *Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)*



Εικόνα 119 : Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6) με κάλυμμα

Παρακάτω φαίνονται φωτογραφίες του κάθε σημείου ξεχωριστά έτσι ώστε να γίνει η μορφολογική επισκόπηση των υπό εξέταση σημείων πριν τον καθαρισμό.

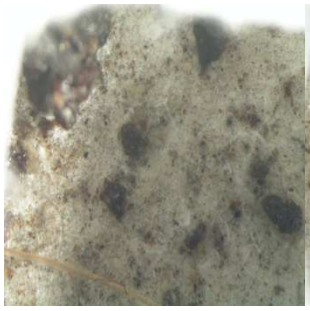


Εικόνα 120: Σημείο 1Λ *Εικόνα 121: Σημείο 2Λ* *Εικόνα122: Σημείο 3Λ*

Εικόνα 123: Σημείο 4Λ *Εικόνα 124: Σημείο 5Λ* *Εικόνα 125: Σημείο 6Λ*

Εικόνα 126: Σημείο 7Λ *Εικόνα 127: Σημείο 8Λ* *Εικόνα 128: Σημείο 9Λ*

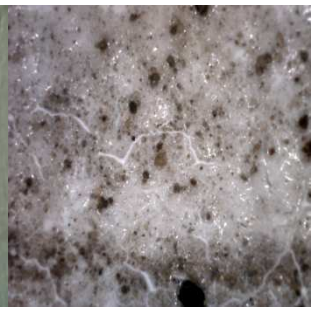
Εικόνα 129: Σημείο 10Λ *Εικόνα 130: Σημείο 11Λ* *Εικόνα 131: Σημείο 12Λ*



Εικόνα 132: Σημείο 13Λ *Εικόνα 133: Σημείο 14Λ* *Εικόνα 134: Σημείο 15Λ*

Εικόνα 135: Σημείο 16Λ *Εικόνα 136: Σημείο 17Λ* *Εικόνα 137: Σημείο 18Λ*

Εικόνα 138: Σημείο 19Λ *Εικόνα 139: Σημείο 20Λ* *Εικόνα 140: Σημείο 21Λ*



Εικόνα 141: Σημείο 22Λ *Εικόνα 142: Σημείο 23Λ*

Σε αυτήν την ζωγραφική επιφάνεια όπως ακριβώς και στις 2 προηγούμενες επιλέχθηκαν σημεία διαφορετικής υφής και εικόνας. Αυτό το οποίο πρέπει να αναφερθεί είναι πως αυτός ο πίνακας σε αντίθεση με τους δύο προηγούμενους εμφανίζει πέρα από επικαθίσεις σημάδια σαν χαρακιές , κάποιες εκ των οποίων φαίνεται να έχουν και βάθος. Πέραν αυτού, κάποια από τα επιλεγμένα σημεία και συγκεκριμένα τα δύο πρώτα φαίνεται να έχουν κάποιες λεπτές ίνες που εξέχουν. Επίσης οι οπές της επιφάνειας φαίνονται περισσότερες και μεγαλύτερες από ότι στους προηγούμενους.

- *Προσδιορισμός ειδικής αγωγιμότητας πριν τον καθαρισμό*

Σημεία	***Αγωγιμότητα-mS/cm***
1	0,773
2	0,643
3	1,993
4	0,643
5	0,883
6	0,573
7	0,085
8	0,583
9	0,833
10	0,323
11	0,793
12	2,293
13	2,293
14	2,293
15	0,793
16	0,373
17	1,193
18	0,006
19	1,013
20	0,178
21	0,049
22	0,029
23	0,363

Πίνακας 5: Πίνακας με λευκό του τιτανίου(PW6)–Μέτρηση αγωγιμότητας πριν τον καθαρισμό

- *Προσδιορισμός pH πριν τον καθαρισμό*

Αρχίζοντας με τις καθαρές περιοχές της ζωγραφικής αυτής επιφάνειας, πρέπει να σημειώσουμε το ότι εμφανίζουν τιμές pH ίσες με 5,1 με μία

απόκλιση της τάξεως του 0,3. Στην συνέχεια, η μέτρηση του pH των περιοχών μέτριου λεκέ έδωσε αποτέλεσμα ίσο με 8,4. Η απόκλιση εδώ είναι 0,2. Οι έντονα αλλοιωμένες περιοχές, οι γεμάτες επικαθίσεις και ρύπους έδωσαν pH ίσο με 7,1 έκτος από το Σημείο 13 που έχει pH ίσο με 7,3 και το Σημείο 2 που έχει pH ίσο με 6,9.

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L,a και b πριν τον καθαρισμό*

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
1a	SCI	72,56	0,92	7,68	0	0	0,01
1b	SCE	72,54	0,95	7,72	0,01	0,01	0,02
2a	SCI	62,66	1,84	11,77	0	0,01	0,02
2b	SCE	62,68	1,87	11,79	0,01	0,01	0,02
3a	SCI	69,85	1,22	11,06	0,28	0,02	0,05
3b	SCE	69,84	1,25	11,08	0,29	0,03	0,05
4a	SCI	81,28	0,25	6,43	0,03	0	0
4b	SCE	81,26	0,28	6,47	0,04	0,02	0,02
5a	SCI	70,1	1	10,56	0,03	0,02	0,02
5b	SCE	69,89	1,04	10,61	0,02	0,02	0,03
6a	SCI	90,14	-1,04	14,43	0,03	0,01	0,01
6b	SCE	90,19	-1,01	14,43	0,02	0,01	0,01
7a	SCI	90	-0,85	13,52	0,01	0,01	0,01
7b	SCE	90,1	-0,83	13,52	0,01	0,02	0,01
8a	SCI	96,36	-0,51	3,42	0,01	0,01	0,03
8b	SCE	96,31	-0,47	3,44	0,01	0,02	0,02
9a	SCI	90,51	0,29	6,14	0	0	0,02
9b	SCE	90,62	0,32	6,17	0,01	0,02	0,03
10a	SCI	95,71	-0,81	2,42	0,01	0,01	0,01
10b	SCE	95,74	-0,78	2,47	0,01	0,02	0,01
11a	SCI	94,86	-0,58	4,07	0,02	0,01	0,02
11b	SCE	94,8	-0,53	4,1	0	0,01	0,02
12a	SCI	59,55	1,8	12,85	0,03	0,02	0,11
12b	SCE	59,49	1,83	12,88	0,03	0,02	0,09
13a	SCI	63,36	2,13	14,49	0,01	0	0,01
13b	SCE	63,3	2,17	14,53	0,01	0,02	0,03
14a	SCI	64,29	2,03	12,71	0,03	0	0,02
14b	SCE	64,22	2,07	12,74	0,03	0,02	0,02

15a	SCI	75,59	0,43	8,22	0,01	0,01	0,01
15b	SCE	75,4	0,48	8,28	0,01	0,02	0,02
16a	SCI	93,08	-0,57	3,76	0,02	0,01	0,01
16b	SCE	93,1	-0,53	3,81	0,01	0,01	0,02
17a	SCI	76,4	0,46	7,7	1,12	0,13	0,63
17b	SCE	76,64	0,48	7,58	1,74	0,18	0,92
18a	SCI	76,2	0,56	7,33	0,24	0,02	0,01
18b	SCE	76,17	0,59	7,38	0,24	0,01	0,01
19a	SCI	86,75	0,02	4,77	0,01	0,01	0
19b	SCE	86,78	0,06	4,84	0,01	0,02	0,02
20a	SCI	16,4	4,1	22	0,42	0,11	0,07
20b	SCE	14,76	4,78	21,69	0,3	0,09	0,09
21a	SCI	94,85	-0,72	2,62	0,01	0,01	0,01
21b	SCE	94,89	-0,67	2,65	0,01	0	0,01
22a	SCI	83,49	0,05	6,39	0,1	0,01	0,04
22b	SCE	83,4	0,09	6,42	0,11	0,02	0,03
23a	SCI	66,38	1,01	10,41	0,08	0,01	0,02
23b	SCE	66,31	1,05	10,42	0,04	0,01	0,03

Πίνακας 6: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6) –Χρωματομετρία-Πριν τον καθαρισμό

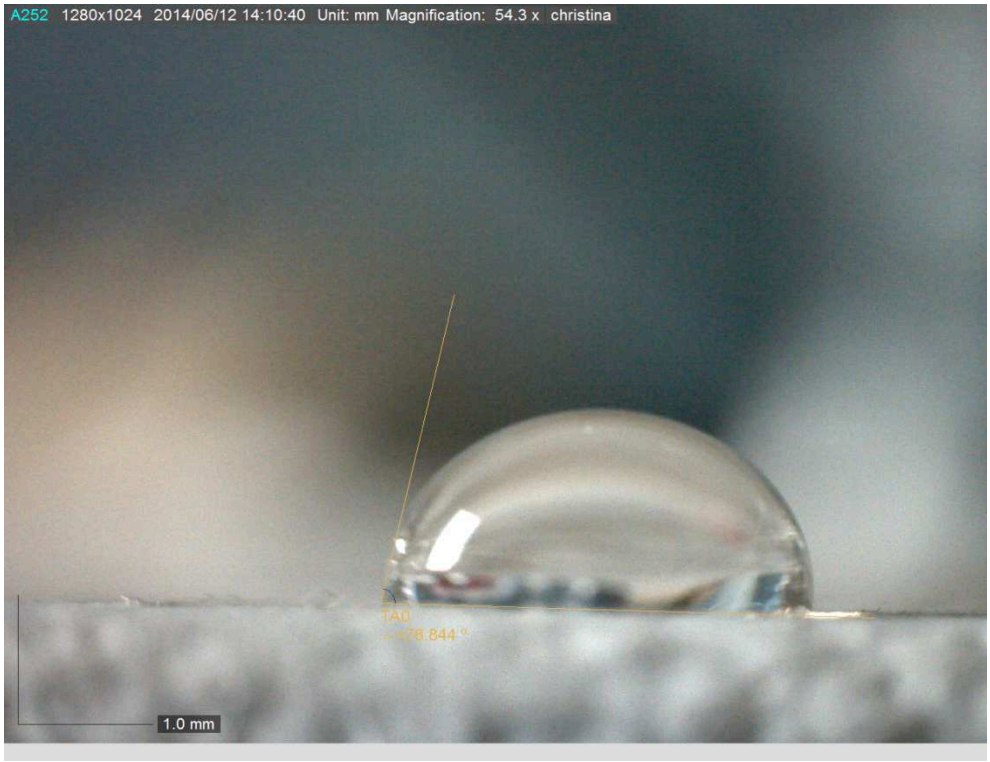
Οι τιμές τη λαμπρότητας L σε αυτήν την ζωγραφική επιφάνεια είναι οι μεγαλύτερες μέχρι στιγμή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ύπαρξη της χρωστικής του λευκού τιτανίου (PW6), η οποία με την λευκή απόχρωση που δημιουργεί στην επιφάνεια της αυξάνει τις τιμές του L. Τόσο οι τιμές της παραμέτρου a όσο και οι τιμές της παραμέτρου b είναι αρκετά χαμηλές γεγονός αναμενόμενο να βάση την λευκή απόχρωση.

- *Προσδιορισμός στατικής γωνίας πριν τον καθαρισμό*

Οι φωτογραφίες που ακολουθούν όπως και οι προηγούμενες πάρθηκαν 15 sec μετά την τοποθέτηση της σταγόνας στην ζωγραφική επιφάνεια. Οι στατικές γωνίες επαφής ξανά αποδεικνύουν αρκετά υδρόφιλα υποστρώματα και παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους. Σίγουρα όσον αφορά τις γωνίες αυτές πρέπει να συνυπολογιστεί το ότι οι τόσο ανομοιογενείς επιφάνειες παρουσιάζουν πολλές και διαφορετικές κλίσεις με αποτέλεσμα οι τελικές μετρήσεις στατικών γωνιών επαφής να εμπεριέχουν μεγάλο ποσοστό σφάλματος. Ειδικά στην περίπτωση του συγκεκριμένου καμβά όπου οι οπές είναι πολλές οι γωνίες ενδεχόμενες να είναι ακόμα πιο εσφαλμένες. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά οι εικόνες:

Εικόνα 13: Στατική γωνία επαφής , Καθαρή Περιοχή

Εικόνα 144: Στατική γωνία επαφής, Περιοχή Επικάθισης



Εικόνα 145: Στατική γωνία επαφής, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

Εικόνα146: Στατική γωνία επαφής , Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

- *Β.5 Καθαρισμός με την χρήση Διαλυτών*

Ο πρώτος τρόπος με τον οποίο έλαβε χώρα η διαδικασία του καθαρισμού των επικαθίσεων, ρύπων και λεκέδων των επιλεγμένων σημείων είναι μέσω της χρήσης διαλυτών. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται όλοι οι διαλύτες οι οποίοι παρασκευάστηκαν κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης διαδικασίας. Προς διευκόλυνση της μελέτης κάθε ένας από αυτούς αριθμήθηκε αλλά ταυτοχρόνως του δόθηκε και μία συντομογραφία. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί το ότι το απιονισμένο νερό το οποίο και χρησιμοποιήθηκε πολλές φορές ως διαλύτης καθαρισμού διαφόρων περιοχών εμφανίζεται με το νούμερο 17 το οποίο δεν εμπεριέχεται στο δοσμένο πίνακα.

Οι διαλύτες που παρασκευάστηκαν εργαστηριακά αποτελούνται από λιγροΐνη (L), ακετόνη (A) και αιθανόλη (E) σε τυχαίες, καταγεγραμμένες αναλογίες σταθερού βέβαια αθροισμάτων κλασμάτων. Δηλαδή το άθροισμα των τριών ποσοστών των ουσιών ισούται με 100%. Το ίδιο προφανώς ισχύει και ως προς το άθροισμα των ποσοστών των τριών παραμέτρων Fd, Fp και Fh που έχουν αναφερθεί και αναλυθεί παραπάνω. Παρακάτω εμφανίζεται ο πίνακας των διαλυτών:

Αριθμός Διαλύτη	***Συντομογραφία Διαλύτη***	***L %***	***A%***	***E%***	***Fd%***	***Fp%***	***Fh%***
1	A	0	100	0	52	29	19
2	E	0	0	100	36	18	46
3	LA8	20	80	0	57	26	17
4	LE9	10	0	90	42	16	42
5	LE6	40	0	60	60	12	28
6	LE8	20	0	80	48	15	37
7	LA6	40	60	0	67	20	13
8	LE7	30	0	70	54	13	33
9	LA1	90	10	0	92	5	3
10	LA2	80	20	0	87	8	5
11	LE2	80	0	20	85	5	10
12	LA4	60	40	0	77	14	9
13	LA3	70	30	0	82	11	7
14	LA5	50	50	0	72	17	11
15	LE5	50	0	50	67	10	23
16	AE2	0	50	50	42	25	33

Πίνακας 7 : Παρασκευή Διαλυτών

Η σημαντική διαπίστωση-παραδοχή που πρέπει να γίνει στο σημείο αυτό είναι η ακόλουθη: Θεωρώντας το μόριο της λιγροΐνης μη πολικό ενώ τα μόρια της ακετόνης και της αιθανόλης πολικά απρωτικά και πρωτικά αντίστοιχα, αναμένεται να επιλεγεί διαλύτης με μεγάλη συγκέντρωση σε ακετόνη ή αιθανόλη για περιοχές με μικρή στατική γωνία επαφή. Αντίθετα, περιοχές οι οποίες εμφανίζουν λίγο εντονότερη γωνία θα καθαριστούν με διαλύτες που εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση σε λιγροΐνη. Έτσι, στην πραγματικότητα ο παραπάνω πίνακας χωρίζεται σε 3 υποπίνακες-υποκατηγορίες. Η πρώτη υποκατηγορία αφορά τους διαλύτες με νούμερα 1-8 , οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για τα σημεία που εμφανίζουν ¨γκρι¨ χρώμα, είναι δηλαδή τα σημεία πιο έκδηλης διαφοροποίησης και τροποποίησης χρώματος και υφής σε σχέση με την αρχική επιφάνεια. Οι διαλύτες με νούμερα 9-13 αφορούν τις καθαρές- ή έστω καθαρότερες-περιοχές του κάθε πίνακα-Πιο συγκεκριμένα τις κίτρινες, πράσινες και λευκές περιοχές αντιστοίχως-. Τέλος οι 3 τελευταίοι διαλύτες με αρίθμηση 14-16 προτιμήθηκαν για περιοχές τόσο γκριζωπής όσο και κιτρινωπής απόχρωσης, δηλαδή σχετικά ηπιότερου λεκέ.

Παρακάτω θα παρατεθούν τα αποτελέσματα για κάθε μία από τις ζωγραφικές επιφάνειες ξεχωριστά. Η διαδικασία καθαρισμού έχει ως εξής: Μέσω της χρήσης απλών βιομηχανικών μπατονετών εμποτισμένων με τον παρασκευασμένο διαλύτη, παρατηρήθηκε και καταμετρήθηκε πόσες ημικυκλικές κινήσεις απαιτήθηκαν έτσι ώστε να επέλθει διαφοροποίηση στην απόχρωση του εξεταζόμενου σημείου. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται είναι δοσμένα σε πλήρεις στροφές- δηλαδή δύο ημικυκλικές αντίρροπες κινήσεις η κάθε μία. Τις στροφές που έγιναν μέχρι να επέλθει το πρώτο αντιληπτό δείγμα διαφοροποίησης χρώματος συνοδεύουν οι νέοι προσδιορισμοί της αγωγιμότητας, του pH, των νέων χρωματικών παραμέτρων, μαζί με την συνολική μεταβολή χρώματος ΔΕ, και φυσικά τις νέες γωνίες στατικής επαφής. Τα ίδια θα μετρηθούν μετά από κάθε καθαρισμό.

Εικόνα 147: Χρήση μπατονέτας

- *Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)*

Παρακάτω θα παρουσιαστούν όλες οι νέες τιμές και οι νέοι προσδιορισμοί που αφορούν αυτήν την ζωγραφική επιφάνεια μετά τον καθαρισμό με το μίγμα διαλυτών.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας και του pHμετά τον καθαρισμό με διαλύτη*

Σημεία	***Αριθμός Διαλύτη***	***Συντομογραφία Διαλύτη***	***Πλήρεις Στροφές***	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
1	17	H20 dis	3	0,583	6,6
2	9	LA1	9	0,069	5,1
3	1	A	2	0,035	6,2
5	3	LA8	1	0,005	7
6	17	H20 dis	11	0,067	5,8
7	2	E	3	0,793	7,8
8	8	LE7	5	0,353	7,1
9	17	H20 dis	4	0,613	6,9
10	6	LE8	6	0,413	7,1
11	10	LA2	2	0,473	2,8
12	17	H20 dis	20	0,042	6,5
18	17	H20 dis	15	0,583	6,8
19	5	LE6	3	0,453	7,3
20	12	LA4	1	0,303	6,7
21	11	LE2	1	0,243	6,9
22	17	H20 dis	25	0,041	7
23	13	LA3	13	0,04	6,2
24	15	LE5	4	0,063	5,7

Πίνακας 8: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74),καθαρισμός με διαλύτες

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L, a καιb καθώς και της συνολικής μεταβολής χρώματος ΔEab μετά τον καθαρισμό με διαλύτη*

Οι παράμετροι L, a και b, μετά τον καθαρισμό, παραθέτονται παρακάτω.

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
1a	SCI	101,06	7,43	140,67	0,04	0,02	0,05
1b	SCE	100,81	7,49	139,92	0,03	0,02	0,08
2a	SCI	106,43	4,31	142,21	0,03	0,02	0,05
2b	SCE	106,2	4,39	141,65	0,03	0,02	0,05
3a	SCI	95,62	7,37	126,87	0,01	0,02	0,02
3b	SCE	95,32	7,41	126,53	0,01	0,01	0,04
5a	SCI	95,12	8,05	130,34	0,01	0,02	0,03
5b	SCE	94,84	8,1	129,82	0,01	0,03	0,08
6a	SCI	94,28	7,53	128,2	0,01	0,01	0,04
6b	SCE	93,97	7,58	127,86	0,01	0,01	0,11
7a	SCI	93,84	8,02	128,32	0,04	0,03	0,11
7b	SCE	93,58	8,06	127,45	0,04	0,02	0,1
8a	SCI	88,73	10,77	108,99	0,01	0,02	0,03
8b	SCE	88,38	10,82	109	0,01	0,01	0,09
9a	SCI	98,57	9,69	74,18	0,06	0,02	0,2
9b	SCE	98,21	9,73	74,06	0,05	0,01	0,16
10a	SCI	87,58	11,07	114,29	0,03	0,02	0,1
10b	SCE	87,15	11,12	115,44	0,03	0,01	0,05
11a	SCI	92,12	7,53	126,91	0,01	0,02	0,07
11b	SCE	91,81	7,57	126,82	0,02	0,02	0,13
12a	SCI	96,69	6,24	132,96	0,01	0,01	0,03
12b	SCE	96,42	6,29	132,32	0	0,01	0,02
18a	SCI	37,78	-11,5	20,6	0,03	0,02	0,02
18b	SCE	37,45	-11,56	20,83	0,03	0,01	0,02
19a	SCI	46,19	-22,19	24,12	0,31	0,04	0,11
19b	SCE	46,04	-22,1	24,06	0,26	0,04	0,1
20a	SCI	34,6	-11,97	21,41	0,06	0,02	0,05
20b	SCE	34,54	-11,92	21,3	0,05	0,01	0,03
21a	SCI	46,59	-24,78	27,93	0,01	0,01	0,01
21b	SCE	46,56	-24,63	27,76	0,01	0,03	0,03
22a	SCI	47,86	-26,09	27,11	0,01	0,02	0,01
22b	SCE	47,82	-25,93	26,98	0,01	0,01	0,01
23a	SCI	46,4	-22,24	25,36	0,01	0,01	0,02
23b	SCE	46,33	-22,14	25,28	0,02	0,02	0,04

24a	SCI	48,28	-23,59	24,8	0,05	0,02	0,01
24b	SCE	48,09	-23,56	24,84	0,04	0,01	0,03

Πίνακας 9 : Κίτρινη αζω-χρωστική (PY74),Καθαρισμός με διαλύτες- Χρωματομετρία

Αρχικά σε πολλά σημεία παρατηρείται αύξηση των τιμών της παραμέτρου λαμπρότητας L. Αυτό το γεγονός έχει δύο αιτιολογήσεις, η πρώτη υπαγορεύει το ότι αυτό συνέβη λόγω του ότι σε πολλά σημεία υπήρξε αποτέλεσμα στον καθαρισμό και όντως απομακρύνθηκαν κάποιοι ρύποι και επικαθίσεις με αποτέλεσμα να αυξηθεί η λαμπρότητα. Η δεύτερη εξήγηση έχει να κάνει με άκρως ανεπιθύμητα αποτελέσματα σε περίπτωση που μιλάμε για αληθινά έργα τέχνης και ειδικά μεγάλης αισθητικής αξίας. Κατά την λογική αυτή το L αυξήθηκε λόγω φαινομένων αποχρωματισμού. Σε ότι έχει να κάνει με τις άλλες δύο παραμέτρους, εντονότερες διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται στο a.

Η συνολική μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί:

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔΕ*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab***
1a	SCI	39,1	0,02
1b	SCE	38,86	0,01
2a	SCI	27,76	0,04
2b	SCE	27,93	0,05
3a	SCI	43,02	0,05
3b	SCE	43,1	0,06
5a	SCI	43,1	0,03
5b	SCE	42,94	0,04
6a	SCI	75,74	0,02
6b	SCE	76,21	0,12
7a	SCI	52,56	0,23
7b	SCE	51,94	0,19
8a	SCI	30,2	0,02
8b	SCE	29,94	0,05
9a	SCI	35,4	0,03
9b	SCE	36,21	0,04
10a	SCI	77,16	47,29
10b	SCE	77,71	48,19
11a	SCI	35,23	2,07
11b	SCE	35,58	1,99
12a	SCI	32,78	0,05
12b	SCE	32,83	0,07

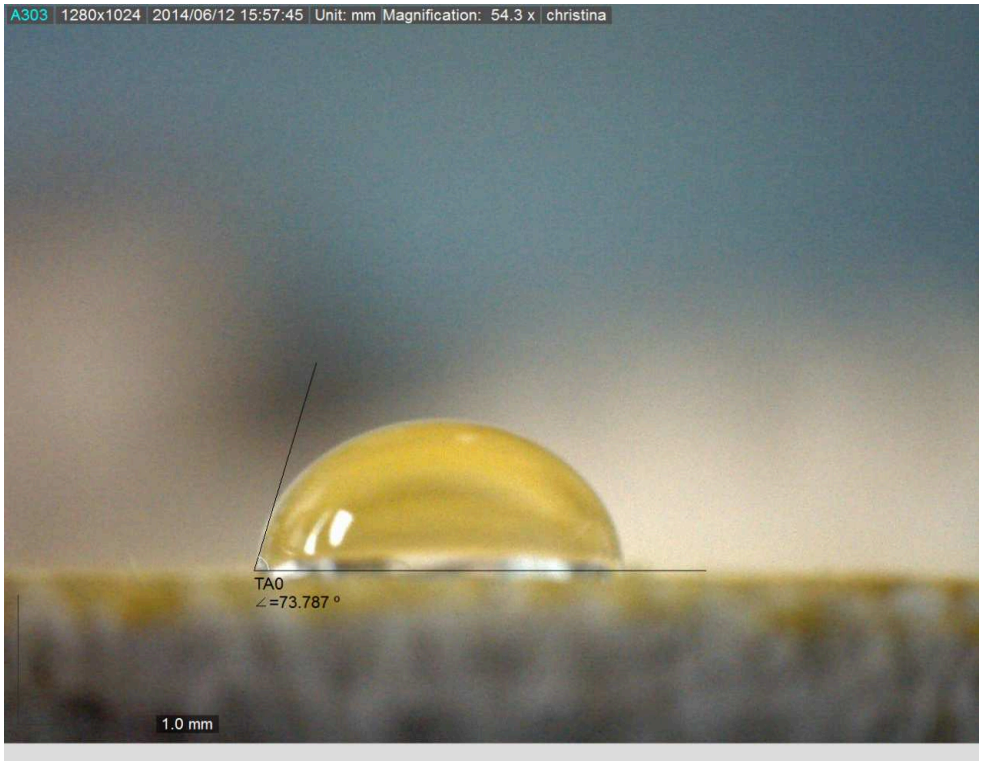
18a	SCI	26,73	0,03
18b	SCE	27,18	0,07
19a	SCI	22,26	0,03
19b	SCE	21,82	0,05
20a	SCI	38,31	0,05
20b	SCE	39,14	0,07
21a	SCI	24,78	0,01
21b	SCE	24,88	0,02
22a	SCI	36,05	0,12
22b	SCE	36,56	0,15
23a	SCI	31,24	0,05
23b	SCE	31,25	0,02
24a	SCI	27,73	0,35
24b	SCE	27,64	0,35

Πίνακας 10: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74),Καθαρισμός με διαλύτες- ΔΕ

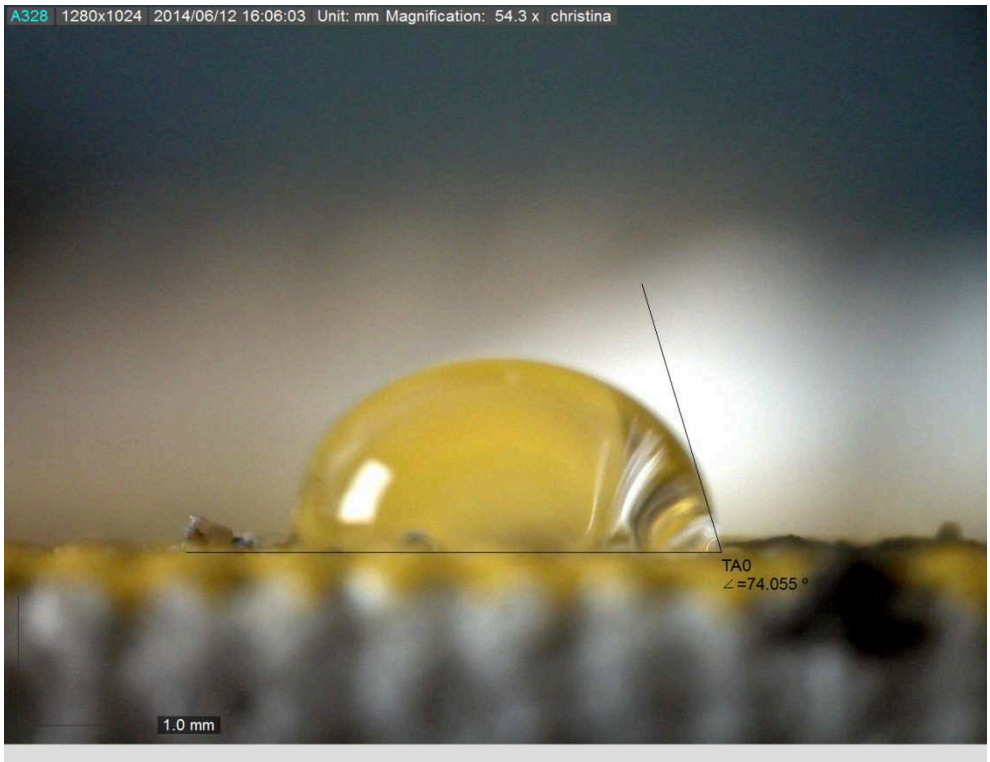
Οι τιμές της συνολικής μεταβολής χρώματος κάνει σαφή την ύπαρξη αποτελεσμάτων μετά την διαδικασία καθαρισμού με τα μίγματα των διαλυτών. Τα σημεία 10 και 6 που καθαρίστηκαν με τους διαλύτες 6 και 17 αντίστοιχα παρουσίασαν σημαντικότερες χρωματικές διαφορές. Φαίνεται πως τα μίγματα διαλυτών με υψηλό ποσοστό αιθανόλης είναι αποτελεσματικότεροι.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον καθαρισμό με διαλύτη*

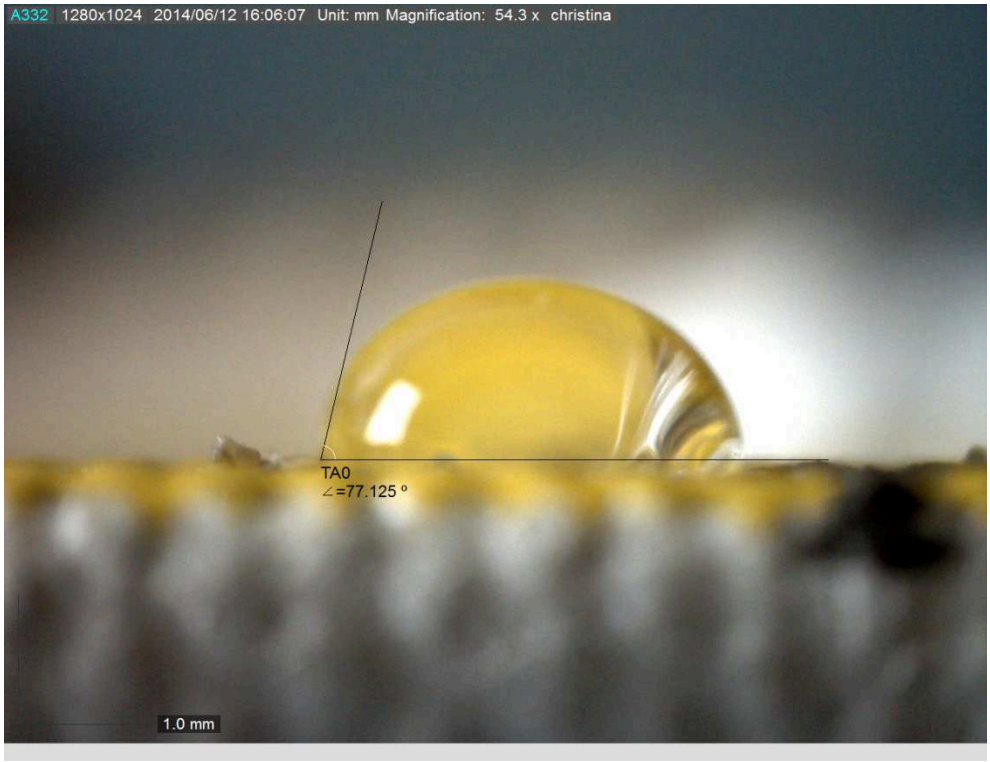
Ως προς τις στατικές γωνίες επαφής τώρα, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες εικόνες, κάθε μία εκ των οποίων αφορούν μία εκ των χαρακτηριστικών ομάδων της επιφάνειας του πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, μια εκ των σχετικά καθαρών περιοχών, μία από περιοχή επικάθισης, μία από παχύρευστο στρώμα χρώματος και τέλος μία που προέρχεται από περιοχή μέτρια έντονου λεκέ. Το ίδιο ακριβώς θα συμβεί και στους δύο ζωγραφικούς καμβάδες. Φαίνεται πως σε όλες τις περιπτώσεις η γωνίες επαφής έχουν μειωθεί αυξάνοντας τον υδρόφιλο χαρακτήρα των επιφανειών. Στην πραγματικότητα όμως οι διαφοροποιήσεις είναι τόσο μικρές που ελάχιστα θα επηρεάζουν την επιφάνεια.



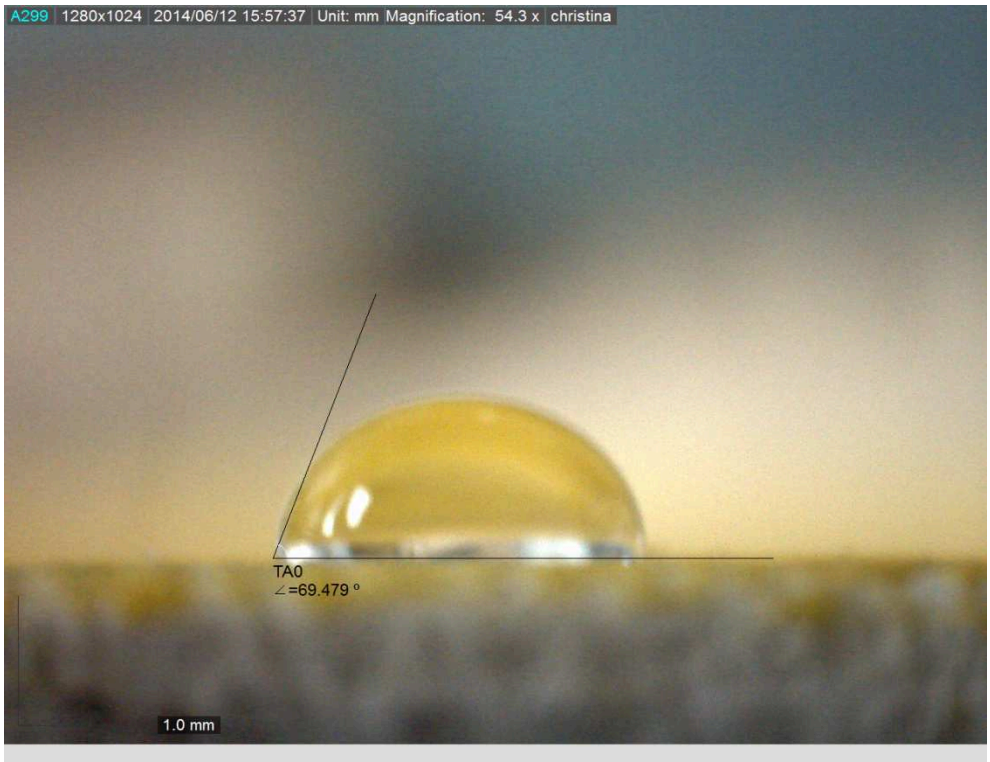
Εικόνα 148: Στατική γωνία επαφής, μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Καθαρή περιοχή



Εικόνα 149: Στατική γωνία επαφής, μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή επικάθισης

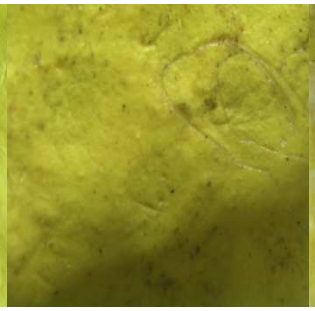


Εικόνα 150: Στατική γωνία επαφής, μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

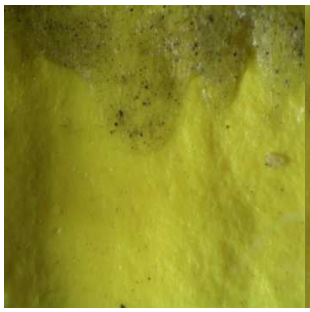
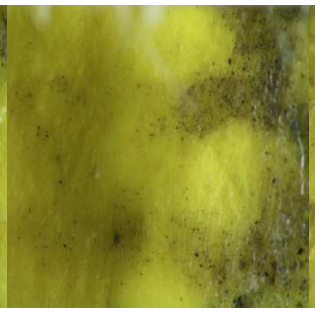
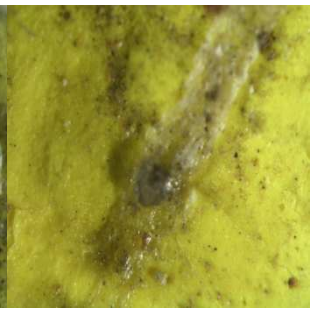


Εικόνα 151: Στατική γωνία επαφής, μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

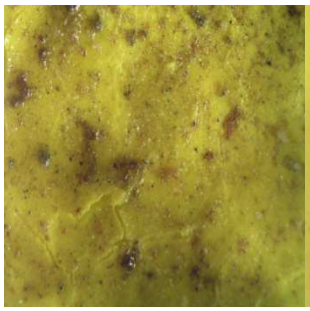
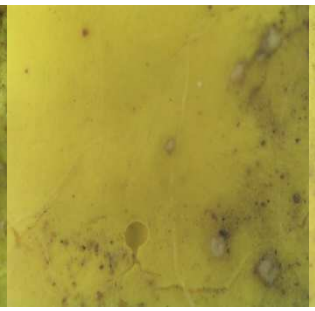
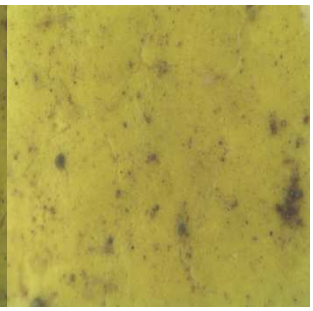
Η νέα μορφολογική επισκόπηση των σημείων που καθαρίστηκαν με διαλύτη φαίνεται ακριβώς παρακάτω:



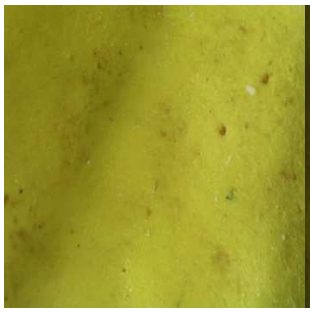
Εικόνα 152: Σημείο 1K *Εικόνα 153: Σημείο 2K* *Εικόνα154: Σημείο 3K*

Εικόνα 155: Σημείο 5K *Εικόνα 156: Σημείο 6K* *Εικόνα157: Σημείο 7K*

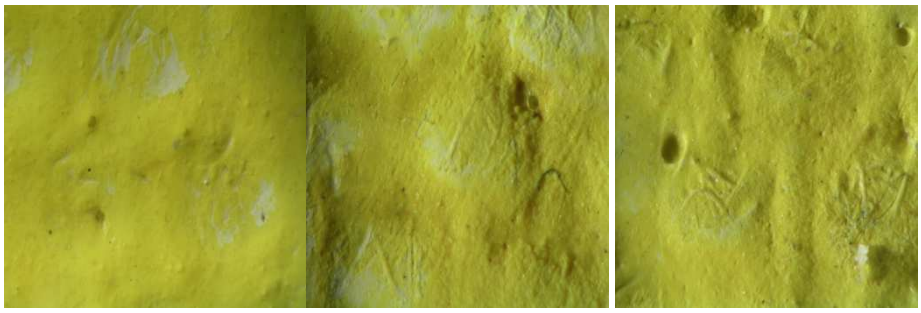




Εικόνα 158: Σημείο 8K *Εικόνα 159: Σημείο 9K* *Εικόνα160: Σημείο 10K*



Εικόνα 161: Σημείο 11Κ Εικόνα 162: Σημείο 12Κ Εικόνα163: Σημείο 18Κ

Εικόνα 164: Σημείο 19Κ Εικόνα 165: Σημείο 20Κ Εικόνα166: Σημείο 21Κ



Εικόνα 167: Σημείο 22Κ Εικόνα 168: Σημείο 23Κ Εικόνα169: Σημείο 2Κ

Όλες οι εικόνες φαίνονται έστω και λίγο καθαρότερες, ιδιαίτερη προσοχή όμως πρέπει να αποδοθεί στα σημεία 1, 22 και 23 λόγω του αποχρωματισμού που παρατηρείται. Στις πραγματικές επεμβάσεις συντήρησης κάτι τέτοιο θεωρείται καταστροφικό. Ειδικά το H20 dis φαίνεται πως στις εφαρμογές του έχει έντονη δράση κατά του χρώματος της επιφάνειας.

- *Πίνακας με πράσινο του χρωμίου (PG17)*

Στο τμήμα αυτό θα παρατεθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την δεύτερη ζωγραφική επιφάνεια μετά από τον καθαρισμό με μίγμα διαλυτών.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας και του pH μετά τον καθαρισμό με διαλύτη*

Σημεία	***Αριθμός Διαλύτη***	***Συντομογραφία Διαλύτη***	***Πλήρεις Στροφές***	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
1	12	LA4	4	0,253	7,2
2	2	E	9	0,943	7,2
4	9	LA1	10	0,166	6,9

5	14	LA5	5	0,064	7,5
6	17	H20 dis	13	0,293	6,2
7	1	A	4	1,063	6,6
9	8	LE7	2	1,263	6,1
11	11	LE2	3	0,353	5,7
13	17	H20 dis	12	0,723	7,6
15	13	LA3	5	0,683	3,3
17	17	H20 dis	17	0,082	6
21	7	LA6	5	0,803	8,3
22	17	H20 dis	18	0,084	7
23	12	LA4	7	0,125	7,2

Πίνακας 11: Πίνακας με πράσινο του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με διαλύτες

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L, a καιb καθώς και της συνολικής μεταβολής χρώματος (ΔΕ) μετά τον καθαρισμό με διαλύτες*

Οι χρωματικοί παράμετροι που προσδιορίστηκαν μετά τον καθαρισμό με διαλύτες παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
1a	SCI	44,89	-26,06	29,29	0,16	0,04	0,12
1b	SCE	44,85	-25,88	29,11	0,14	0,04	0,13
2a	SCI	40,02	-15,53	21,63	0,02	0,01	0,01
2b	SCE	40,05	-15,38	21,42	0,01	0,02	0,02
4a	SCI	44,21	-25,53	28,15	0,18	0,04	0,12
4b	SCE	44,16	-25,36	27,98	0,14	0,03	0,12
5a	SCI	46,95	-25,3	25,86	0,01	0,01	0,02
5b	SCE	46,85	-25,2	25,8	0,01	0,03	0,03
6a	SCI	46,46	-25,1	26,62	0,01	0,01	0
6b	SCE	46,42	-24,93	26,48	0,01	0,01	0,01
7a	SCI	41,52	-19,7	24,95	0	0,01	0,01
7b	SCE	41,24	-19,75	25,15	0,01	0,02	0,03
9a	SCI	45,61	-22,22	24,44	0,02	0,02	0,02
9b	SCE	45,24	-22,35	24,73	0,02	0,03	0,02
11a	SCI	46,25	-26,32	27,89	0,01	0,01	0,01
11b	SCE	46,24	-26,14	27,71	0,01	0,01	0,04
13a	SCI	47,77	-24,77	26,1	0,02	0,01	0,02
13b	SCE	47,7	-24,65	26	0,02	0,01	0,01
15a	SCI	46,75	-27,01	28,45	0	0,01	0,01
15b	SCE	46,72	-26,84	28,29	0	0,01	0,02

17a	SCI	47,68	-26,42	27,74	0,01	0,01	0
17b	SCE	47,64	-26,25	27,6	0,01	0,02	0,02
21a	SCI	46,59	-24,78	27,93	0,01	0,01	0,01
21b	SCE	46,56	-24,63	27,76	0,01	0,03	0,03
22a	SCI	47,86	-26,09	27,11	0,01	0,02	0,01
22b	SCE	47,82	-25,93	26,98	0,01	0,01	0,01
23a	SCI	46,4	-22,24	25,36	0,01	0,01	0,02
23b	SCE	46,33	-22,14	25,28	0,02	0,02	0,04

Πίνακας 12: Πίνακας με πράσινο του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με διαλύτες-Χρωματομετρία

Η συνολική μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) παρουσιάζεται στον Πίνακα 13.

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔΕ*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab***
1a	SCI	15,04	0,9
1b	SCE	14,82	0,94
2a	SCI	24,81	0,09
2b	SCE	26,99	0,05
4a	SCI	35,58	0,03
4b	SCE	35,19	0,04
5a	SCI	25,14	0,01
5b	SCE	24,87	0,02
6a	SCI	30,07	0,01
6b	SCE	29,53	0,03
7a	SCI	19,51	0,01
7b	SCE	19,1	0,03
9a	SCI	38,39	0,03
9b	SCE	37,41	0,05
11a	SCI	24,75	0,02
11b	SCE	24,62	0,01
13a	SCI	19,33	0,01
13b	SCE	19,2	0,02
15a	SCI	26,85	0,02
15b	SCE	26,86	0,02
17a	SCI	22,01	0,01
17b	SCE	21,82	0,03
21a	SCI	35,88	0,03
21b	SCE	35,08	0,06
22a	SCI	24,27	0,01
22b	SCE	24,06	0,03

23a	SCI	11,28	0,01
23b	SCE	10,81	0,02

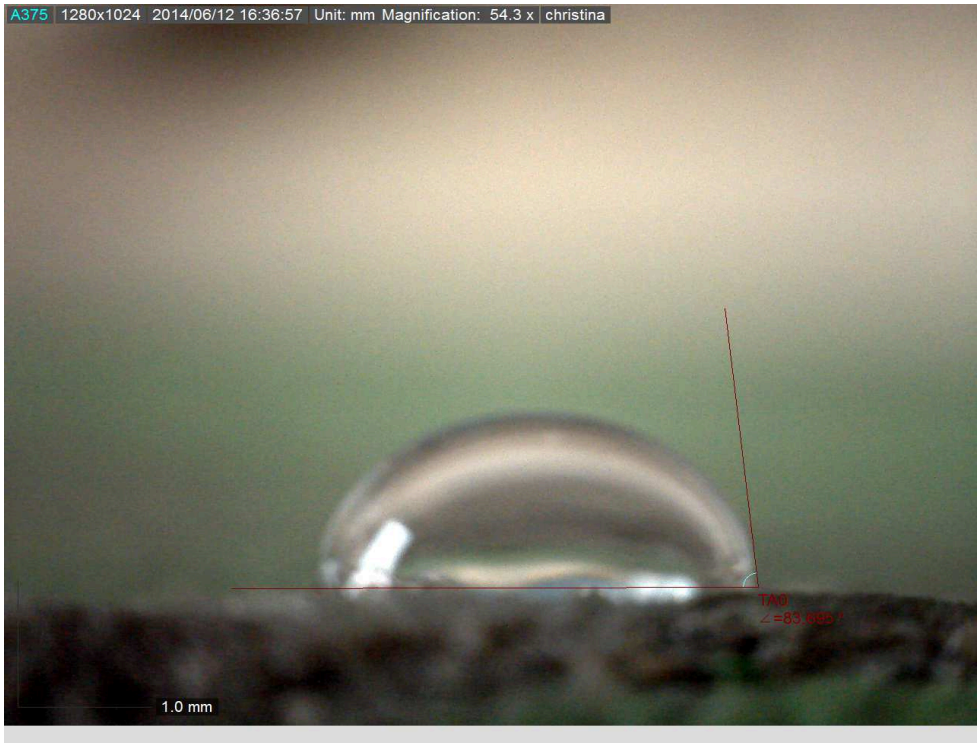
Πίνακας 13: Πίνακας με πράσινο του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με διαλύτες- ΔΕ

Οι τρεις χρωματικοί παράμετροι L, a και b έχουν μεταβληθεί αλλά όχι ιδιαίτερα πολύ. Αυτό θα αιτιολογηθεί ίσως μέσω των φωτογραφιών της μορφολογικής απεικόνισης, μέσω της οποίας ενδεχομένως να φανεί πως τα μίγματα των διαλυτών δεν κατάφεραν να επιφέρουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις. Η συνολική μεταβολή χρώματος (ΔΕ) δεν είναι τόσο έντονη όσο στην προηγούμενη ζωγραφική επιφάνεια.

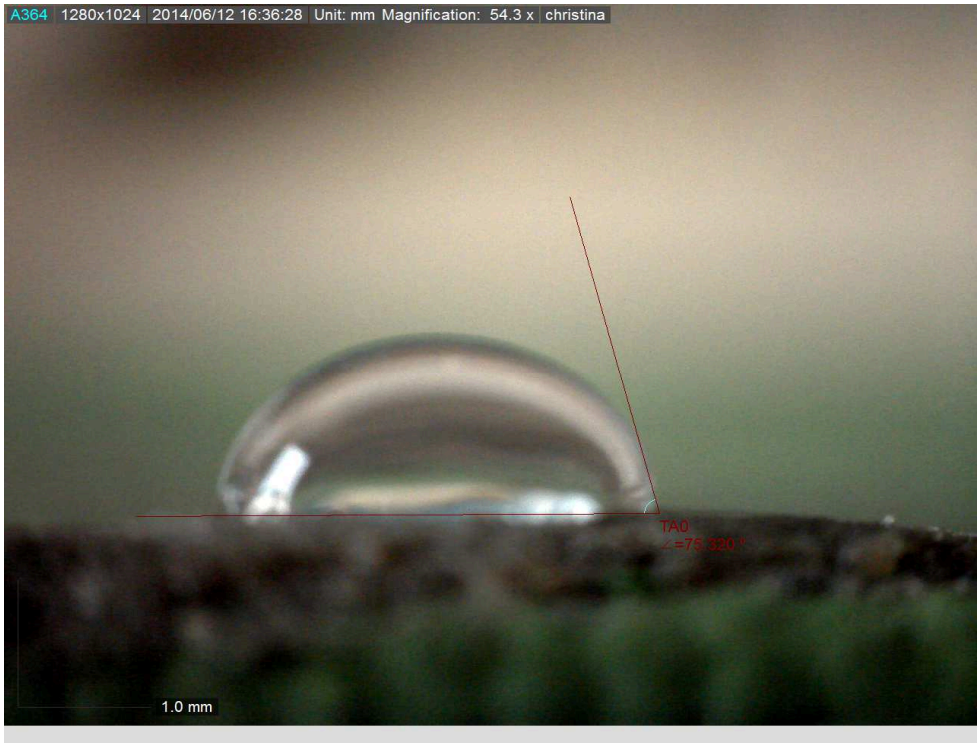
- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον καθαρισμό με διαλύτη*

Οι φωτογραφίες που ακολουθούν αποδεικνύουν πως για άλλη μία φορά οι μεταβολές των γωνιών είναι ελάχιστες. Η υδροφιλία της επιφάνειας παραμένει.

Εικόνα 170: Πράσινο του χρωμίου (PG17),μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Καθαρή περιοχή



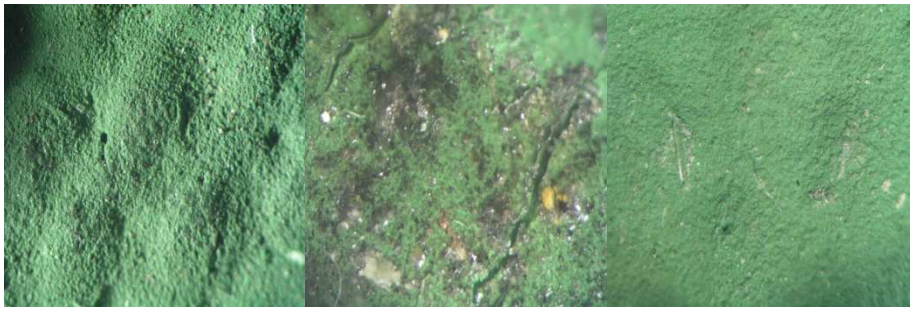
Εικόνα 171: Πράσινο του χρωμίου (PG17)-μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή επικάθισης



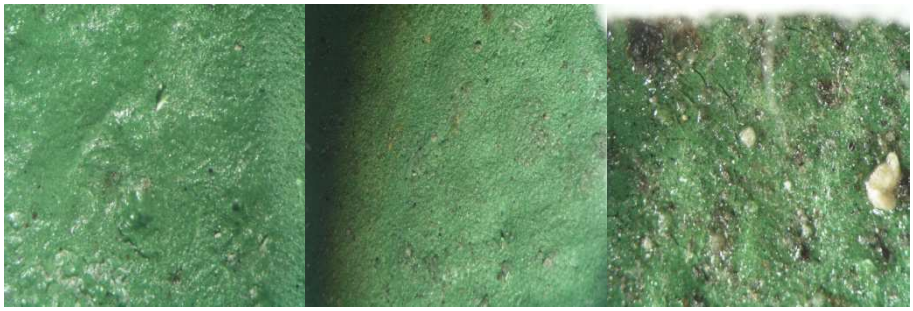
Εικόνα 172: Πράσινο του χρωμίου (PG17)- -μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

Εικόνα 173: Πράσινο του χρωμίου (PG17)--μετά τον καθαρισμό με Διαλύτες, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ.

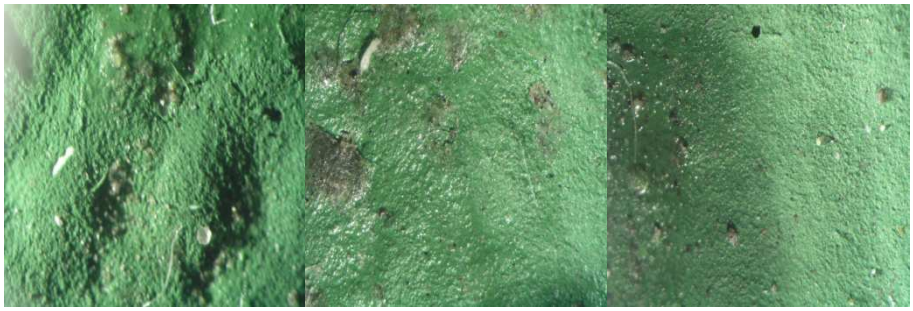
Ακολουθεί η μορφολογική επισκόπηση του Πράσινο του χρωμίου (PG17)μετά την πραγματοποίηση της διαδικασίας καθαρισμού με τα μίγματα των διαλυτών.



Εικόνα 174: Σημείο 1Π *Εικόνα 175: Σημείο 2Π* *Εικόνα176: Σημείο 4Π*



Εικόνα 177: Σημείο 5Π *Εικόνα 178: Σημείο 6Π* *Εικόνα179: Σημείο 7Π*



Εικόνα 180: Σημείο 9Π *Εικόνα 181: Σημείο 11Π* *Εικόνα182: Σημείο 13Π*

Εικόνα 183: Σημείο 15Π *Εικόνα 184: Σημείο 71Π* *Εικόνα185: Σημείο 21Π*

Εικόνα 186: Σημείο 22Π *Εικόνα 187: Σημείο 23Π*

Στην περίπτωση αυτή κυρίως μέσω των φωτογραφιών μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο καθαρισμός ήταν αποτελεσματικός. Κυρίως τα σημεία 1,2, 4, 6 και 7 τα οποία καθαρίστηκαν με τους διαλύτες. Ειδικά ο διαλύτης 2 που αποτελείται από σκέτη λιγροΐνη φαίνεται να παρουσιάζει την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

- *Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)*

Στο τμήμα αυτό θα παρατεθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την δεύτερη ζωγραφική επιφάνεια μετά από τον καθαρισμό με μίγμα διαλυτών.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας και του pH μετά τον καθαρισμό με διαλύτη*

Σημεία	***Αριθμός Διαλύτη***	***Συντομογραφία Διαλύτη***	***Πλήρεις Στροφές***	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
1	17	H20 dis	16	0,353	5,9
2	14	LA5	11	1,113	7,2
3	7	LA6	14	1,433	7,7
6	1	A	19	2,593	6,8
7	15	LE5	13	0,069	8,1
9	17	H20 dis	19	0,803	9,4
10	13	LA3	13	0,1	6,5
13	8	LE7	12	148,993	5,6
15	12	LA4	8	0,171	8
17	2	E	10	1,233	8,1
19	3	LA8	9	0,503	6,6
21	9	LA1	6	0,083	7,7
22	17	H20 dis	16	0,077	8,5

Πίνακας 14: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Καθαρισμός με διαλύτες

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L, a και b καθώς και της συνολικής μεταβολής χρώματος ΔEab μετά τον καθαρισμό με διαλύτες*

Ως προς την χρωματομετρία τώρα προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
1a	SCI	99,45	-0,22	5,2	0,01	0,01	0,01
1b	SCE	99,04	-0,16	5,26	0,01	0,02	0,02
2a	SCI	96,26	0,15	8,7	0,01	0	0,02
2b	SCE	95,82	0,21	8,74	0,01	0,01	0,01
3a	SCI	99,78	-0,57	3,63	0,01	0,01	0,01
3b	SCE	99,37	-0,52	3,69	0,01	0,01	0,01
6a	SCI	107,69	-2,97	30,6	0,03	0,02	0,01
6b	SCE	107,31	-2,9	30,72	0,02	0,03	0,01
7a	SCI	114,31	-1,76	13,41	0,01	0,01	0,02

7b	SCE	114,04	-1,71	13,55	0,01	0,02	0,02
9a	SCI	117,5	-1,67	1,88	1,96	0,04	1,68
9b	SCE	117,24	-1,65	1,94	1,97	0,04	1,7
10a	SCI	119,75	-1,71	-0,07	0,01	0,01	0,01
10b	SCE	119,5	-1,69	-0,03	0	0,01	0,01
13a	SCI	104,93	-0,16	3,85	0,02	0,02	0,01
13b	SCE	104,57	-0,11	3,91	0,01	0,02	0,02
15a	SCI	118,04	-1,57	1,05	0	0	0,01
15b	SCE	117,8	-1,54	1,11	0,01	0,01	0,01
17a	SCI	93,39	-0,66	3,06	0,03	0,01	0,01
17b	SCE	93,03	-0,61	3,09	0,02	0,02	0,01
19a	SCI	114,78	-1,05	1,36	0,01	0,01	0,02
19b	SCE	114,47	-1	1,42	0,01	0	0
21a	SCI	117,91	-1,57	0,52	0,05	0,02	0,02
21b	SCE	117,62	-1,53	0,58	0,04	0,02	0,01
22a	SCI	108,64	-0,98	4,79	0,01	0,01	0,02
22b	SCE	108,2	-0,93	4,88	0,01	0,01	0,01

Πίνακας 15: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Καθαρισμός με διαλύτες-Χρωματομετρία

Η συνολική μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) παρουσιάζεται στον Πίνακα 16.

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔΕ*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab***
1a	SCI	27,03	0,01
1b	SCE	26,64	0,01
2a	SCE	33,33	0,01
2b	SCI	32,92	1,48
3a	SCI	30,9	0,28
3a	SCE	30,5	0,28
6a	SCI	23,95	0,02
6a	SCE	23,71	0,01
7a	SCI	24,33	0,01
7a	SCE	23,96	0,02
9a	SCI	26,15	0,02
9a	SCE	25,78	0,02
10a	SCI	24,19	0,01
10a	SCE	23,92	0,01
13a	SCI	42,97	0,02
13a	SCE	42,68	0,02
15a	SCI	43,1	0,02
15a	SCE	43,05	0,02
17a	SCI	17,66	1,27

17a	SCE	17,04	1,94
19a	SCI	28,26	0,01
19a	SCE	27,93	0,01
21a	SCI	23,18	0,06
21a	SCE	22,85	0,04
22a	SCI	25,22	0,1
22a	SCE	24,87	0,11

Πίνακας 16: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Καθαρισμός με διαλύτες- ΔΕ

Όπως ήταν αναμενόμενο λόγω της χρωστικής λευκό του τιτανίου, οι τιμές της λαμπρότητας L είναι πολύ υψηλές, και μάλιστα αρκετά υψηλότερες από τις αντίστοιχες του πριν το καθαρισμό με τα μίγματα διαλυτών. Τόσο η ίδια η απόχρωση της χρωστικής όσο και τα αποτελέσματα του καθαρισμού μέσω της απομάκρυνσης ρύπων και επικαθίσεων συνέβαλαν σε αυτό το γεγονός. Οι μεταβολές των άλλων δύο χρωματικών παραμέτρων είναι ανεπαίσθητες. Τέλος η συνολική μεταβολή του χρώματος παρότι είναι έκδηλη δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές τιμές.

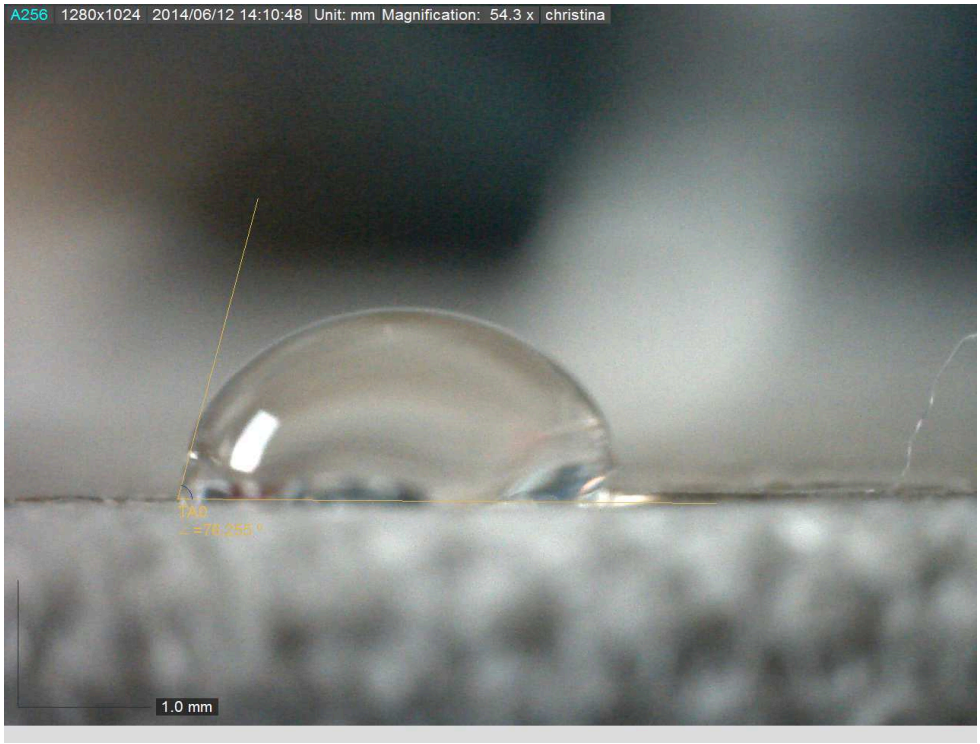
- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον καθαρισμό με διαλύτες*

Ως προς τις στατικές γωνίες επαφής δεν έχουμε την παρουσία ιδιαίτερων διαφοροποιήσεων. Γωνίες οξείες, με μικρές διαφορές μεταξύ τους και ελάχιστα μικρότερες σε σχέση με πριν τον καθαρισμό εμφανίζονται στο φωτογραφικό υλικό που ακολουθεί.

Εικόνα 188: Στατική γωνία επαφής- Μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Καθαρή περιοχή

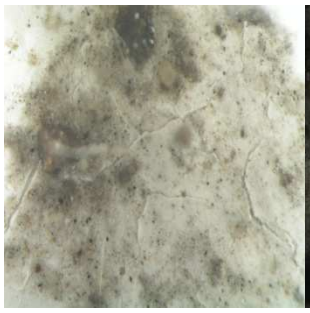
Εικόνα 189: Στατική γωνία επαφής- Μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή επικάθισης

Εικόνα 190: Στατική γωνία επαφής- Μετά τον καθαρισμό με Διαλύτη, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος



Εικόνα 191: Στατική γωνία επαφής- Μετά τον καθαρισμό με Διαλύτες, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

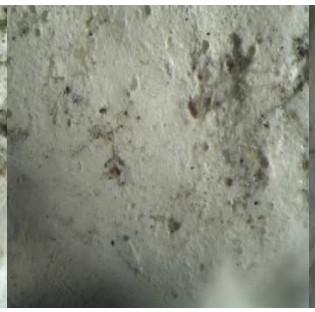
Ακολουθεί η μορφολογική τεκμηρίωση των σημείων μετά τον καθαρισμό.



Εικόνα 192: Σημείο 1Λ *Εικόνα 193: Σημείο 2Λ* *Εικόνα 194: Σημείο 3Λ*

Εικόνα 195: Σημείο 6Λ *Εικόνα 196: Σημείο 7Λ* *Εικόνα197: Σημείο 9Λ*

Εικόνα 198: Σημείο 10Λ *Εικόνα 199: Σημείο 13Λ* *Εικόνα200: Σημείο 15Λ*



Εικόνα 201: Σημείο 17Λ *Εικόνα 202: Σημείο 19Λ* *Εικόνα203: Σημείο 21Λ*

Εικόνα 204: Σημείο 22Λ

Παρατηρώντας τις εικόνες που παρατέθηκαν παραπάνω καταλήγουμε στο ότι σε αυτόν τον ζωγραφικό καμβά τα αποτελέσματα του καθαρισμού μέσω των μιγμάτων των διαλυτών είναι λιγότερο έντονα από ότι στους δύο προηγούμενους πίνακες. Εμφανή εξαίρεση αποτελεί το σημείο 22 το οποίο καθαρίστηκε με απιονισμένο νερό.

- *Β.6 Καθαρισμός με χρήση άγαρ, πεκτινάσης, κόμμι ξανθάνης*

Τα υλικά καθαρισμού σε αυτό το στάδιο ήταν τα ακόλουθα: άγαρ, πεκτινάση (pectinase), κόμμι ξανθάνης (xanthan gum). Εργαστηριακά παρασκευάστηκαν 50 mL διαλύματος άγαρ περιεκτικότητας 4,5 % w/v. Επίσης παρασκευάστηκαν 25 mL πεκτινάσης και 25 mL από το κόμμι ξανθάνης. Και τα δύο είχαν περιεκτικότητα ίση με 5% w/v. Πρέπει να σημειωθεί ότι απαιτήθηκε πάρα πολύ καλή ανάδευση ειδικά για την περίπτωση της πεκτινάσης. Παρακάτω θα παρουσιαστούν όλες οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα για τον κάθε ένα πίνακα χωριστά..

- *Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)*

Στο τμήμα αυτό θα παρατεθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την κίτρινη αζω-χρωστική επιφάνεια μετά από τον καθαρισμό με μίγμα διαλυτών.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας και του pH μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Σημεία	***Μέσο Καθαρισμού***	***Χρόνος Εφαρμογής***	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***Τελική Αγωγιμόυηυα σε mS/cm***	***Ph***
4	άγαρ	3 min	0,135	0,128	7,7
13	άγαρ	20 min	0,41	0,403	6,8

14	κόμμι ξανθάνης	5 min	0,114	0,107	7,3
15	πεκτινάση	5 min	0,23	0,223	5,8
16	άγαρ	24h	0,25	0,243	7,1
17	πεκτινάση	5 min	0,21	0,203	9,8

Πίνακας 17: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L, a και b καθώς και της συνολικής μεταβολής χρώματος (ΔΕ) μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
4a	SCI	112,39	-0,85	2,06	0,01	0,01	0,01
4b	SCE	112,06	-0,82	2,15	0,01	0,01	0,03
13a	SCI	104,93	-0,16	3,85	0,02	0,02	0,01
13b	SCE	104,57	-0,11	3,91	0,01	0,02	0,02
14a	SCI	84,23	1,78	12,65	0,02	0,02	0,01
14b	SCE	83,86	1,81	12,66	0,02	0,01	0,03
15a	SCI	118,04	-1,57	1,05	0	0	0,01
15b	SCE	117,8	-1,54	1,11	0,01	0,01	0,01
16a	SCI	118,44	-1,23	1,09	0,01	0,01	0,01
16b	SCE	118,17	-1,2	1,15	0	0,01	0,01
17a	SCI	93,39	-0,66	3,06	0,03	0,01	0,01
17b	SCE	93,03	-0,61	3,09	0,02	0,02	0,01

Πίνακας 18: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης- Χρωματομετρία

Η συνολική τιμή της μεταβολής χρώματος παρουσιάζεται στον Πίνακα 19.

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔΕ*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab***
4a	SCI	31,44	0,03
4b	SCE	31,12	0,04
13a	SCI	42,97	0,02
13b	SCE	42,68	0,02
14a	SCI	19,94	0,02
14b	SCE	19,65	0,02
15a	SCI	43,1	0,02
15b	SCE	43,05	0,02

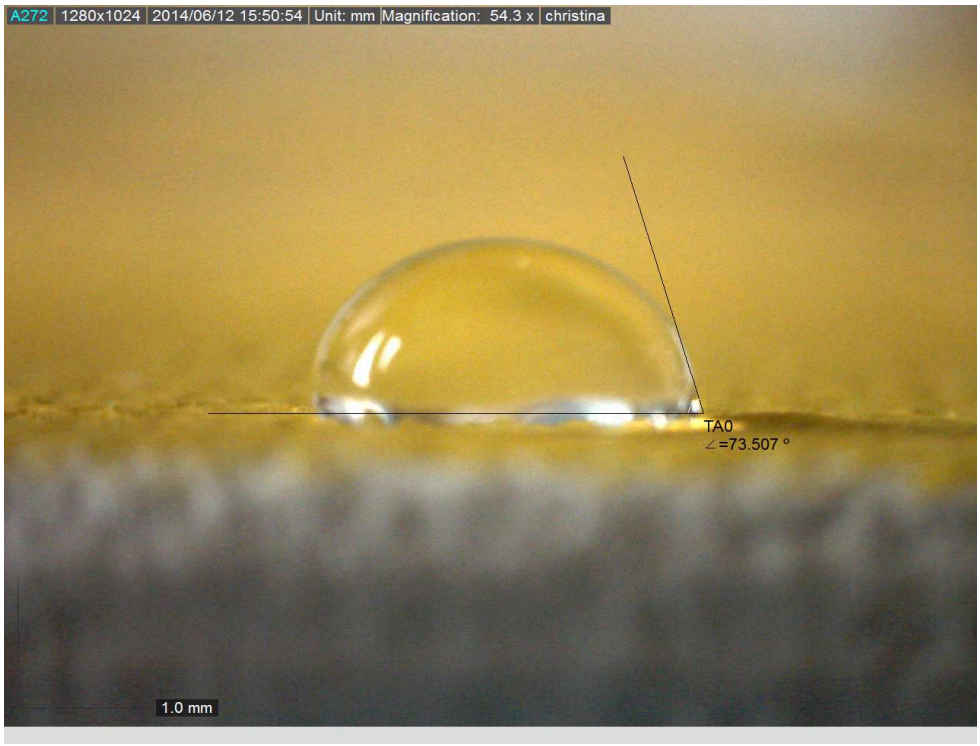
16a	SCI	25,51	0,02
16b	SCE	25,23	0,01
17a	SCI	17,66	1,27
17b	SCE	17,04	1,94

Πίνακας 19: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης-Τιμές ΔΕ

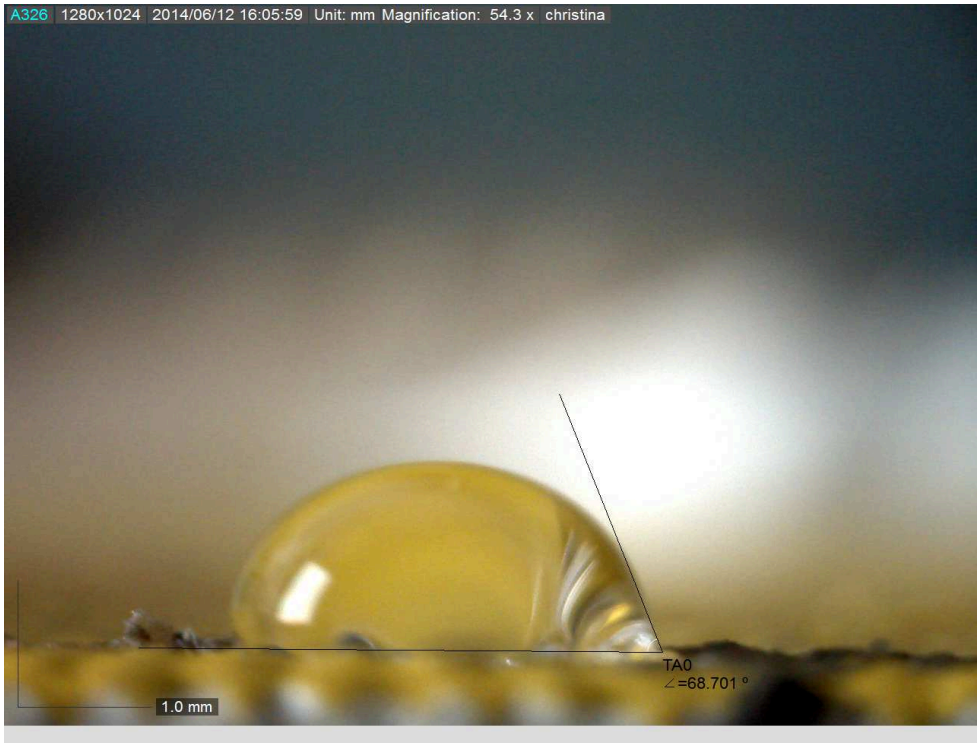
Μετά τον καθαρισμό με τα μέσα αυτά, το άγαρ, την πεκτινάση και το κόμμι ξανθάνης, αυξάνονται σημαντικά οι τιμές του L, δηλαδή της λαμπρότητας. Όπως θα αποδειχθεί καλύτερα και στην παράθεση των φωτογραφιών των σημείων που θα ακολουθήσει, στο στάδιο αυτό του καθαρισμού καταφέρονται να απομακρυνθούν αρκετοί ρύποι και επικαθίσεις. Παράλληλα όμως, θα απομακρυνθεί και χρώμα γεγονός που ίσως να συμβάλει και στην άνοδο αυτών των τιμών. Οι μεταβολή των άλλων δύο παραμέτρων είναι ιδιαίτερα μικρής τάξης. Η συνολική μεταβολή του χρώματος παρουσιάζει μία σχετική ποικιλία από σημείο σε σημείο. Η πιο έντονη αφορά το σημείο 15 το οποίο καθαρίστηκε με πεκτινάση για χρονικό διάστημα 5 λεπτών.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

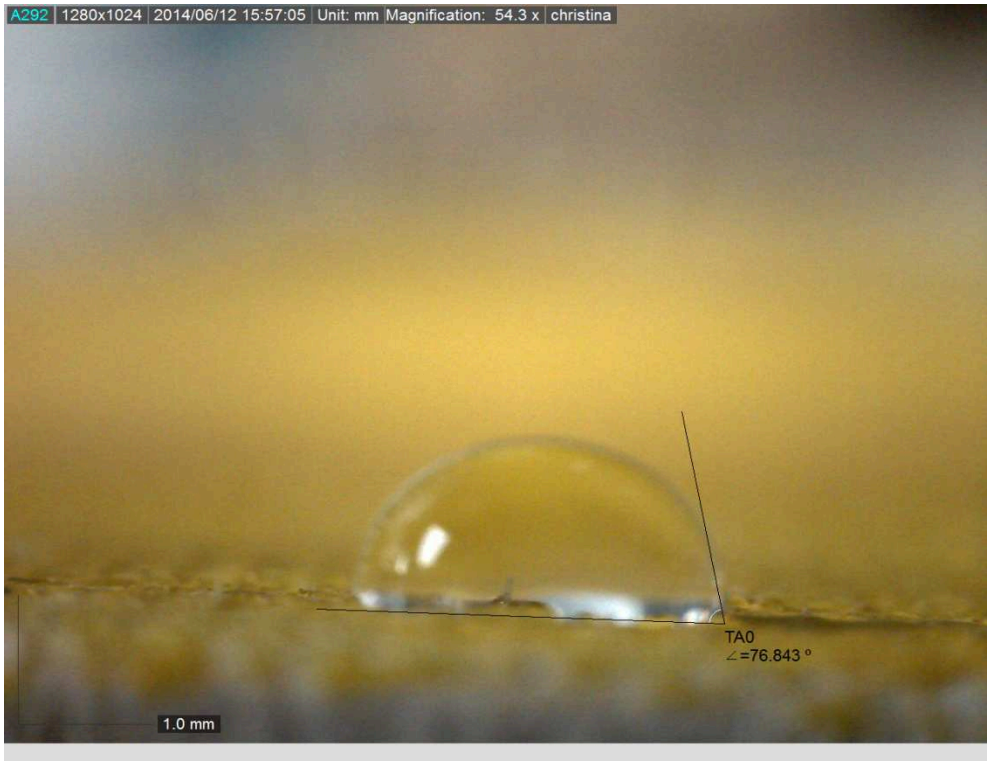
Για πρώτη φορά, μετά την φάση αυτού του καθαρισμού παρατηρείται μία έστω και λίγο πιο έντονη πτώση των στατικών γωνιών επαφής, γεγονός που μας κάνει να συμπεράνουμε πως τα υλικά αυτά συντελούν αποτελεσματικότερα στην ύπαρξη της υδροφιλίας από ότι οι διαλύτες που χρησιμοποιήθηκαν προηγουμένως.



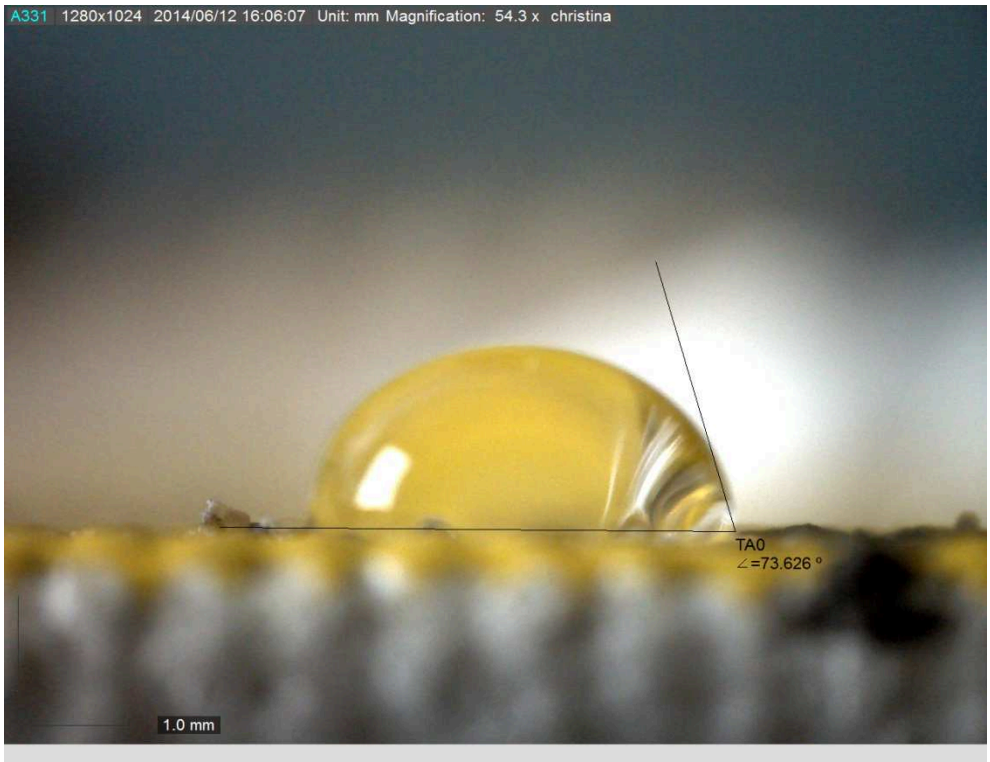
Εικόνα 206: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον καθαρισμό με πεκτινάση, Καθαρή περιοχή



Εικόνα 207: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον καθαρισμό με άγαρ, Περιοχή επικάθισης

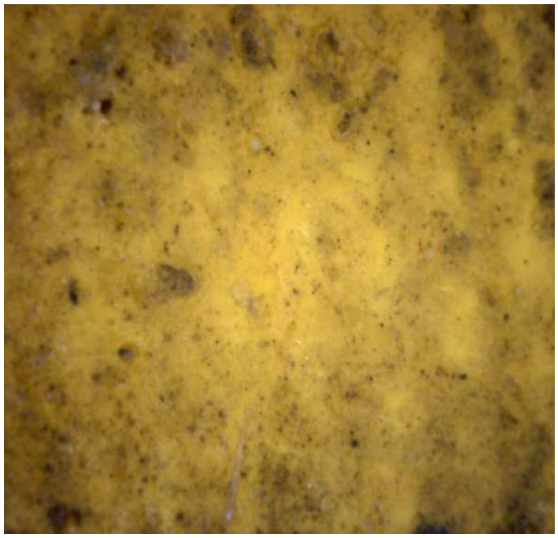


Εικόνα 208: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον καθαρισμό με κόμμι ξανθάνης, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος



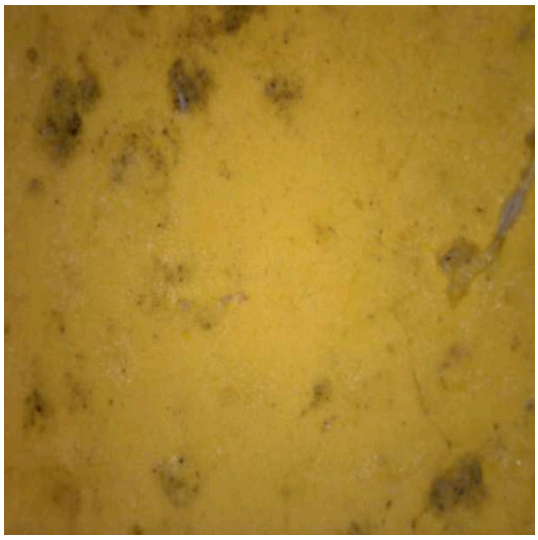
Εικόνα 209: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον καθαρισμό με κόμμι ξανθάνης, Περιοχή μέτρια έντονης βρώμας

Παρακάτω παραθέτονται φωτογραφίες μικροκάμερας που αφορούν τα σημεία 4, 13, 14, 15, 16, 17 του πίνακα ζωγραφικής. Τα αποτελέσματα αυτών των μέσων καθαρισμού αποδείχθηκαν ιδιαιτέρως ικανοποιητικά.

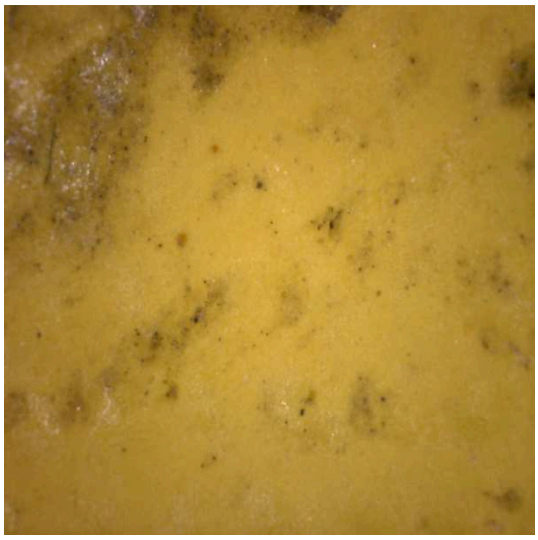


Εικόνα 210: Σημείο 4Κ-Καθαρισμός με άγαρ

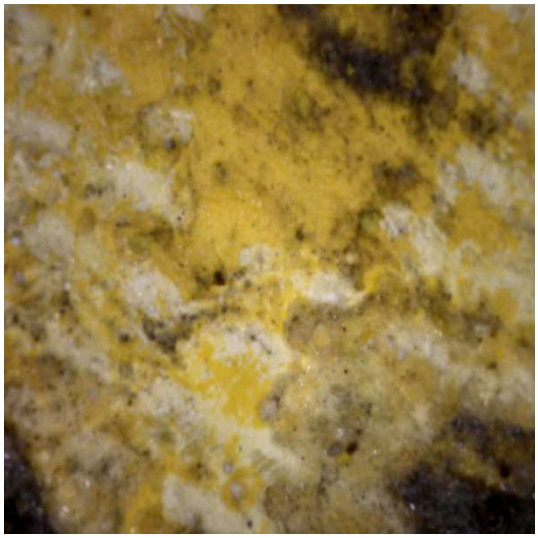
Εικόνα 211: Σημείο 13Κ-Καθαρισμόςμε άγαρ



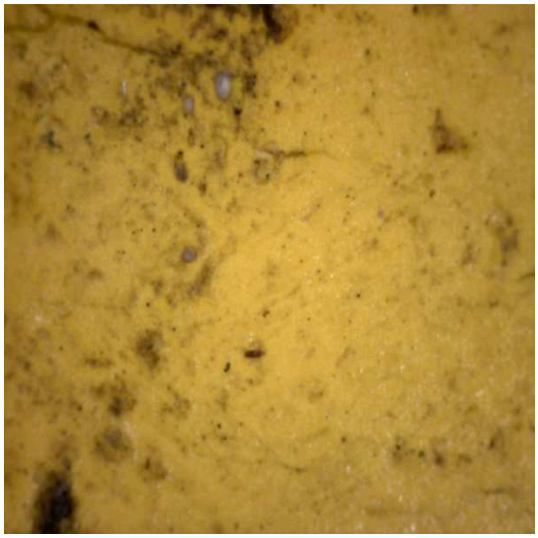
Εικόνα 212: Σημείο 14Κ-Καθαρισμός με κόμμι ξανθάνης



Εικόνα 213: Σημείο15Λ-Καθαρισμός με πεκτινάση



Εικόνα 214: Σημείο 16Κ-Καθαρισμός με άγαρ



Εικόνα 215: Σημείο17Λ-Καθαρισμός με πεκτινάση

Πρέπει να σημειωθεί πως στα σημεία 13 και 16, παρότι τα αποτελέσματα ήταν εμφανή, αφαιρέθηκε και αρκετή ποσότητα χρώματος, γεγονός ιδιαίτερα αρνητικό σε περίπτωση που μιλάμε για ένα αληθινό έργο τέχνης. Ειδικά στο σημείο 16, όπου το άγαρ είχε παραμείνει εκεί έως ότου να στεγνώσει πλήρως, παρατηρήθηκε πολύ έντονη αλλοίωση της επιφάνειας. Ενδεχομένως εάν είχε παραμείνει λιγότερο να είχε μόνο θετικά αποτελέσματα η εφαρμογή του.

- *Πίνακας με πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17)*

Στο τμήμα αυτό θα παρατεθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την επιφάνεια με χρωστική την πράσινη οξειδίου του χρωμίου μετά από τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση κόμμι ξανθάνης

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας και του pH μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Σημεία	***Μέσο Καθαρισμού***	***Χρόνος Εφαρμογής***	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***Τελική Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
3	άγαρ	3 min	0,103	0,096	8,2
8	κόμμι ξανθάνης	5 min	0,121	0,114	6,7
10	κόμμι ξανθάνης	5 min	0,068	0,061	9,2

14	άγαρ	20 min	0,29	0,283	6,7
21	άγαρ	24h	0,47	0,463	8,5
24	πεκτινάση	5 min	0,89	0,883	6,4

Πίνακας 20: Πίνακας με πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L, a και b καθώς και της συνολικής μεταβολής χρώματος ΔEab μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Ως προς την χρωματομετρία προέκυψε ο ακόλουθος Πίνακας:

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
3a	SCI	45,64	-21,43	24,61	2,24	3,23	0,52
3b	SCE	45,5	-21,38	24,61	2,25	3,21	0,49
8a	SCI	42,69	-19,52	25,61	4,47	3,7	2,03
8b	SCE	42,54	-19,48	25,61	4,5	3,66	2,04
10a	SCI	43,87	-21,87	26,91	5,04	4,22	1,73
10b	SCE	43,76	-21,79	26,84	5,1	4,15	1,7
14a	SCI	44,32	-21,81	26,87	5,5	4,18	1,8
14b	SCE	44,19	-21,75	26,83	5,53	4,12	1,73
21a	SCI	47,46	-24,2	26,36	1,23	0,85	2,22
21	SCE	47,34	-24,1	26,28	1,11	0,77	2,06
24a	SCI	48,32	-23,6	24,79	0	0	0,05
24b	SCE	48,12	-23,56	24,83	0	0	0,04

Πίνακας 21: Πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17)- Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης- Χρωματομετρία

Η συνολική μεταβολή του χρώματος φαίνεται στον Πίνακα 22.

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔE*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔE*ab***
3a	SCI	21,5	2,39
3b	SCE	21,73	2,29
8a	SCI	16,87	8,45
8b	SCE	16,9	8,12
10a	SCI	22,45	14,26
10b	SCE	22,2	13,67
14a	SCI	20,51	14,35
14b	SCE	20,28	13,77
21a	SCI	27,01	12,59
21b	SCE	26,47	12,2

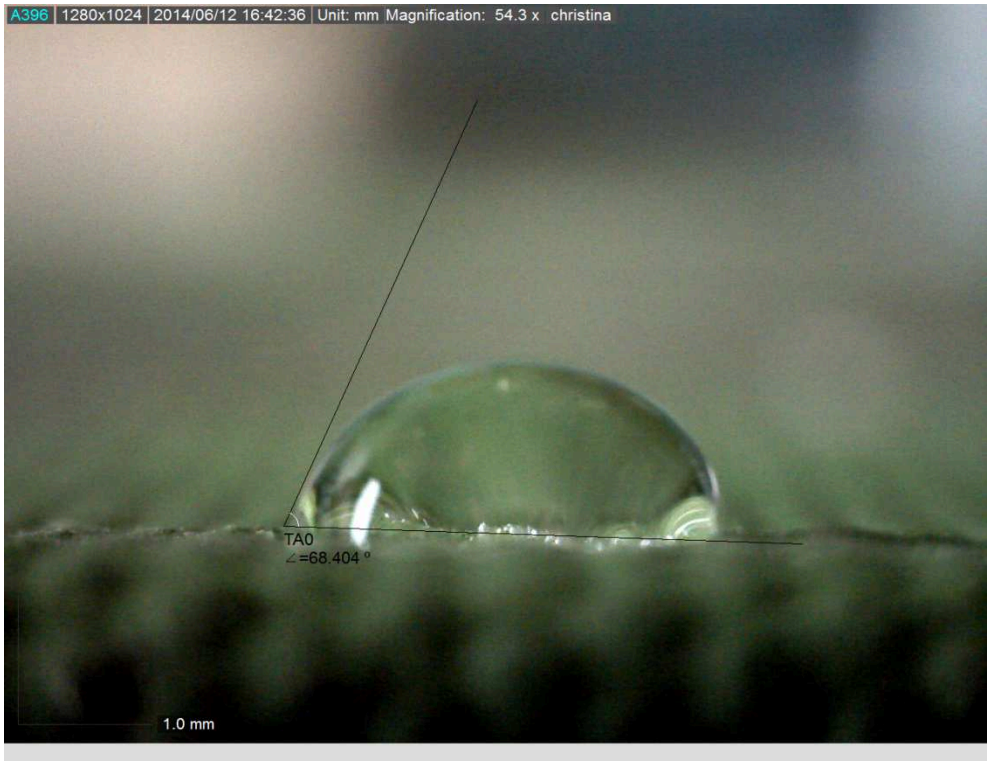
24a	SCI	21,67	10.02
24b	SCE	28,85	14,67

Πίνακας 22: Πίνακας με πράσινο οξειδίου του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης- ΔΕ

Και οι τρεις χρωματικοί παράμετροι L,a και b έχουν προφανώς μεταβληθεί και αυτή την φορά. Η παράμετρος a έχει γίνει αρνητικότερη γεγονός που την οδηγεί πιο κοντά στην απόχρωση του πράσινου χρώματος όπως φαίνεται στην εικόνα 30. Οι μεταβολές του b είναι λιγότερο έντονες και η αύξηση του δείχνει πορεία προς το κίτρινο χρώμα. Η συνολική μεταβολή του χρώματος είναι χοντρικά όση ήταν και στον προηγούμενο ζωγραφικό πίνακα που χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια μέσα καθαρισμού. Οι τιμές αυτής δείχνουν προμηνύουν μία ικανοποιητική απομάκρυνση επικαθίσεων και λεκέδων.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Οι μεταβολές των στατικών γωνιών επαφής είναι περισσότερο έντονες από ότι ήταν μετά την εφαρμογή καθαρισμού μέσω του μίγματος διαλυτών. ‘Οπως και σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις, ουσιώδεις διακυμάνσεις δεν υπάρχουν ούτε ανάμεσα στα διαφορετικά σημεία της επιφάνειας, ούτε μεταξύ των προσδιορισμένων γωνιών πριν και μετά την επέμβαση καθαρισμού.



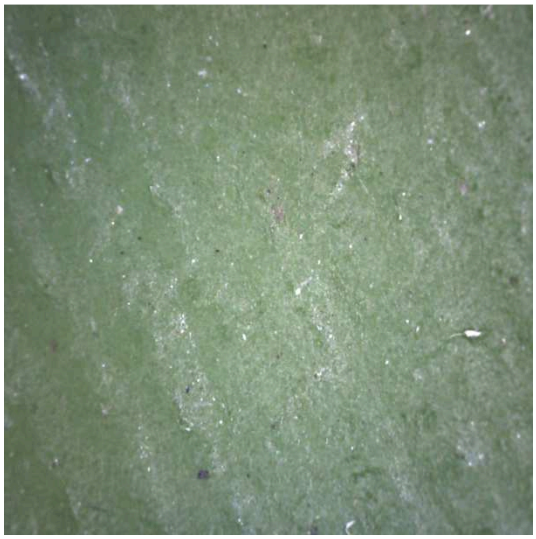
Εικόνα 216: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με άγαρ, Καθαρή περιοχή

Εικόνα 217: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με κόμμι ξανθάνης, Περιοχή επικάθισης

Εικόνα 218: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με πεκτινάση, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

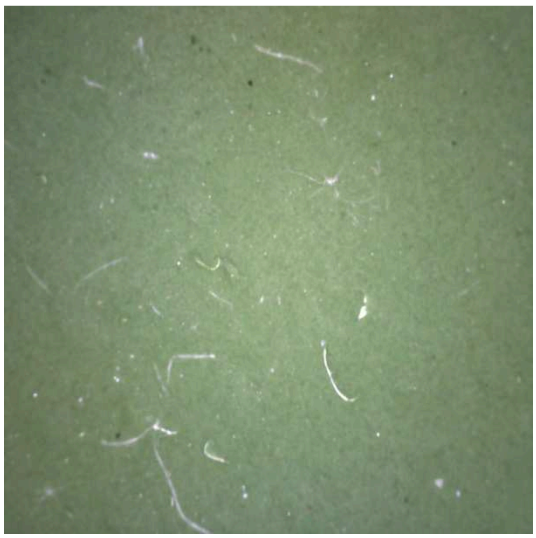
Εικόνα 219: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με άγαρ, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

Παρακάτω παραθέτονται οι εικόνες που μας παρουσιάζουν την μορφολογική επισκόπηση των καθαρισμένων σημείων.



Εικόνα 220: Σημείο 3Π-Καθαρισμός με άγαρ

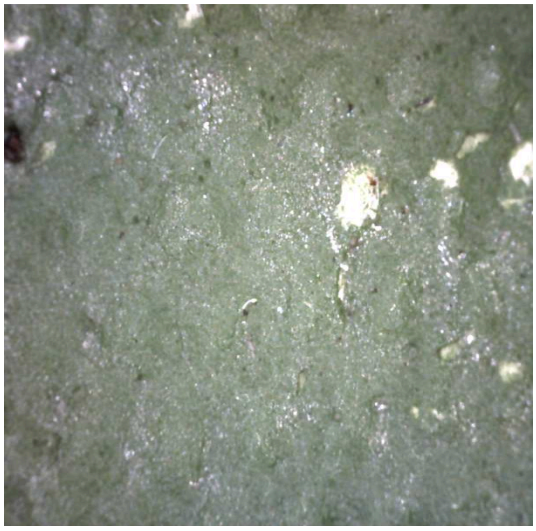
Εικόνα 221: Σημείο 8Π-Καθαρισμός με κόμμι



Εικόνα 222: Σημείο 10Π-Καθαρισμός με κόμμι

Εικόνα 223: Σημείο 14Π-Καθαρισμός με άγαρ

Εικόνα 224: Σημείο 21-Καθαρισμός με άγαρ



Εικόνα 225: Σημείο 24-Καθαρισμός με πεκτινάση

Στα σημεία αυτά, τα αποτελέσματα είναι σχετικώς ικανοποιητικά. Παρατηρείται στο σημείο 22 που καθαρίστηκε με άγαρ μία μικρή απομάκρυνση χρώματος, ενώ η πεκτινάση φαίνεται να μην έχει ιδιαιτέρως έκδηλα αποτελέσματα.

- *Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)*

Στο τμήμα αυτό θα παρατεθούν όλα τα στοιχεία που αφορούν την ζωγραφική επιφάνεια χρωστικής λευκού του τιτανίου μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση και κόμμι ξανθάνης

- *Προσδιορισμός της ειδικής αγωγιμότητας και του pH μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Σημεία	***Μέσο Καθαρισμού***	***Χρόνος Εφαρμογής***	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
4	άγαρ	3 min	0,165	8,1
5	άγαρ	20 min	0,176	6,3
12	κόμμι ξανθάνης	5 min	0,176	8
16	κόμμι ξανθάνης	5 min	0,146	6,7
18	άγαρ	24h	0,223	5,9
23	πεκτινάση	5 min	0,08	6,2

Πίνακας 23: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης

Ως προς την χρωματομετρία τώρα τα νέα δεδομένα παραθέτονται παρακάτω.

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
4a	SCI	112,39	-0,85	2,06	0,01	0,01	0,01
4a	SCE	112,06	-0,82	2,15	0,01	0,01	0,03
5a	SCI	117,15	-1,07	2,89	0,02	0,01	0,01
5a	SCE	116,83	-1,03	2,98	0,01	0,01	0,02
12a	SCI	106,03	-0,63	4,39	0,03	0,01	0
12a	SCE	105,62	-0,58	4,48	0,04	0,01	0,02
16a	SCI	118,44	-1,23	1,09	0,01	0,01	0,01
16a	SCE	118,17	-1,2	1,15	0	0,01	0,01
18a	SCI	112,92	-1,13	2,36	0,02	0,01	0,01
18a	SCE	112,55	-1,09	2,44	0,02	0,02	0,02
23a	SCI	113,83	-1,04	2,3	0,03	0,01	0,02
23a	SCE	113,51	-0,99	2,37	0,02	0,01	0,02

Πίνακας 24: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης-Χρωματομετρία

Η συνολική μεταβολή του χρώματος παρουσιάζεται στο Πίνακα 25.

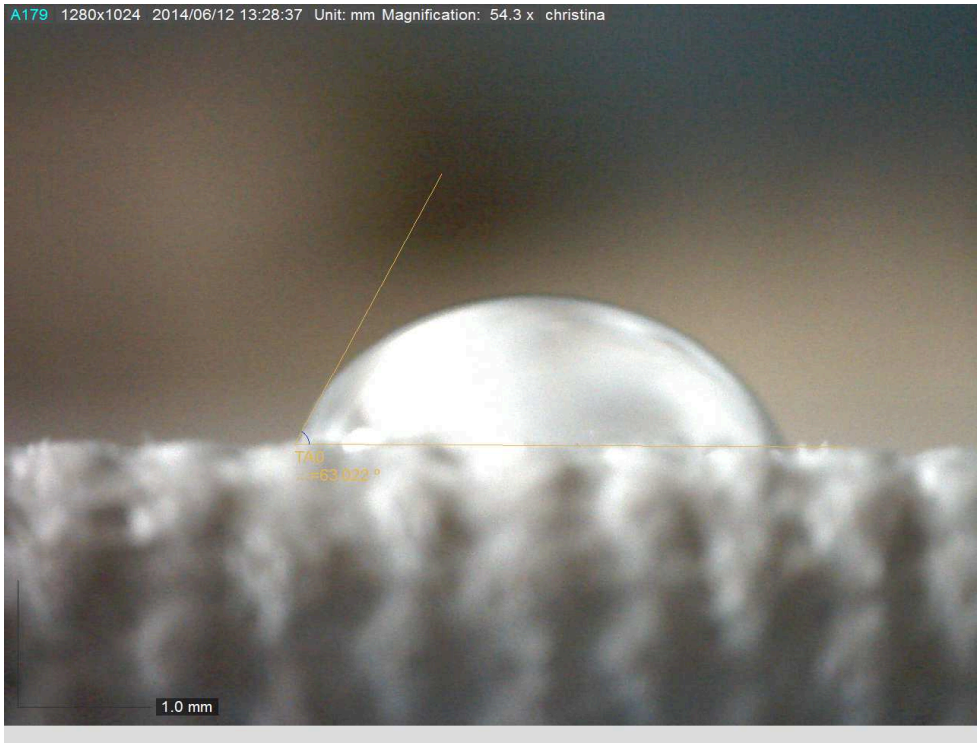
Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔΕ*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab***
4a	SCI	31,44	0,03
4a	SCE	31,12	0,04
5a	SCI	47,73	0,04
5a	SCE	47,61	0,03
12a	SCI	47,31	0,03
12a	SCE	46,96	0,04
16a	SCI	25,51	0,02
16a	SCE	25,23	0,01
18a	SCI	37,1	0,23
18a	SCE	36,76	0,22
23a	SCI	48,19	0,06
23a	SCE	47,93	0,03

Πίνακας 25: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Καθαρισμός με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης –ΔΕ

Όπως είναι άλλωστε λογικό για μία λευκή χρωστική, οι τιμές τις λαμπρότητας είναι ιδιαιτέρως υψηλές και εμφανώς υψηλότερες από πριν την εφαρμογή του καθαρισμού. Αντιθέτως, τα a και b παρουσιάζουν ελάχιστη διαφοροποίηση.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση, κόμμι ξανθάνης*

Όπως και στις δύο άλλες εξεταζόμενες επιφάνειες αποδεικνύεται πως η μείωση των στατικών γωνιών επαφής είναι μεγαλύτερη μετά από αυτήν την μέθοδο καθαρισμού από ότι μετά από τον καθαρισμό με τα μίγματα διαλυτών. Για τις στατικές γωνίες επαφής προέκυψαν τα ακόλουθα:



Εικόνα 226: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με άγαρ, Καθαρή περιοχή

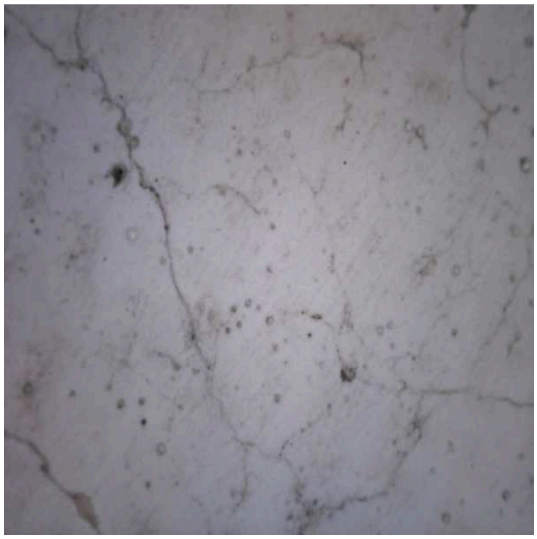
Εικόνα 227: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με άγαρ, Περιοχή επικάθισης

Εικόνα 228: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με κόμμι ξανθάνης, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

Εικόνα 229: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Καθαρισμό με πεκτινάση, Περιοχή μέτρια έντονης βρώμας

Από μορφολογικής απόψεως τα καθαρισμένα με άγαρ, πεκτινάση και κόμμι ξανθάνης σημεία παρουσιάζονται παρακάτω.

Εικόνα 230: Σημείο 4Λ-Καθαρισμός με άγαρ



Εικόνα 231: Σημείο 5Λ-Καθαρισμός με άγαρ

Εικόνα 232: Σημείο 12Λ-Καθαρισμός με κόμμι ξανθάνης

Εικόνα 233: Σημείο 16Λ-Καθαρισμός με κόμμι ξανθάνης

Εικόνα 234: Σημείο 18Λ-Καθαρισμός με άγαρ

Εικόνα 235: Σημείο 23Λ-Καθαρισμός με πεκτινάση

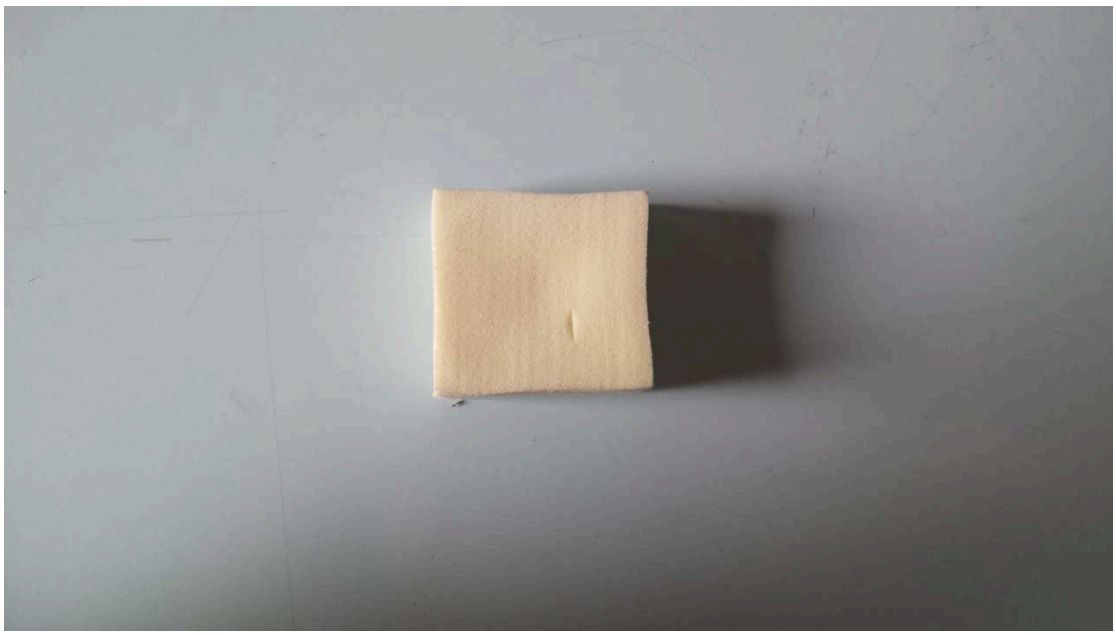
Από την παρατήρηση των φωτογραφιών φαίνεται πως η πεκτινάση με χρόνο εφαρμογής ίσο με 5 min έχει τα ικανοποιητικότερα αποτελέσματα όπως δείχνει η νέα μορφολογία του σημείου 18. Μάλλον τα λιγότερο ορατά αποτελέσματα χρεώνονται στο κόμμι ξανθάνης.

- *Β.7 Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα-dry cleaning*

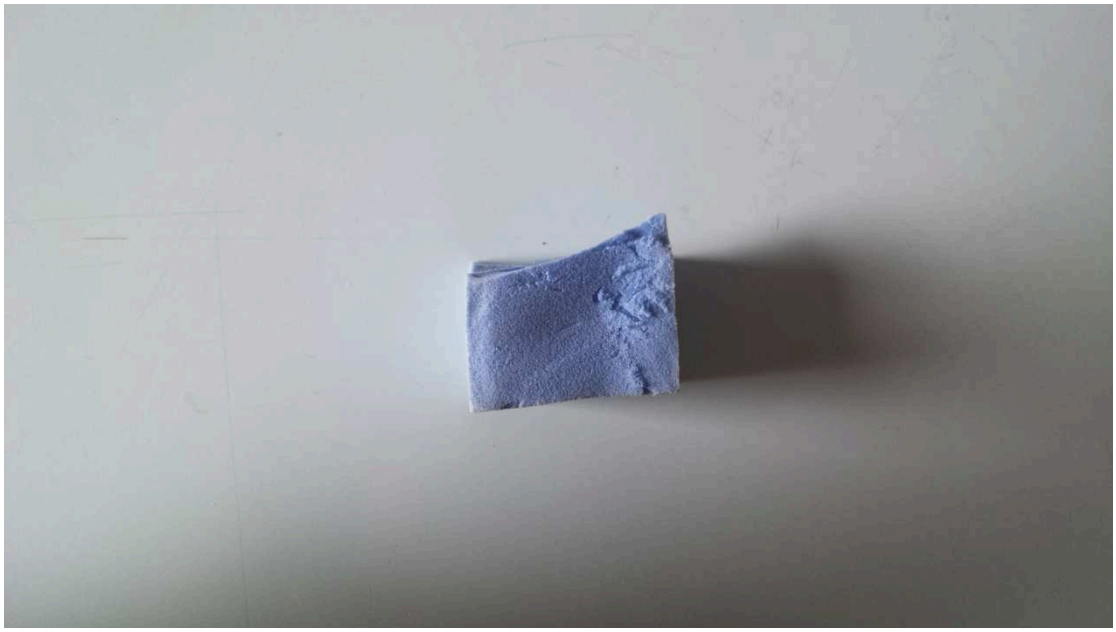
Στις εικόνες που ακολουθούν εμφανίζονται τα μέσα-σφουγγαράκια αλλά και το κομμάτι υφάσματος τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του καθαρισμού. Στις λεζάντες των φωτογραφιών δίνονται τα απαραίτητα στοιχεία για τα υλικά καθαρισμού. Κάθε ένα από αυτά χαρακτηρίστηκε με ένα νούμερο έτσι ώστε να διευκολυνθεί η παράθεση των αποτελεσμάτων.

Εικόνα 236: Σφουγγάρι Ν.1, καουτσούκ ισοπροπενίου, θείου, κιμωλίας (σχετικώς βουλκανισμένο καουτσούκ)

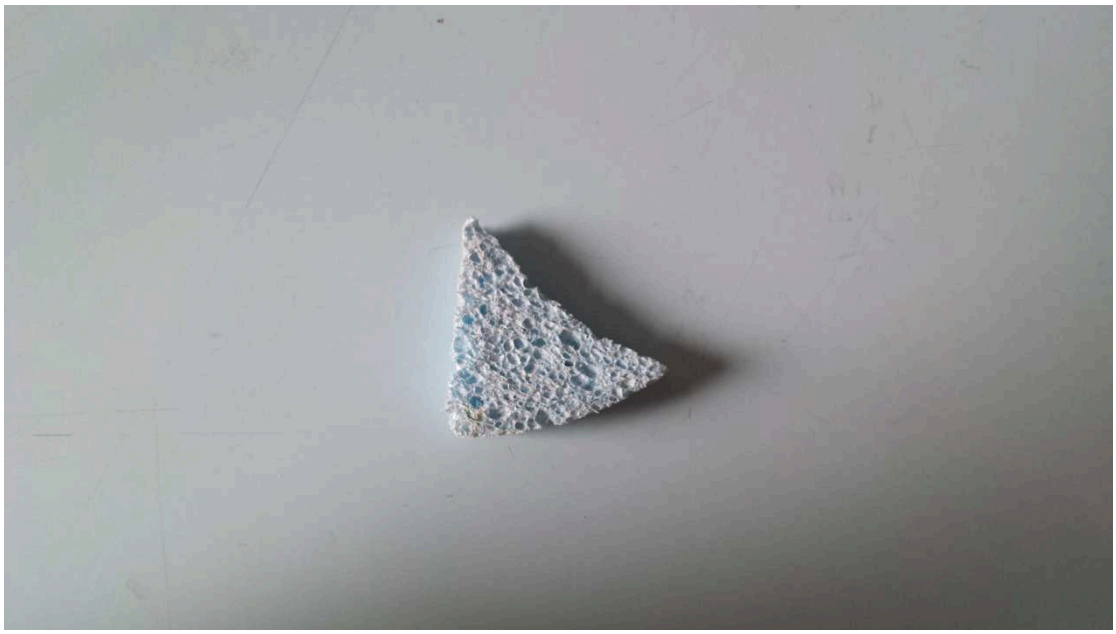
Εικόνα 237: Σφουγγάρι Ν 2, καουτσούκ ισοπροπενίου, βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT)



Εικόνα 238: Σφουγγάρι Ν.3, Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), δι-ισοοκτυλικός φθαλικός εστέρας (DIOP)



Εικόνα 239: Σφουγγάρι Ν.4, Πολυουρεθάνη (TDI)



Εικόνα 240: Σφουγγάρι Ν.5, καουτσούκ ισοπροπενίου, βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT)

Εικόνα 241: Σφουγγάρι Ν.6, στυρένιο-βουταδιένιο, καουτσούκ (SBR), βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT), διαιθυλοδιθειοκαρβαμιδικό μερκαπτοβενζοθειαζόλιο

Εικόνα 242: Ύφασμα, τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)πολυεστέρα, Nylon 6 (πολυαμίδιο)

- *Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)*

Εδώ θα παρατεθούν τα στοιχεία που αφορούν τον στεγνό καθαρισμό αυτής της ζωγραφικής επιφάνειας.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αντίστασης και του pH μετά από στεγνό καθάρισμα*

Σημεία	***Αγωγιμόυηυα σε mS/cm***	***pH***
17	0,273	5,3
18	0,313	6,9
25	0,08	4,2
26	0,643	6,6

Πίνακας 26: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L,a, b και της συνολικής μεταβολής χρώματος (ΔΕ)*

Ως προς την χρωματομετρία πρόεκυψαν τα ακόλουθα:

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
17a	SCI	101,83	11,74	135,46	0,01	0,02	0,01
17 b	SCE	101,5	11,84	135,95	0	0,02	0,05
18a	SCI	104,64	11,98	137,5	0,02	0,04	0,05
18b	SCE	104,36	12,1	137,73	0,02	0,03	0,11
25a	SCI	95,54	6,89	124,94	0,01	0,02	0,03
25b	SCE	95,26	6,93	124,51	0,01	0,03	0,06
26a	SCI	103,67	12,25	140,23	0,04	0,02	0,02
26b	SCE	103,46	12,35	139,81	0,04	0,03	0,07

Πίνακας 27: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα-Χρωματομετρία

Για την συνολική μεταβολή του χρώματος προκύπτει ο Πίνακας 28.

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔΕ*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab***
17a	SCI	74,48	0,02
17b	SCE	73,98	0,04
18a	SCI	26,73	0,03
18b	SCE	27,18	0,07
25a	SCI	61,19	0,04
25b	SCE	61,8	0,05
26a	SCI	88,58	0,02
26b	SCE	88,35	0,09

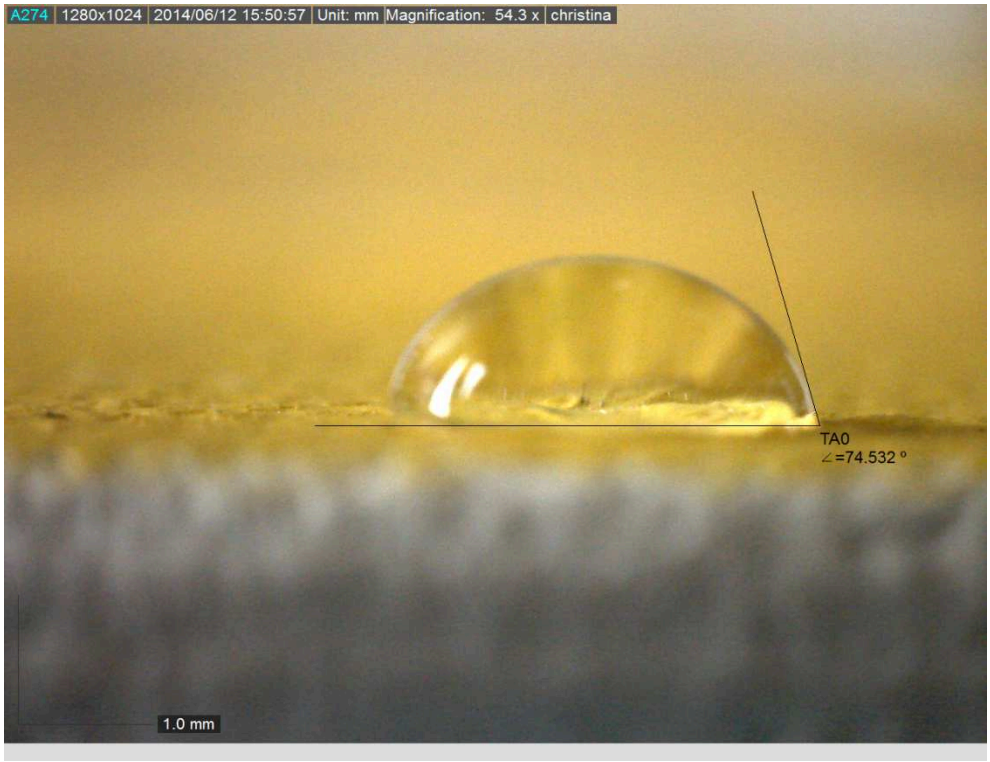
Πίνακας 28: Πίνακας με κίτρινη αζω-χρωστική (PY74)-Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα-ΔΕ

Στο σημείο αυτό πρέπει να προσδιοριστεί με πιο από τα υλικά καθαρίστηκε το κάθε ένα από τα σημεία. Το Σημείο 17 καθαρίστηκε με το σφουγγάρι με νούμερο 3 και τα αποτελέσματα της χρήσης του ήταν ελάχιστα και σχεδόν μη ορατά. Το Σημείο 18 καθαρίστηκε με τον σπόγγο με νούμερο 2 και τα αποτελέσματα του ήταν αρκετά ικανοποιητικά. Κατάφερε με κάποιο τρόπο να κάνει πιο ομοιόμορφη την εικόνα αφού λέπτυνε και λείανε το παχύρευστο στρώμα χρώματος της συγκεκριμένης περιοχής. Το Σημείο 25 καθαρίστηκε με τον σπόγγο με νούμερο 6. Στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να επισημανθεί πως μαζί με την επικάθιση αφαιρέθηκε και χρώμα, γεγονός ανεπιθύμητο. Το Σημείο 26 επεξεργάστηκε με το σφουγγάρι με νούμερο 1, η εφαρμογή του οποίου αποδείχθηκε αρκετά ικανοποιητική, μιας που απομάκρυνε μία υπολογίσιμη ποσότητα της λεκέδων.

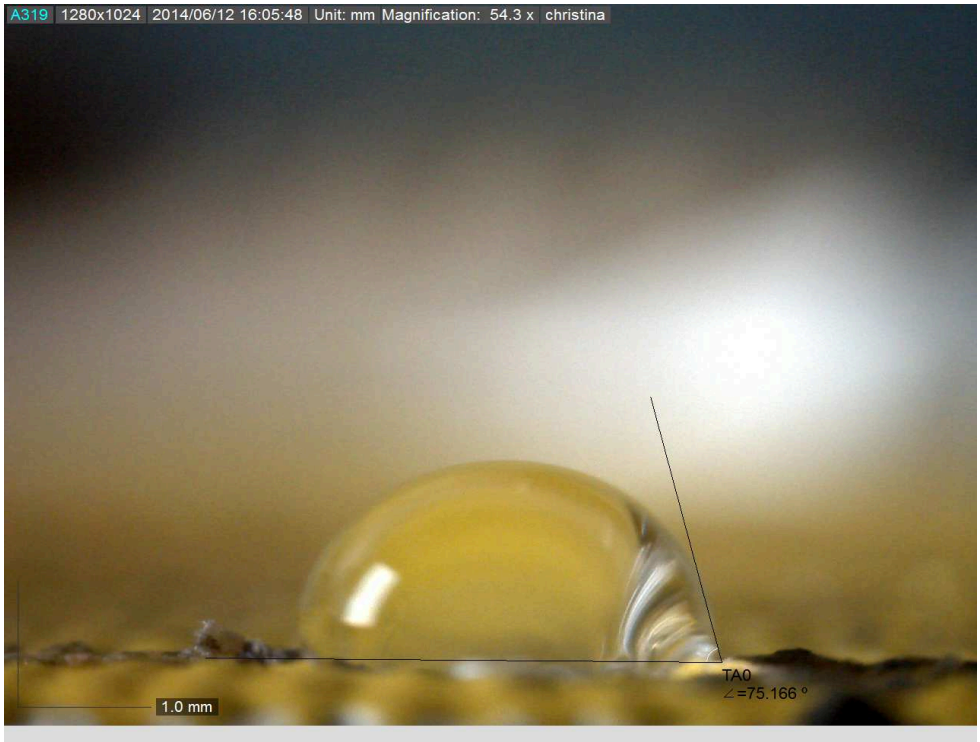
Ως προς τις τιμές που πάρθηκαν από την χρωματομετρία τώρα, πρέπει να αναφερθεί πως και οι παράμετροι αυξήθηκαν πολύ αλλά και η συνολική μεταβολή του χρώματος είναι μεγάλη. Αυτά τα αποτελέσματα είναι λογικά διότι όπως αναφέρθηκε ακριβώς από πάνω, κατά την διάρκεια αυτής της εφαρμογής απομακρύνθηκαν τόσο ρύποι όσο και χρώμα, γεγονός που επιφέρει μεγάλες αλλαγές στις χρωματομετρικές τιμές.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον στεγνό καθαρισμό*

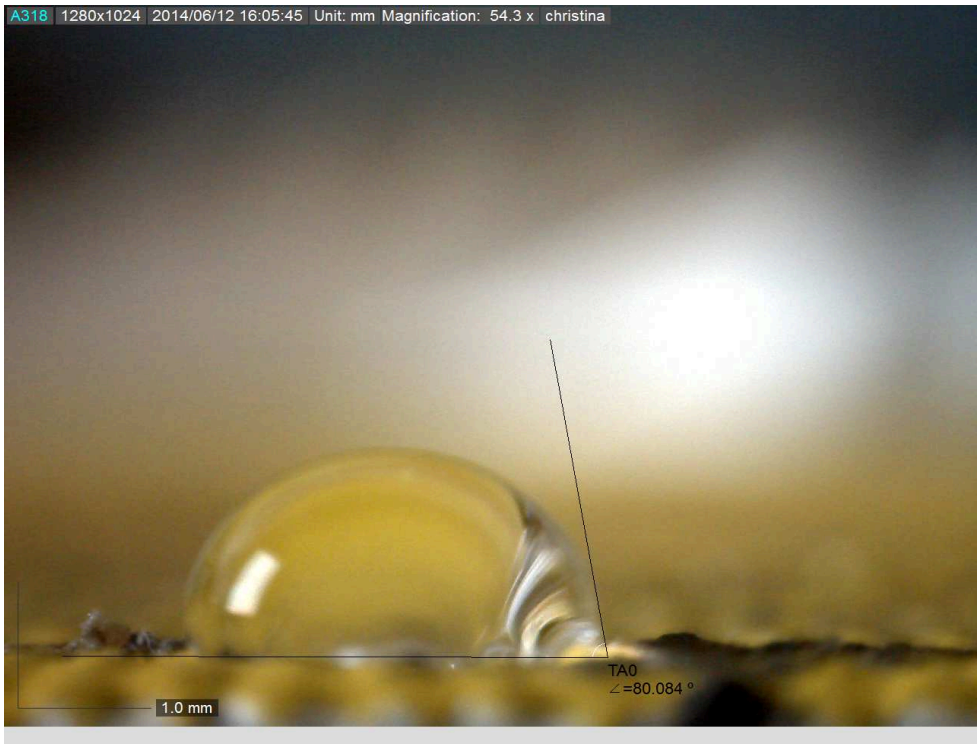
Για τις στατικές γωνίες επαφής προέκυψαν οι ακόλουθες φωτογραφίες οι οποίες δείχνουν -όπως και όλες τις άλλες φορές- πως ούτε μετά το στεγνό καθάρισμα μειώνονται ουσιαστικά.



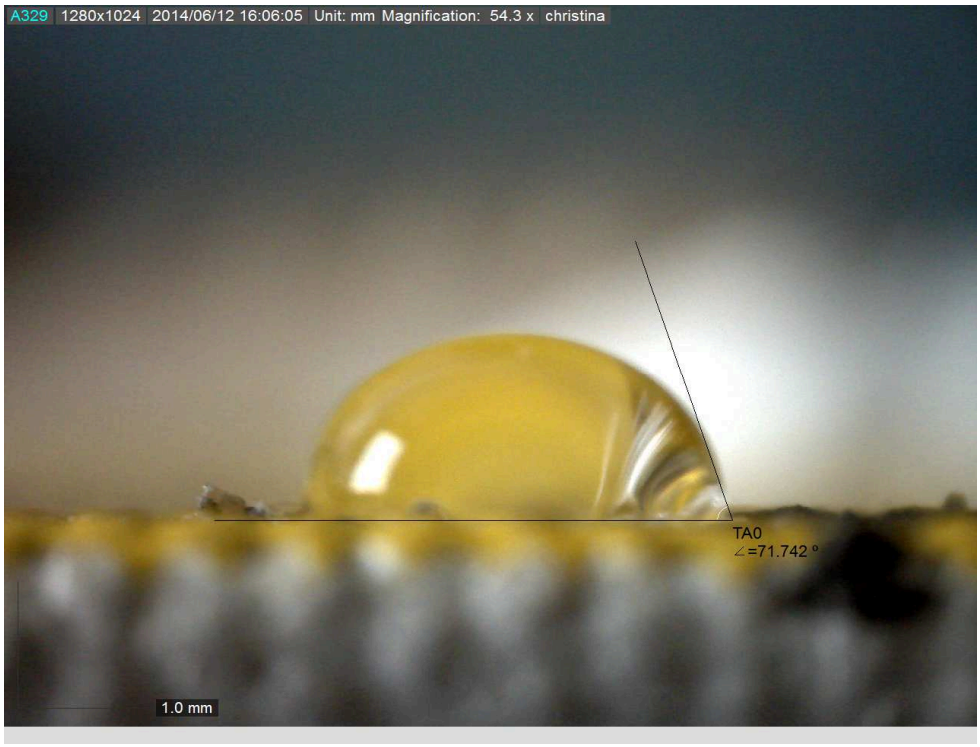
Εικόνα 243: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Καθαρή περιοχή



Εικόνα 244: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή επικάθισης



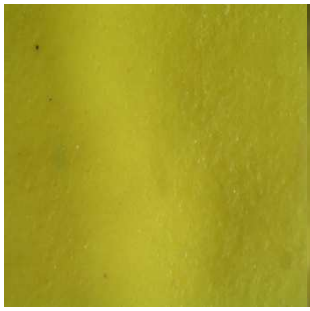
Εικόνα 245: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος



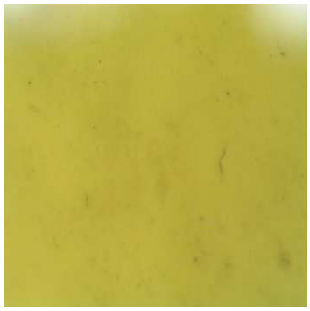
Εικόνα 246: Στατική γωνία επαφής-Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

Ακολουθεί η μορφολογική ανασκόπηση μετά το πέρας του στεγνού καθαρισμού η οποία και αποδεικνύει πως μετά από αυτήν την εφαρμογή

όλε οι εξεταζόμενες περιοχές παρουσίαζαν σαφή βελτίωση ως προς την απομάκρυνση ρύπων-επικαθίσεων.



Εικόνα 147: Σημείο 17K *Εικόνα 248: Σημείο 18K* *Εικόνα 249: Σημείο 25K*



Εικόνα 250: Σημείο 26K

- *Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)*

Εδώ θα παρατεθούν τα στοιχεία που αφορούν τον στεγνό καθαρισμό αυτής της ζωγραφικής επιφάνειας.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αντίστασης και του pH μετά από στεγνό καθάρισμα*

Σημεία	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
12	0,203	8,3
16	0,813	7,1
18	0,373	7,4
19	0,223	9,7
20	0,413	8,5

Πίνακας 29: Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L,a, b και της συνολικής μεταβολής χρώματος (ΔΕ)*

Οι χρωματικοί παράμετροι παρουσιάζονται στον Πίνακα 30.

Σημεία	*Χαρακτηριστική Ομάδα*	*Μέση Τιμή L*	*Μέση Τιμή a*	*Μέση Τιμή b*	*Τυπική Απόκλιση L*	*Τυπική Απόκλιση a*	*Τυπική Απόκλιση b*
12a	SCI	48,23	-25,62	28,8	0	0,02	0,01
12b	SCE	48,18	-25,49	28,65	0,01	0,02	0,01
16a	SCI	44,83	-21,23	25,62	0,02	0,02	0
16b	SCE	44,24	-21,54	26,2	0,02	0,02	0,01
18a	SCI	37,78	-11,5	20,6	0,03	0,02	0,02
18b	SCE	37,45	-11,56	20,83	0,03	0,01	0,02
19a	SCI	46,19	-22,19	24,12	0,31	0,04	0,11
19b	SCE	46,04	-22,1	24,06	0,26	0,04	0,1
20a	SCI	34,6	-11,97	21,41	0,06	0,02	0,05
20b	SCE	34,54	-11,92	21,3	0,05	0,01	0,03

Πίνακας 30: Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)- -Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα-Δεδομένα Χρωματομετρίας

Η συνολική μεταβολή του χρώματος προκύπτει στον Πίνακα 31:

Σημεία	*Χαρακτηριστική ομάδα*	*Μέση Τιμή ΔΕ*ab*	*Τυπική Απόκλιση ΔΕ*ab*
12a	SCI	20,38	0,02
12a	SCE	20,2	0,02
16a	SCI	8,97	0,02
16a	SCE	8,67	0,03
18a	SCI	11,65	0,03
18a	SCE	10,58	0,04
19a	SCI	10,66	0,3
19a	SCE	10,11	0,25
20a	SCI	10,68	0,06
20a	SCE	10,12	0,06

Πίνακας 31: Πίνακας με πράσινο οξείδιο του χρωμίου (PG17)-Καθαρισμός με στεγνό καθάρισμα-Τιμές ΔΕ

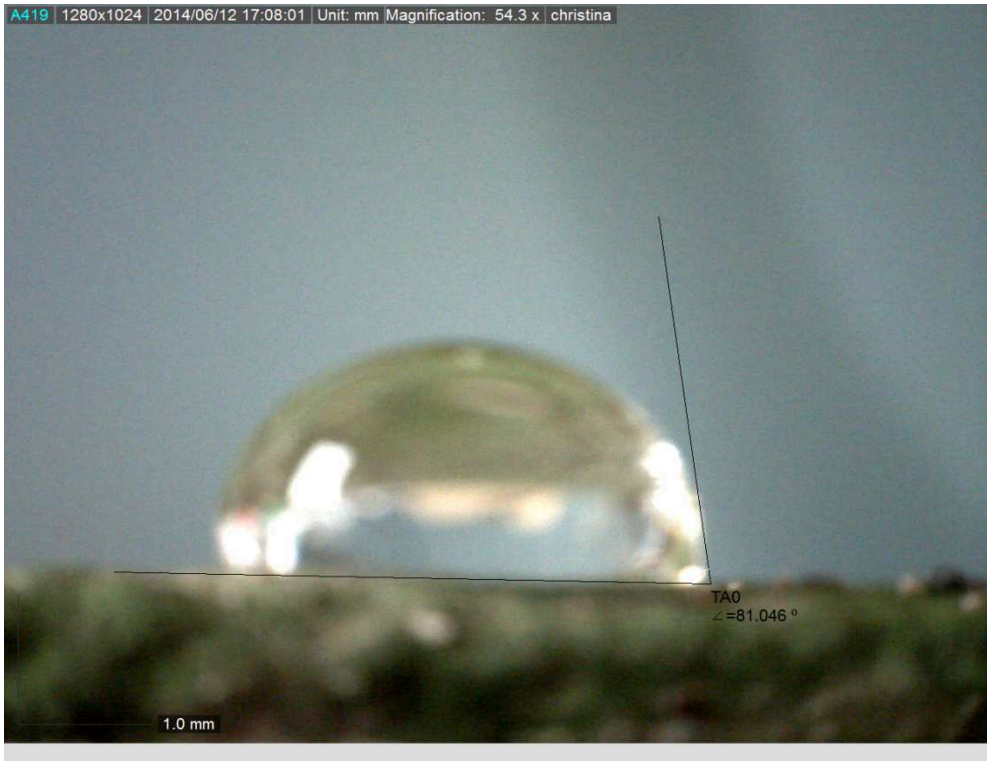
Στο σημείο αυτό πρέπει να προσδιοριστεί με πιο από τα υλικά καθαρίστηκε το κάθε ένα από τα σημεία. Το Σημείο 12 καθαρίστηκε με το σφουγγάρι με νούμερο 6 και τα αποτελέσματα της χρήσης δεν ήταν ικανοποιητικά αφού πέρα από την βρώμα και τις επικαθίσεις ο συγκεκριμένος σπόγγος αφαίρεσε και χρώμα της επιφάνειας. Το Σημείο 16 καθαρίστηκε με τον σπόγγο με νούμερο 5, ο οποίος κατάφερε να απομακρύνει άμεσα το ίδιο το χρώμα της

επιφάνειας. Για το Σημείο 18 χρησιμοποιήθηκε ο σπόγγος με νούμερο 4 ο οποίος κατάφερε να απομακρύνει σχετικά ικανοποιητικά τη βρώμα. Για το Σημείο 19 έγινε χρήση του σφουγγαριού με νούμερο 1 και το αποτέλεσμα ήταν μετά από σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα να απομακρυνθούν λεκέδες. Τέλος, στο Σημείο 20 χρησιμοποιήθηκε ο σπόγγος με νούμερο 6 του οποίου τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα αρνητικά, αφού απομάκρυνε μόνο χρώμα και καμία επικάθιση.

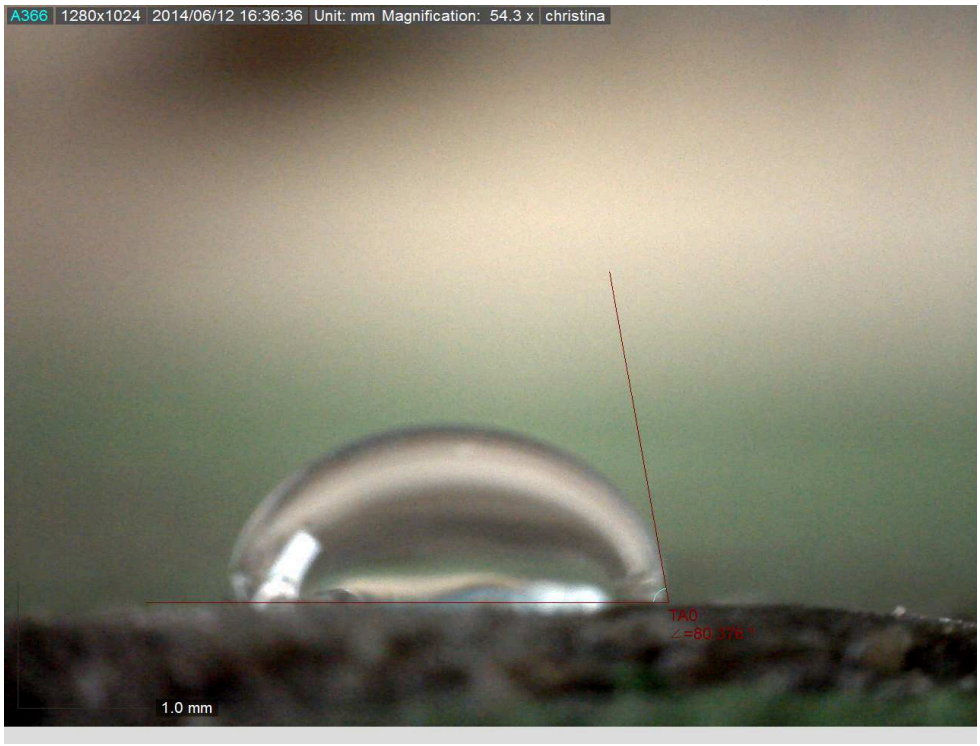
Ως προς την χρωματομετρία τώρα, η παράμετρος που μεταβλήθηκε πιο έντονα είναι η a, γεγονός λογικό διότι όσο κατευθύνομαι προς το –a οδηγούμαι στην πράσινη απόχρωση.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά τον στεγνό καθάρισμα*

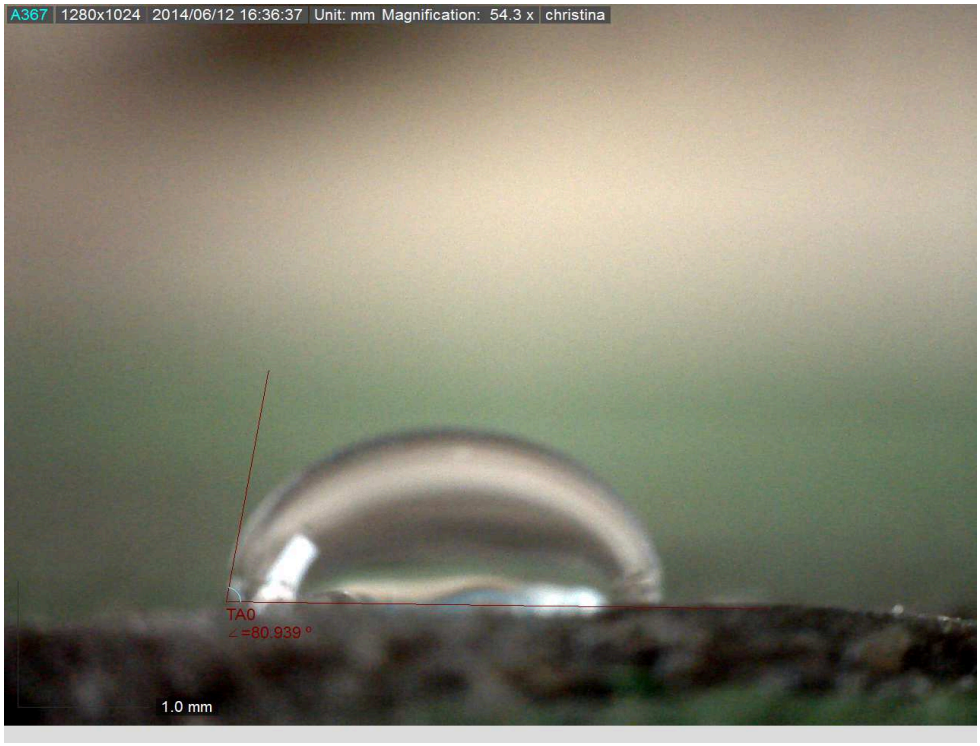
Για τις στατικές γωνίες επαφής προέκυψαν οι ακόλουθες φωτογραφίες για τις οποίες ισχύουν τα ίδια ακριβώς που ίσχυαν και στην περίπτωση της παραπάνω επιφάνειας ζωγραφικής, μειώθηκαν αλλά πολύ περιορισμένα, αυξάνοντας όμως λίγο ακόμα την υδρόφιλη διάσταση της επιφάνειας.



Εικόνα 251: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Καθαρή (σχετικά) περιοχή



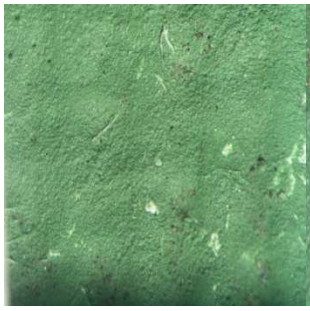
Εικόνα 252: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή επικάθισης



Εικόνα 253: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

Εικόνα 254: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

Οι φωτογραφίες της μορφολογίας των καθαρισμένων σημείων έχουν ως εξής;

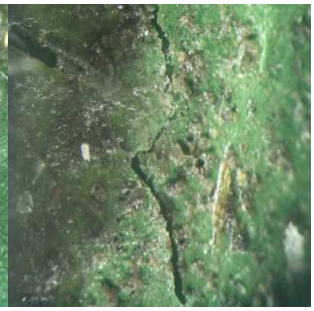


Εικόνα 255: Σημείο 12Π

Εικόνα 256: Σημείο 16Π

Εικόνα 257: Σημείο 18Π

Εικόνα 258: Σημείο 19Π



Εικόνα 259: Σημείο 20Π

Το πραγματικά ενδιαφέρον είναι ότι σε όλες τις παραπάνω φωτογραφίες, ακόμα και αν δεν φαινόταν με γυμνό μάτι επάνω στην ζωγραφική επιφάνεια φαίνονται μικρές απομακρύνσεις χρώματος, γεγονός που καθιστά το στεγνό καθάρισμα από την μία αποτελεσματική τεχνική καθαρισμού αλλά από την άλλη χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και κατάρτισης.

➢ *Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)*

Εδώ θα παρατεθούν τα στοιχεία που αφορούν τον στεγνό καθαρισμό αυτής της ζωγραφικής επιφάνειας.

- *Προσδιορισμός της ειδικής αντίστασης και του pH μετά από στεγνό καθάρισμα*

Σημεία	***Αγωγιμότητα σε mS/cm***	***pH***
8	0,723	7,6
11	0,453	7,6
14	0,793	7,1
20	0,493	7,3

Πίνακας 32: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Στεγνό καθάρισμα

- *Προσδιορισμός των χρωματικών παραμέτρων L,a, b και της συνολικής μεταβολής χρώματος ΔEab*

Ως προς την χρωματομετρία τώρα οι προσδιορισμένες παράμετροι μετά το στεγνό καθαρισμό παρουσιάζονται στον Πίνακα που ακολουθεί:

Σημεία	***Χαρακτηριστική Ομάδα***	***Μέση Τιμή L***	***Μέση Τιμή a***	***Μέση Τιμή b***	***Τυπική Απόκλιση L***	***Τυπική Απόκλιση a***	***Τυπική Απόκλιση b***
8a	SCI	122,16	-1,57	0,59	0,02	0,01	0,03
8b	SCE	121,97	-1,55	0,66	0,02	0,01	0,03
11a	SCI	116,85	-1,28	3,43	0,03	0	0,02
11b	SCE	116,52	-1,24	3,49	0,04	0,01	0
14a	SCI	84,23	1,78	12,65	0,02	0,02	0,01
14b	SCE	83,86	1,81	12,66	0,02	0,01	0,03
20a	SCI	118,1	-1,3	2,38	0,02	0,01	0,02
20b	SCE	117,74	-1,27	2,45	0,01	0,02	0,01

Πίνακας 32: Πίνακας ,με λευκό του τιτανίου (PW6)-Στεγνό καθάρισμα- Χρωματομετρία

Σημεία	***Χαρακτηριστική ομάδα***	***Μέση Τιμή ΔE*ab***	***Τυπική Απόκλιση ΔE*ab***
8a	SCI	25,98	0,01

8a	SCE	25,84	0,01
11a	SCI	22,01	0,03
11b	SCE	21,74	0,04
14a	SCI	19,94	0,02
14b	SCE	19,65	0,02
20a	SCI	103,71	0,44
20b	SCE	104,94	0,29

Πίνακας 33: Πίνακας με λευκό του τιτανίου (PW6)-Στεγνό καθάρισμα- ΔΕ

Στο σημείο αυτό πρέπει να προσδιοριστεί με πιο από τα υλικά καθαρίστηκε το κάθε ένα από τα σημεία. Το Σημείο 8 καθαρίστηκε με το ύφασμα, το οποίο κατάφερε να λειάνει αισθητά την επιφάνεια, να απομακρύνει κάποια στρώματα μπογιάς και να αφήσει την επιφάνεια λεπτότερη. Το Σημείο 11 καθαρίστηκε με τον σπόγγο με νούμερο 5 και τα αποτελέσματα του ήταν περιορισμένα. Δηλαδή, κατάφερε να απομακρύνει ελάχιστη ποσότητα του λεκέ. Το Σημείο 14 καθαρίστηκε με τον σπόγγο με νούμερο 6. Στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να επισημανθεί πως δεν απομακρύνθηκε ούτε βρώμα αλλά ούτε και χρώμα. Στην ουσία η εφαρμογή όμως κρίνεται ακατάλληλη. Το Σημείο 20 επεξεργάστηκε με το σφουγγάρι με νούμερο 3 , η εφαρμογή του οποίου αποδείχθηκε πολύ ικανοποιητική, αφού μετά από έντονο τρίψιμο απομακρύνθηκε όλος ο λεκές και ταυτοχρόνως δεν παρατηρήθηκε κάποια χρωματική αλλοίωση της επιφάνειας.

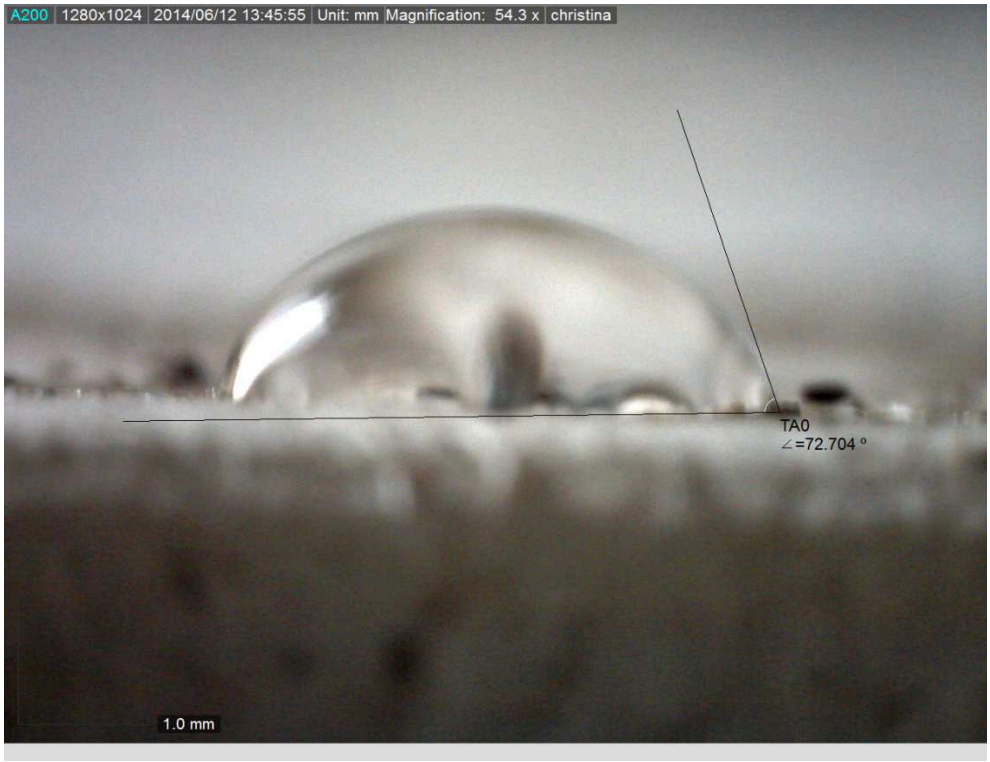
Οι πιο έντονες χρωματομετρικές μεταβολές συμβαίνουν στο σημείο 20 . Όπως και όλες τις προηγούμενες φορές το ζωγραφικό φιλμ λευκής χρωστικής έχει υψηλές τιμές λαμπρότητας.

- *Προσδιορισμός της στατικής γωνίας επαφής μετά το στεγνό καθαρισμό*

Για τις στατικές γωνίες επαφής προέκυψαν οι φωτογραφίες που ακολουθούν , με ελάχιστα μειωμένες τιμές και ελάχιστες διαφορές στις τιμές μεταξύ τους είτε η φωτογραφία αφορά καθαρή περιοχή είτε περιοχή καλυμμένη από επικαθίσεις.

Εικόνα 260: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Καθαρή περιοχή

Εικόνα 261: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή επικάθισης

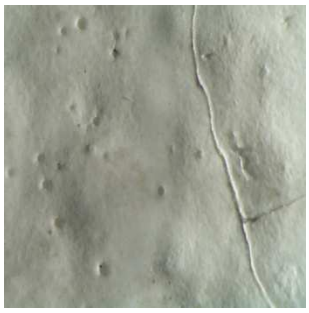


Εικόνα 262: Στατική γωνία επαφής -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή παχύρευστου στρώματος χρώματος

Εικόνα 263 Στατική γωνία επαφής: -Μετά τον Στεγνό Καθαρισμό, Περιοχή μέτρια έντονου λεκέ

Η μορφολογία των σημείων μετά τον καθαρισμό φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν.

Εικόνα 264: Σημείο 8Λ *Εικόνα 265: Σημείο 11Λ* *Εικόνα 266: Σημείο 14Λ*



Εικόνα 267: Σημείο 20Λ

Με εξαίρεση το σημείο 14 στο οποίο η επικάθιση δεν έχει απομακρυνθεί, οι εικόνες και των τριών εκ των υπολοίπων παρουσιάζουν την απομάκρυνση των επικαθίσεων-ρύπων.

III. Συμπεράσματα

Από την εφαρμογή των τριών διαφορετικών μεθόδων καθαρισμού σε ζωγραφικές επιφάνειες με βάση το οξικό πολυβινύλιο και τη συγκριτική αποτίμηση τους, διαμέσου των παραμέτρων που επιλέχθηκαν, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Όσον αφορά τον καθαρισμό με μίγματα διαλυτών πρέπει να επισημανθεί πως τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται ανάλογα με το μίγμα που εφαρμόστηκε κάθε φορά. Τα πιο αποτελεσματικά μίγματα διαλυτών στην απομάκρυνση των ρύπων-επικαθίσεων ήταν τα μίγματα τα οποία παρουσίαζαν πολύ υψηλή συγκέντρωση σε ένα διαλύτη και κυρίως στην αιθανόλη και στην λιγροΐνη. Επίσης ικανοποιητικά ήταν και τα αποτελέσματα καθαρισμού με σκέτο απιονισμένο νερό, σε περιοχές όμως όπου οι λεκέδες δεν ήταν ιδιαίτερα έντονοι. Οι λιγότερο αποτελεσματικοί διαλύτες αποδείχθηκαν αυτοί οι οποίοι παρουσίαζαν παρεμφερή ποσοστά σύστασης λιγροΐνης και ακετόνης. Από την αποτίμηση των αποτελεσμάτων καταλήγουμε στην διαπίστωση πως όσο πιο μεγάλη ήταν η παράμετρος διασποράς που παρουσίαζε το μίγμα διαλυτών τόσο πιο μεγάλη ήταν η συνολική μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) που συνδέεται άμεσα με την απομάκρυνση των επικαθίσεων-ρύπων.

Όσον αφορά τη δεύτερη μέθοδο καθαρισμού που περιελάμβανε καθαρισμό με άγαρ, πεκτινάση και κόμμι ξανθάνης παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις ως προς την αποτελεσματικότητά τους ανάλογα με το υλικό που εφαρμόστηκε κάθε φορά. Παρότι τα υλικά αυτά αποδείχθηκαν ικανοποιητικά ως προς την απομάκρυνση ρύπων, λεκέδων και επικαθίσεων, επέφεραν κάποιες φορές μεγάλες χρωματικές μεταβολές, αλλοιώνοντας το χρώμα της ζωγραφικής επιφάνειας. Ειδικά το άγαρ ενώ αποδείχθηκε ενδεχομένως και το καλύτερο μέσο καθαρισμού επέφερε αρκετές φορές απομακρύνσεις του χρώματος. Το κόμμι ξανθάνης παρουσίασε ικανοποιητικά αποτελέσματα, σε περιοχές όμως όπου η επικάθιση δεν ήταν ιδιαίτερα έντονη, δεν φάνηκε όμως να επιφέρει καμία χρωματική αλλοίωση. Τα υλικά αυτά λειτουργούν τελικά ως εξαιρετικά <<μοριακά σφουγγάρια>>.

Οι σπόγγοι και το μικρό κομμάτι υφάσματος που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον καθαρισμό εν ξηρώ παρουσίασαν επίσης διαφοροποιήσεις ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Πιο συγκεκριμένα το σφουγγάρι με καουτσούκ,

θείο και κιμωλία φάνηκε να έχει ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα όσες φορές χρησιμοποιήθηκε, σε αντίθεση με τους σπόγγους από βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο το οποίο φαίνεται να καταστρέφει την ζωγραφική επιφάνεια. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το ύφασμα πολυαιθυλενίου συμβάλει ιδιαιτέρως θετικά ως προς την λείανση περιοχών όπου το χρώμα εμφανίζει μορφολογικές διαφοροποιήσεις. Τα σφουγγάρια PVC αποδείχθηκε ότι απομακρύνουν αισθητά το χρώμα.

Για την συνέχιση της εργασίας αυτής θα ήταν ενδιαφέρουσα η αποτίμηση καθαρισμού σε σύγχρονες ζωγραφικές επιφάνειες με άγαρ, με διαφορετικούς όμως χρόνους εφαρμογής, ανάλογα βέβαια και με τις επικαθίσεις-ρύπους της ζωγραφικής επιφάνειας που πρέπει να απομακρυνθούν. Επίσης πολύ ενδιαφέρουσα θα ήταν και η εφαρμογή laser, που έχει ήδη αρκετές εφαρμογές στη συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, για τον καθαρισμό σύγχρονων και μοντέρνων ζωγραφικών έργων.

IV. Βιβλιογραφία

1. C. Brandi, Teoria del restauro, G. Einaudi, Torino, 1977.

2. M. Ciatti, Teoria e prassi nelle esperienze di pulitura all'OPD, Materiali tradizionali ed innovativi nella pulitura dei dipinti e delle opere policrome mobili: atti del convegno, Congresso internazionale, colore e conservazione: materiali e metodi nelrestauro delle opere policrome mobili, Piazzola su Brenta (PD), 25-26 ottobre 2002, ilPrato, Padova, 2003.

3. G. Bonsanti, Storia ed etica della pulitura, Materiali tradizionali ed innovativi nella pulitura dei dipinti e delle opere policrome mobili: atti del convegno, Congresso internazionale, colore e conservazione: materiali e metodi nel restauro delle opera policrome mobili, Piazzola su Brenta (PD), 25-26 ottobre 2002, il Prato, Padova, 2003.

4. Minimo intervento conservativo nel restauro dei dipinti, II Congresso internazionale, colore e conservazione: materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili, Villa Fabris Thiene (VI), 29-30 ottobre 2004, il Prato, Padova, 2005.

5. G. Perusini, Il restauro dei dipinti e delle sculture lignee. Storia, teorie e tecniche, del Bianco Editore, Udine, 2004.

6. J. Beck, Leggibilità e Restauro, Kermes, 2001

7. M.T. Doménech-Carbó, Novel analytical methods for characterizing binding media and protective coatings in artworks, Analytica Chimica Acta, 2008.

8. R. Mazzeo, S. Prati, M. Quaranta, E. Joseph, E. Kendix, M. Galeotti, Attenuated total reflection micro FTIR characterization of pigment–binder interaction in reconstructed paint films, Anal Bioanal Chem 2008.

9. V. Dorge (Ed.), Solvent gels for the cleaning of works of art: the residue question, Getty Publications, Los Angeles, USA, 2004.

10. Proceeding of the International Conference on Lasers in the Conservation of Artworks IV, Lacona IV, Paris, France, 11-14 September 2001, Journal of Cultural Heritage 2003.

11.R.C. Wolbers, Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods; Archetype Publications, London, 2000.

12.P. Cremonesi, Un approccio più scientifico alla pulitura dei dipinti: il test di solubilità di Feller, Progetto Restauro 1998.

13.J.P. Teas, Graphic analysis of Resin Solubilities, J. Paint Technol. (1968)

14. P. Cremonesi, L'uso dei solventi organici nella pulitura di opera policrome, Collana i talenti, Il Prato, Padova, 2004.

15.A. Phenix, K. Sutherland, The cleaning of paintings: effects of organic solvents on oil paint films, Reviews in Conservation 2001

16.R.C. Wolbers, Notes for Workshop on New Methods in the Cleaning of Paintings Getty Conservation Institute, Marina del Rey. CA, 1990.

17.P. Cremonesi, A. Curti, L. Fallarini, S. Raio, Preparation and use of solvent gels, reagents for the cleaning of polychrome works, Progetto Restauro 2000.

18. J. Koller, Cleaning of a nineteenth-century painting with deoxycholate soap: mechanism and residue studies in J Mills ans P Smith (eds), Cleaning, Rethouching and Coatings: technology and practice for easel paintings and polychrome sculpture, London, Internation Instiute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1990.

19. A. Burnstock, T. Kieslich, A study of the clearance of solvent gels used for varnish removal from paintings, in: ICOM Committee for Conservation, 11th Triennial Meeting in Edinburgh, James & James, London, 1996.

20.S. Lang, A review of literature published in response to Wolbers's resin soaps, bile soaps and gels, final year research project, Royal College of Art and Victoria and Albert Museum Joint course in conservation, London, 1998.

21. D Stulik, H. Khanjian, V. Dorge, A. de Tagle, J. Maish, B. Considine, D. Miller, N. Khandekar, Scientific investigation of surface cleaning processes: quantitative study of gel residue on porous and topographically complex surfaces, in: ICOM Committee for Conservation, ICOM-CC: 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro, 22–27 September 2002: James & James, London, 2002.

22. R.C. Wolbers, Un approccio acquoso alla pulitura dei dipinti, Quaderni CESMAR7,1, Il Prato, Padova, 2004.

23. E. Campani, A. Casoli, P. Cremonesi, I. Saccani, E. Signorini, L'Uso di Agarosio e Agar per la Preparazione di "Gel Rigidi" - Use of Agarose and Agar for preparing "Rigid Gels". Quaderni CESMAR7, 4, I Prato, Padova, 2007.

24. S. Bertolucci, E. Bianchini, C. Biave, F. Caliari, P. Cremonesi, S. Gravina, M. Zammataro, B. Zangani, Preparazione e utilizzo di soluzioni acquose addensate, reagenti per la pulitura di opere policrome, Progetto Restauro 8 (2001)

25. P. Cremonesi, L'uso degli enzimi nella pulitura di opere policrome, Collana i talenti, Il Prato, Padova,1999.

26. E. Carretti, I. Natali, C. Matarrese, P. Bracco, R.G. Weiss, P. Baglioni, A. Salvini, L. Dei, A new family of high viscosity polymeric dispersions for cleaning easel paintings, Journal of Cultural Heritage 2010.

28.E. Carretti, L. Dei, RG Weiss, P. Baglioni, A new class of gels for the conservation of painted surfaces, Journal of Cultural Heritage, 2008.

29.Rees Jones, S. Science and the Art of Picture Cleaning. The Burlington Magazine, 1962 .

30. Phenix, A., and K. Sutherland. 2001. The Cleaning of Paintings: Effects of Organic Solvents on Oil Paint Films. Reviews in Conservation, 2001

31.Hedley, G."Solubility Parameters and Varnish Removal: A Survey." The Conservator, Reprinted in Measured Opinions: Collected Papers on the Conservation of Paintings, ed. C. Villers, London: United Kingdom Institute for Conservation, 1980

32. Ormsby, B., and T. Learner, The Effects of Wet Surface Cleaning Treatmentson Acrylic Artists' Paints—A Review of Recent Scientific Research. Reviews in Conservation, 2009.

33. Dunkerton, J., J. Kirby, and R. White, "Varnish and Early Italian Tempera Paintings." In Cleaning, Retouching and Coatings: Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

34.Veliz, Z, Artists' Techniques in Golden Age Spain. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1986.

35. Doerner, M., The Materials of the Artist and Their Use in Painting. New York: Harcourt, Brace, 1934.

36. Swicklik, M, "French Painting and the Use of Varnish, 1750–1900." In Conservation Research,Studies in the History of Art Monograph Series II, No. 41. Washington, D.C.: National Gallery of Art, 1993. Mancusi-Ungaro,

37. C. "The Rothko Chapel: Treatment of the Black-Form Triptychs." In Cleaning, Retouching and Coatings: Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

38. Sitwell, C., and S. Staniforth, Studies in the History of Painting Restoration. London: Archetype Press in association with the National Trust, 1998.

39. Percival-Prescott,W Eastlake Revisited: Some Milestones on the Road to Ruin." In Cleaning, Retouching and Coatings. Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

40. Caley, T. "Aspects of Varnish and the Cleaning of Oil Paintings before 1700." In Cleaning, Retouching and Coatings: Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith,London: International Institute for Conservation, 1990.

41. Carlyle, L. "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: Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

42. Ruhemann, H.The Cleaning of Paintings. London: Faber and Faber, 1968.

43. Stolow, N. Some Investigations of the Action of Solvents on Drying Oil Films. Ph.D. thesis, University of London, London, U. K, 1956.

44. Feller, R. L., N. Stolow, and E. H. Jones. On Picture Varnishes and Their Solvents. Oberlin, Ohio: Intermuseum Conservation Association, 1959.

45. Phenix, A. The Swelling of Artists' Paints by Organic Solvents and the Cleaning of Paintings: Recent Perspectives, Future Direction. Postprints

(American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Paintings Specialty Group), 2002.

46. Ormsby, B., P. Smithen, and T. Learner, "Translating Research into Practice— Evaluating the Surface Cleaning Treatment of an Acrylic Emulsion Painting by Jeremy Moon." In Contemporary Collections: Preprints of the AICCM National Conference Brisbane, ed. A. Pagliarino and G. Osmond, Canberra: Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials, 2007.

47. Mecklenburg, M .F. and S. T. Tumosa, "An Introduction to the Mechanical Behavior of Paintings under Rapid loading Conditions," in Art in Transit Studies in the Transport of Paintings, ed. M. F. Mecklenburg, Washington, D. C. National Gallery of Art, 1991.

48. Keune, K., E. Ferreira, and J. Boon, "Characterization and Localization of the Oil Binding Medium in Paint Cross-Sections Using Imaging Secondary Ion Mass Spectrometry." In Preprints 14th ICOM-CC Triennial Meeting, The Hague, ed. I. Verger, London: James and James, 2005.

49. Erhardt, D., and J. Tsang. "The Extractable Components of Oil Paint Films." In Cleaning, Retouching and Coatings. Preprints of the IIC Brussels Congress, J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

50. Michalski, S. "A Physical Model of Varnish Removal from Oil Paint." In Cleaning, Retouching and Coatings: Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

51. Wolbers, R. Notes for Workshop on New Methods in the Cleaning of Paintings, Marina del Rey, Calif.: The Getty Conservation Institute.
Cleaning Painted Surfaces: Aqueous Methods. London: Archetype, 2000.

52. Khandekar, N. A, Survey of the Literature Relating to the Development of Aqueous Gel Cleaning on Painted and Varnished Surfaces. Reviews in Conservation, 2000.

53. Williams, R. S. "Blooms, Blushes, Transferred Images and Mouldy Surfaces: What Are These Distracting Accretions on Art Works?" In Proceedings of the 14th Annual IIC-CG Conference, ed. J. G. Wellheiser, Ottawa: IIC-Canadian Group, 1989.

54. Phenix, A., and A. Burnstock "The Deposition of Dirt: A Review of the

Literature with Scanning Electron Microscope Studies of Dirt on Selected Paintings." In Dirt and Pictures Separated, ed. V. Todd, London: United Kingdom Institute for Conservation, 1990.

55. Hackney, S. "The Removal of Dirt from Turner's Unvarnished Oil Sketches." In Dirt and Pictures Separated, ed. V. Todd London: United Kingdom Institute for Conservation, 1990.

56. Carlyle, L., J. H. Townsend, and S. Hackney "Triammonium Citrate: An Investigation into Its Application for Surface Cleaning." In Dirt and Pictures Separated, ed. V. Todd, London: United Kingdom Institute for Conservation, 1990.

57. Mills, J., and R. White, The Organic Chemistry of Objects. London: Butterworths, 1987.

58. Peres, C. "Vincent van Gogh's Triptych of Trees in Blossom, Arles (1888). Part II. On Egg White Varnishes." In Cleaning, Retouching and Coatings: Preprints of the IIC Brussels Congress, ed. J. S. Mills and P. Smith, London: International Institute for Conservation, 1990.

59. Philipott, P. La notion de patine et nettoyage des peintures. Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique,, 1966.

60. Hagan, E., M. Charalambides, T. Learner, A. Murray, and C. Young, "Factors Affecting the Mechanical Properties of Modern Paints." In Modern Paints Uncovered: Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium, ed. T. Learner, P. Smithen, J. Kreuger, and M. Schilling, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2007.

61. Schick, R. "Tagebuch-Aufzeichnungenaus den Jahren 1866, 1868, 1869 uber Arnold Bocklin." [Diary Notes from Years 1866, 1868, 1869 on Arnold Bocklin.] In Bocklins Technik, ed. E. Berger. Sammlung maltechnischer Schriften Munich: Georg D. W. Callwey, 1906.

62. New Insights into the Cleaning of Paintings Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference Universidad Politecnica de Valencia and Museum Conservation Institute Edited by Marion F. Mecklenburg, A. Elena Charola, and Robert J. Koestler, 2010.

63. Bomford, D., and M. Leonard, Issues in the Conservation of Paintings. Readings in Conservation. Los Angeles: Getty Publications, 2004.

64.Garland, P., Early Italian Paintings: Approaches to Conservation: Proceedings of a Symposium at Yale University Art Gallery. New Haven, Conn.: Yale University Art Gallery, 2003.

65.Research in Conservation, House Paints, 1900-1960, History and Use, Harriet A.L. Standeren

66. Pereira, A. I., S. Schafer, and M. J. Melo, "Juliao Sarmento, a Portuguese Artist at Work: Study of Just a Skin Affair from 1988." In Modern Paints Uncovered: Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium, ed. T. J. S. Learner, P. Smythen, J. W. Krueger, and M. R. Schilling, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2007.

67. Ormsby, B., and T. Learner, The Effects of Wet Surface Cleaning Treatments on Acrylic Emulsion Artist's Paints—A Review of Recent Scientific Research Reviews in Conservation, 2009.

68. http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.

69. Mills, J. S., and P. Smith, Cleaning, Retouching and Coatings: Preprints of the IIC Brussels Congress. London: International Institute for Conservation, 1990.

70. Osete-Cortina,L., and M. T. Domenech-Carbo Characterization of Acrylic Resins Used for Restoration of Artworks by Pyrolysis-Silylation- Gas Chromatography/Mass Spectrometry with Hexamethyldisilazane.
Journal of Chromatography, 2006.

71. Domenech-Carbo, M. T., E. Aura-Castro, J. Mas-Barbera,
and M. L. Martinez-Bazan, Evaluation of Morphological Changes of Aged Acrylic, Ketone and Hydrocarbon Resins Used in Contemporary Artworks. Arche, 2006.

72. Silva, M. F., M. T. Domenech-Carbo, L. Fuster-Lopez,
M. F. Mecklenburg, and S. Martin-Rey. Identification of Additives in Poly(vinylacetate) Artist's Paints Using Py-GC- MS. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 397:357– 367. http://dx.doi.org/10.1007/s00216-010-
3505-2, 2010.

73. Juhue, D., and J. Lang, Effect of Surfactant Postadded to Latex Dispersion on Film Formation: A Study by Atomic Force Microscopy. Langmuir, 1993.

74. Zumbuhl, S., F. Attanasio, N. C. Scherrer, W. Muller, N. Fenners, W. Caseri. "Solvent Action on Dispersion Paint Systems and the Influence on the Morphology-Changes and Destruction of the Latex Microstructure." In Modern Paints Uncovered: Proceedings from the Tate Modern Symposium, ed. T. Learner, P. Smithen, J. Krueger, and M. Schilling, pp. 257–268. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2006.

75.http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%8D%CF%84%CE%B7%CF%82

76.Lorenz, G. Mit Losungsmitteln Rechnen. [Reckoning with Solvents.]. Hamburg, Germany: G. Lorenz., 1998.

77.http://dx.doi.org/10.2307/3179532.

78. McGlinchey. C. "The Physical Aging of Polymeric Materials." In Saving the Twentieth Century: The Degradation and Conservation of Modern Materials, Symposium '91, ed. D. W. Grattan, pp. 113–122. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2008.

79. Marrion, A. The Chemistry and Physics of Coatings. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1994.

80. http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html

81.https://books.google.gr/books?id=CD6kqBW5U_wC&pg=PA102&lpg=PA102&dq=teas+graph&source=bl&ots=h3F003OYXV&sig=LQqrSf0vhz3o57mwnKKkE6Wr1DQ&hl=el&sa=X&ved=0CEIQ6AEwB2oVChMIj4Oq0pOLxgIVwYxyCh0T4gC3#v=onepage&q=teas%20graph&f=false

82. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%AC%CF%86%CE%B8%CE%B1

83.https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CE%BD%CE%B7&redirect=no

84.https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%B8%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CE%BB%CE%B7

85. Campani, E., A. Casoli, P. Cremonesi, I. Saccani, and E. Signorini. L'uso di agarosio e agar per la Preparazione di "gel rigidi"—Use of Agarose and Agar for Preparing "Rigid Gels". Translation by D. Kunzelman. Quaderni Cesmar7, No. 4. Padua: Il prato, 2007.

86. Iannuccelli, S., and S. Sotgiu, "L'impiego di gel rigidi polisaccaridici per il trattamento di pulitura di opere grafiche a stampa." [The Use of Polysaccharide Rigid Gels for the Cleaning Treatment of Prints.] In Lo stato dell'arte: Proceedings of the 7th National Congress Italian Group of the International Institute for Conservation, Italy: IGIIC Gruppo Italiano, 2009.

87. Armisen, R., and F. Galatas."Agar." In Handbook of Hydrocolloids, ed. G. O., Phillips and P. A. Williams, pp. 22–40. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2000.

88. Nelson, D. L., and M. Cox. Lehninger Principles of Biochemistry. 5th ed. New York: W. H. Freeman, 2009.

89. http://en.wikipedia.org/wiki/Xanthan_gum

90.http://blog.fooducate.com/2010/09/23/10-facts-about-xantham-gum-a-very-popular-food-additive/

91. http://cpkelco.com/products/xanthan-gum/

92.http://en.wikipedia.org/wiki/Pectinase

93.http://cpkelco.com/products/pectin/

94.http://pec.biodbs.info/Applications.html

95. Wehlte, K. Trockenreiniger fur Tafelgemalde und Wandmalerein. [A Dry Cleaning Material for Panel and Wall Paintings.] Maltechnik, 1971.

96. Burnstock, A., K. J. van den Berg, S. de Groot, and L. Wijnberg, "An Investigation of Water-Sensitive Oil Paints in 20th Century Paintings." In Modern Paints Uncovered: Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium, ed. T. Learner, P. Smithen, J. W. Krueger, and M. R. Schilling. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2006.

97. van Keulen, H., S. de Groot, M. Groot Wassink, I. Joosten, K. J. Van den Berg, and M. Daudin. Dry Cleaning Products Analysed and Tested at the Netherlands Institute of Cultural Heritage, 2010

98.http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/

99.http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/index.html

100.http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/color_science.pdf

101. https://el.wikipedia.org/wiki/PH

102.https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B9%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1

103.http://hannagreece.gr/%CE%B7%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B9%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%AC%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%8D%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/

104. UNI EN 15802(2010)(English/Italian): Conservation of cultural property. Test methods: Determination of static contact angle p. 1-24

105. Πηνελόπη Μπαγιάτη "Κατεργασία και Τροποποίηση Πολυμερικών Υλικών για την κατασκευή και ενεργοποίηση με ηλεκτροδιαβροχή μικρορευστομηχανικών διατάξεων", Διδακτορική Διατριβή Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Χημείας, Αθήνα 2007.

106.Χαρακτηρισμός, Έλεγχος Ποιότητας, Διάγνωση Φθοράς και Συντήρηση Δομικών Υλικών, Μεθοδολογία Ενόργανων και Μη Καταστρεπτικών Τεχνικών, Επιστήμη και Τεχνική Υλικών 7ου εξαμήνου, Χ-Μ ΕΜΠ, κ. Αντωνία Μοροπούλου, Αθήνα 2011.

107. https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_photography

108.http://www.minresco.com/dinolite/dino_pdfs/DinoLite%20Microscope%20User%20Guide.pdf

109. http://opatmios.blogspot.gr/2013/07/blog-post_7292.html

110.A preliminary study of the composition of commercial oil, acrylic and vinyl paints and their behavioour after accelerated ageing conditions, Francesca Caterina Izzo•, Eleonora Balliana, Federica Pinton, Elisabetta Zendri Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica Università Ca' Foscari di Venezia, Italy

111.Thomas J.S.Learner, Analysis of Modern Paints, Research in conservation, The Getty Conservation Institute, 2004.